



Исследование изменения температуры воздуха и атмосферных осадков является одной из актуальнейших задач современной науки в целом. Их влияние на жизнедеятельность человека и окружающую среду могут проявляться как в позитивном, так и в негативном плане. Особую актуальность в этой связи приобретает исследование закономерностей периодического изменения региональных климатических условий - температуры воздуха и количества осадков на фоне глобального потепления, поскольку длительные однонаправленные изменения этих компонентов климатических условий могут приводить к серьёзным сдвигам ландшафтных границ территорий.

Изучение пространственных и временных особенностей колебаний температуры воздуха и количества осадков на территории горного Памира имеет большое значение не только для разработки региональных сценариев будущих изменений климата, но также для решения ряда практических задач, связанных с рациональным регулированием и использованием метеорологических и гидрологических ресурсов.



**Мирзохонова Ситора Олтибоевна** - 1982 г.р., окончила физический факультет ТНГУ (2004), кандидат тех. наук. (2019), старший преподаватель кафедры метеорологии и климатологии ТНУ. Автор более 30 научных работ в области гидрометеорологии.



FOR AUTHOR USE ONLY

Ситора Мирзохонова

# Влияние изменения климата на гидрологический режим бассейна реки Пяндж

Изучение динамики изменения  
гидрометеорологических характеристик зон  
формирования рек Памира



**Ситора Мирзохонова**

**Влияние изменения климата на гидрологический режим бассейна реки  
Пяндж**

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

**Ситора Мирзохонова**

**Влияние изменения климата на  
гидрологический режим бассейна реки  
Пяндж**

**Изучение динамики изменения  
гидрометеорологических характеристик зон  
формирования рек Памира**

FOR AUTHOR USE ONLY

**LAP LAMBERT Academic Publishing RU**

## **Imprint**

Any brand names and product names mentioned in this book are subject to trademark, brand or patent protection and are trademarks or registered trademarks of their respective holders. The use of brand names, product names, common names, trade names, product descriptions etc. even without a particular marking in this work is in no way to be construed to mean that such names may be regarded as unrestricted in respect of trademark and brand protection legislation and could thus be used by anyone.

Cover image: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com)

Publisher:

LAP LAMBERT Academic Publishing

is a trademark of

International Book Market Service Ltd., member of OmniScriptum Publishing Group

17 Meldrum Street, Beau Bassin 71504, Mauritius

Printed at: see last page

**ISBN: 978-620-3-20247-2**

Copyright © Ситора Мирзохонова

Copyright © 2021 International Book Market Service Ltd., member of OmniScriptum Publishing Group

FOR AUTHOR USE ONLY

ТАДЖИКСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

АГЕНСТВО ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ КОМИТЕТА  
ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ  
РЕСПУБЛИК И ТАДЖИКИСТАН

**Мирзохонова Ситора Олтибоевна**

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА  
ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ БАССЕЙНА  
РЕКИ ПЯНДЖ**

Душанбе - 2021

УДК 551.58+556(575.3)

ББК 26.23+26.22 (2тадж)

М -63

ISBN [978-620-3-20247-2](https://www.isbn-international.org/product/978-620-3-20247-2)

**Редактор** - Низомов Зиёвуддин -к.физ-мат.н., доцент

**Рецензенты:**

**Абдуллаев Сабур Фузайлович**

доктор физико-математических наук,  
профессор, заведующий лабораторией  
физики атмосферы ФТИ имени С.У. Умарова, НАН  
Таджикистана

**Кобули Зайнолоубиддин Вали**

доктор технических наук,  
профессор, член-корреспондент, заведующий  
лабораторией водные ресурсы и гидрофизические  
процессы, НАН Таджикистана

**Анакулов Музаффар Махмадиевич**

кандидат технических наук, и.о. доцента,  
зав. кафедрой физики Таджикского аграрного  
университета имени Ш. Шотемура

FOR AUTHOR USE ONLY



<b>СОЖЕРЖАНИЕ</b>		Стр
<b>ВВЕДЕНИЕ</b>		4
<b>Глава 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗОН ФОРМИРОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК ТАДЖИКИСТАНА (ПАМИР)</b>		7
1.1.	Физико географические характеристики Памира	8
1.1.1	Восточный Памир	10
1.1.2	Западный Памир	12
1.2.	Климатические характеристики зон Памира	14
1.2.1	Климат Восточного Памира	14
1.2.2	Климат Западного Памира	16
1.3.	Водные объекты климатических зон Памира, их состояние и динамика их изменения	17
1.3.1	Состояние оледенения различных климатических зон Памира	17
1.3.2	Гидрографические особенности Памиро-Алая	20
1.4.	Изменения глобального и регионального климата	23
	Заключение к главе 1	30
<b>Глава 2. ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОСТОЧНОГО ПАМИРА</b>		31
2.1	Основные характеристики метеорологических станций Восточного Памира	31
2.2.	Методика расчётов и результаты	34
2.3	Изменения термического режима Восточного Памира за базовый период	41
2.4	Изменение влагообеспеченности Восточного Памира за базовый период	44
2.5	Изменение температуры воздуха на Восточном Памире за период наблюдений с 1940 по 2015гг.	47

2.6	Изменение температуры воздуха на Восточном Памире за период наблюдений с 1940 по 2015гг.	50
	Заключение к главе 2	53
<b>Глава 3. ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАПАДНОГО ПАМИРА</b>		55
3.1.	Характеристики метеорологических станций Западного Памира	55
3.2.	Изменения термического режима Западного Памира за баховый период	58
3.3.	Изменение влагообеспеченности Западного Памира за базовый период	64
3.4	Изменение температуры за весь период наблюдение Западного Памира	70
3.5.	Изменение влагообеспеченности за весь период наблюдение Западного Памира	74
	Заключение к главе 3	79
<b>Глава 4. ИЗМЕНЕНИЕ СТОКА Р. ПЯНДЖ И ЕЕ ПРИТОКИ</b>		81
4.1.	Общая гидрографическая характеристика бассейна реки Пяндж.	82
4.2.	Гидрограф бассейна реки Пяндж	93
4.3.	Изменение расхода воды по реке Пяндж и ее притоков за базовый период.	97
4.4	Изменение расхода воды по реке Пяндж и ее притокам за весь период наблюдений	101
	Заключение к главе 4	108
<b>ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ</b>		109
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b>		113

## ВВЕДЕНИЕ

Исследование изменения температуры воздуха и атмосферных осадков является одной из актуальнейших задач современной науки в целом. Их влияние на жизнедеятельность человека и окружающую среду могут проявляться как в позитивном, так и в негативном плане. Особую актуальность в этой связи приобретает исследование закономерностей периодического изменения региональных климатических условий - температуры воздуха и количества осадков на фоне глобального потепления, поскольку длительные однонаправленные изменения этих компонентов климатических условий могут приводить к серьёзным сдвигам ландшафтных границ территорий.

Изучение пространственных и временных особенностей колебаний температуры воздуха и количества осадков на территории горного Памира имеет большое значение не только для разработки региональных сценариев будущих изменений климата, но также для решения ряда практических задач, связанных с рациональным регулированием и использованием агроклиматических и гидрологических ресурсов.

Поскольку экономическое развитие Таджикистана напрямую связано с водными ресурсами, то для эффективного их распределения не менее актуально изучение динамики стока рек - главных источников водных ресурсов. Основным источником запаса воды практически всех рек страны, в том числе реки Пяндж, являются ледники. Объёмы запасов воды напрямую зависят от термодинамического состояния его источников, от степени оледенения местности и метеорологических величин. Имеющиеся климатологические данные более длительного характера позволяют прогнозировать дальнейший ход изменения климата в регионе в целом.

**Объектом исследования** является влияние метеорологических условий на гидрологический режим верховьев реки Пяндж.

**Предметом исследования** является влияние изменения глобального климата на климатические и гидрологические характеристики притоков реки Пяндж.

**Целью работы** является исследование и выявление закономерностей изменения стока реки Пяндж в связи с глобальным потеплением климата.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие основные задачи:

1. Анализ изменения температурного режима Восточного и Западного Памира на основе многолетних данных.
2. Анализ изменения влагообеспеченности Восточного и Западного Памира на основе многолетних данных.
3. Изучение изменения климатических данных в региональном аспекте.
4. Определение динамики температуры воздуха и количества осадков в верховьях реки Пяндж.
5. Изучение изменения среднегодовых расходов воды.
6. Выявление закономерности хода многолетних изменений расхода воды.

Полученные в работе результаты могут быть использованы при решении задач мониторинга и моделирования климата, а также при составлении и усовершенствовании долгосрочных прогнозов климата на территории Памира и верховьев бассейна реки Пяндж.

В работе использованы материалы по температуре воздуха, атмосферным осадкам, величине стока рек, выбранные лично из банка данных наблюдений Агентства по гидрометеорологии при Госкомитете по охране окружающей среды при правительстве РТ. Исследование гидрологического режима выполнено по данным гидрологических постов на реках Гунт, Бартанг, Вандж и Язгулем. Климатические характеристики определялись по данным метеорологических станций, расположенных в верховьях р.Пяндж.

В работе использовались метод сравнительного анализа и статистический метод обработки результатов с привлечением современных информационных технологий. Для выявления параметров линейных трендов многолет-

них изменений применялся метод наименьших квадратов. Согласованность изменений исследуемых характеристик оценивалась с помощью корреляционного анализа. Для получения непрерывного ряда использовался метод интерполяции по реперным станциям. Анализ пространственных изменений различных гидрометеорологических характеристик и исследуемых величин, а также их визуализация выполнялась с помощью программного пакета «GIS».

**Достоверность** результатов работы основывается на использовании в качестве теоретической и методологической базы исследований отечественных и зарубежных ученых, учете большого массива гидрометеорологических данных по территории Памира и использовании современных, объективных методов статистического анализа и параметрических критериев статистической оценки результатов.

**Ключевые слова:** климат, температура воздуха, количество осадков, гидрологический режим, притоки, расход воды, атмосферная циркуляция.

## **Глава 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗОН ФОРМИРОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК ТАДЖИКИСТАНА (ПАМИР)**

Современные представления о географической зональности основываются на работе [1]. Ее автор обосновал зональность как всеобщий закон природы, проявляющийся на всех его компонентах. Каждая природная зона [1]-подлинный ландшафтный комплекс, все компоненты которого находятся в столь тесной взаимосвязи, что изменение одного из них влечет за собой изменение всего ландшафтного комплекса.

Работа [2] посвящена анализу физико-географических процессов, выявлению факторов зональности и внутренней структуры географических зон. В ней автор обосновывает существование двух высших градаций зональных комплексов-поясов и зон. Пояса выделяются, в основном, по термическому фактору, зоны-по балансу тепла и влаги. В работе [3] географическими зонами называются основные, качественно различные ландшафтные подразделения географической оболочки, закономерно сменяющие друг друга в определенном порядке внутри географических поясов, в зависимости, главным образом, от количества и соотношения тепла и влаги.

Под природной зоной автор [4-5] подразумевает относительно крупную часть географического пояса, характеризующуюся определенным соотношением тепла и влаги и господством какого-либо одного зонального типа ландшафта.

В работах [6-7] выделяются ландшафтные зоны на основе соотношения тепла и влаги. По его мнению, тип гидротермического режима находит отражение в типах плакорных сообществ и почв, которые служат основными индикаторами зон и по которым, как правило, устанавливаются зональные рубежи.

Автор [9] в своих работах определяет климатические зоны по континентам и разделил Таджикистан на следующие области: ЮжноТуранская область, и Горная область Памиро-Алая.

В связи с тем, что рельеф Памиро-Алай не равномерный автор счел [10] необходимым разделить границы по гребням хребтов. Поэтому, придерживаясь в общем описании районирования по характеристике оледенения, мы сгруппировали все хребты Памира в 4 района: 1) Северный Памир, куда входит весь Заалайский хр.; 2) Центральный и Западный Памир, включающий хр. Академии Наук с примыкающими к нему с запада хребтами Петра ПеевогоI, Дарвазским, Ванчским, Язгулемским и хр. Северный Танымас; 3) Юго- Западный Памир - широтные хребты к югу от Язгулемского хр.; 4) Восточный Памир - хребты Зулумарт, Сарыкольский, Музкол и др. в юго-восточной части Памира. По этим районам даются и общие статистические данные.

По метеорологическим данным территория Памира разделяются на две группы Восточный и Западный.

В данной работе рассмотрено следующее физико-географическое распределение.

### **1.1. Физико географические характеристики Памира**

Памир представляет собой систему мощных хребтов широтного простираня, разделенных на западе глубокими узкими долинами, сливающимися на востоке в единый массив Восточного Памира с широкими долинами и бессточными котловинами на высотах около 4000 м, над которыми поднимаются хребты среднегорного типа [11-15].

Северным крайним хребтом Памира является Заалайский хр., поднимающийся гигантской стеной над Алайской долиной, с пиком Сино (Ленина) высотой 7135 м в центральной его части. К югу с Заалайского хр. протягиваются меридиональные хребты Академии Наук с пиком Сомони (Коммунизма) высота 7495 м и Зулумарт с высотами до 6000-6400 м, которые яв-

ляются крупными центрами современного оледенения. К востоку от хр. Зулумарт расположена бессточная котловина оз. Каракуль, ограниченная на востоке Сарыкольским хр. Хр. Академии Наук, связывает восточные концы хребтов Петра I, Дарвазского, Ванчского и Язгулемского.



Рис. 1.1. Физико-географическое распределение Памирского тракта.



Здесь многие вершины поднимаются выше 6000 м. Южнее протягиваются горные хребты широтного простирания - Музкол, Рушанский, Северо-Аличурский, Ваханский, а вдоль среднего течения р. Пяндж - меридиональный Ишкашимский хр. На рис. 1.1 приведено физико-географическое распределение Памирского тракта по данным [14].

### 1.1.1. Восточный Памир

**Восточный Памир** - это высокогорная пустыня, окруженная еще более высокими горными хребтами, поднимающимися до 5500-6800 м над ур. м. К западу и востоку от озера Каракуль горы поднимаются до 5200- 5500 м, долины плоские, слабоврезанные, на северных склонах лежат небольшие ледники. Примерно такого же типа рельеф южной части Восточного Памира. Хребты Заалайский и Зулумарт много выше (6000-6800 м), их склоны сильно расчленены, и на них есть крупные долинные ледники с вертикальным диапазоном оледенения до 2000 м. Средний же диапазон оледенения всего Восточного Памира небольшой, около 600 м [14, 15].

На Восточном Памире ледники распространены на хребтах Музкол, Зулумарт, Сарыкольский, Северо-Аличурский, Южно-Аличурский, Ваханский и др. Абсолютная высота этих хребтов до 5500-6200 м, но над плоскими долинами и котловинами они поднимаются всего на 800-1500 м, имеют пологие гребни и сравнительно слабо расчленены. Ледники приурочены к наиболее высоким частям хребтов преимущественно к склонам северной экспозиции, вертикальный диапазон оледенения небольшой (500-600 м). Преобладают долинные ледники с короткими, широкими и пологими языками, склоновые и висячие ледники. Каровые и карово-долинные ледники встречаются в заметном количестве в западной части Восточного Памира на хребтах Зулумарт, Музкол и др., рельеф которых расчленен более глубоко.

Всего на Восточном Памире 2119 ледников общей площадью 1374,3 км<sup>2</sup>. Большинство ледников имеют размеры 1 км<sup>2</sup> и менее, и только 7 ледников крупнее 10 км<sup>2</sup>.

Речная сеть на Восточном Памире из-за засушливости территории развита слабо [15].

Горные озера Памира весьма многочисленны и для некоторых районов являются характерным элементом ландшафта. Между тем, до последнего времени горные озера из-за их труднодоступности ускользали от внимания исследователей, поэтому изучены они весьма слабо. Данные о морфометрических элементах (за исключением длины, ширины и площади водной поверхности), а также данные о солености и минералогическом составе воды, об их гидрологическом и тепловом режиме имеются лишь для незначительного количества главным образом крупных озер.

Всего в горах имеется, по подсчетам, 1449 озер общей площадью 702,03 км<sup>2</sup> (без учета временных озер, расположенных на ледниковых языках).

Таблица 1.1

Крупные озера Восточного Памира

№	Наименование	Площадь зеркала, км <sup>2</sup>	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	высота над ур. моря, м
1	Каракуль	380.0	4150	3914
2	Зоркуль	38.9	1080	4126
3	Яшикуль	35.6	5280	3734
4	Шоркуль	15.4	2410	
5	Чаканкуль	9.2	721	4126
6	Сасыкуль	8.9	49	3852
7	Рангкуль	7.8	1890	
8	Кукджигит	6.7	1890	4262
9	Зарошекуль	5.5	77.5	4518
10	Булункуль	3.4	535	3757

Озера распределены по территории неравномерно. Больше всего озер как по количеству (585 озер), так и по занимаемой ими площади (около 642

км<sup>2</sup>) расположено на высоких плоскогорьях и в речных долинах Восточного Памира, где вследствие слабого дренажа и наличия понижений, западин и моренных отложений наиболее благоприятны условия для их образования.

Наиболее крупные озера, главным образом запрудного и тектонического происхождения (Яшилькуль (Гунт), Булункуль, Сасыкуль, Зоркуль (Памир), Чаканкуль, Кукджигит, Салангур (Бартанг), Ранγκуль, Шоркуль, Каракуль, и др.), расположены, в основном, на Восточном Памире в бассейнах Бартанга, Гунта, Памира [11-12, 16, 17].

### **1.1.2 Западный Памир**

Наряду с большими абсолютными высотами, Западный Памир значительно глубже расчленён речными долинами. Здесь благоприятные условия рельефа для развития оледенения, выраженные, прежде всего, в огромных абсолютных высотах, в наличии выровненных поверхностей и глубоких узких затемненных ущелий. Эти условия рельефа позволяют, при современном положении высоты снеговой линии на Западном Памире, объединить мощное оледенение долинного и карового типов. В этот район мы включили хребты, расположенные к югу от долины р. Бартанг: Рушанский, Шугнанский, Шахдаринский и Ишкашимский. В северо-западной части района хребты поднимаются до 6000 - 6500 м, их склоны расчленены глубокими долинами. Здесь многочисленны долинныи и каровые ледники. К востоку уменьшаются относительная высота хребтов над долинами рек, в пригребневых частях нередко встречаются поверхности выравнивания. Появляются короткие долинныи и склоновые ледники. Высота фирновой линии увеличивается от 4400-4600 м в северо-западной части района до 5000 м в юго-восточной [13-17].

Всего в этом районе 1873 ледника общей площадью 1309,7 км<sup>2</sup>. 83% всех ледников мельче 1,1 км<sup>2</sup>, всего 8 ледников крупнее 10 км<sup>2</sup>, и ни один ледник не превышает по площади 25 км<sup>2</sup>. Простые и сложные долинныи и карово-долинныи ледники составляют примерно треть всех ледников и зани-

мают 70% площади оледенения. 12,5% числа и 6,5% площади приходится на склоновые ледники [18].

Таблица 1.2

Крупные озера Западного Памира

№	Наименование	Площадь зеркала км <sup>2</sup>	Площадь водосбора км <sup>2</sup>	высота над ур моря, м
1	Сарез	86.5	16500	3239
2	Туркмтайкуль	8.9	49	4213
3	Дурумкуль	1.5	278	3335
4	Аккуль	1.9	32	4485
5	Шодавкуль	2.2	80	3239
6	Риванкуль	1.1	102	3803

На Западном Памире количество озер меньше. В основном, это озера тектонического происхождения: Сарезкое, Туркмтайкуль, Дурумкуль, Аккуль, Шодавкуль, Риванкуль.

В Центральной части Памире, где горы достигают очень больших высот и глубоко расчленены, условия существования ледников наиболее благоприятны. Здесь широко распространены все типы горных ледников, но основную массу составляют крупные дендритовые и сложные долинные ледники. Их вертикальный диапазон огромен (до 3000-4000 м, в среднем более 1000 м): начинаясь с высочайших горных пиков и водораздельных гребней, они спускаются в глубокие долины ниже верхней границы леса (до 2600-3000 м). Аккумуляция снега в фирновых областях ледников составляет 150-200 г/см<sup>2</sup> в год. Основным типом льдообразования является холодный фирновый, а на самых высоких вершинах пик Сомони (пик Коммунизма), где таяние практически отсутствует, - снежный. На низко спускающихся языках крупных ледников стлавает 8-10 м льда в год. Большие величины накопления атмосферных осадков в фирновых областях и интенсивное таяние на ледниковых языках обуславливают большую энергию оледенения и большие скоро-

сти движения льда (до 100-300 м/год). Скорости движения льда во время подвижек пульсирующих ледников, часто встречающихся на Памире, могут достигать нескольких километров в год, а за короткие интервалы времени - до 100 м/сут. Практически на всех сложных долинных и дендритовых ледниках ниже границы питания хорошо видны гряды срединных и боковых морен, которые на концах ледниковых языков сливаются в сплошной плащ поверхностной морены. На леднике Федченко четко выраженные морены протягиваются на многие километры [11-16]. Границы Центральной части Памира разделяются по хребтам Заалайский, Петра Первого, Дарвозского, Ванчского, Язгулямский и Академии Наук. Озер в Центральной части Памира мало, большинство из них ледниковые.

## **1.2. Климатические характеристики зон Памира**

Для характеристики климатических условий отдельных районов Таджикистана, в основном, использована классификация [9-10,13] в своих работах Памир делят по температурным характеристикам и увлажнению. Автор [17] в своих работах использовал агроклиматические условия и разделил Памир на 2 агроклиматические зоны-Восточный и Западный.

### **1.2.1 Климат Восточного Памира**

Восточный Памир-это высокогорный район, расположенный выше 3500 м над уровнем моря. Климат и растительность носят здесь ярко выраженный высокогорный характер [13-14, 16, 42-45].

Восточно-Памирский район подразделяется на подрайоны, из которых выделяются Каракульский и Мургабский.

Восточный Памир-это климатический пояс с холодным летом и суровой малоснежной зимой. Для него характерно отсутствие устойчивого перехода с температурой воздуха выше 15<sup>0</sup>С, а в отдельные годы в районе Каракуля и Булункуля температура воздуха устойчиво не поднимается выше 10<sup>0</sup>С.

Для этого района характерно почти полное отсутствие безморозного периода. Заморозки на почве отмечаются на протяжении всего периода года.

В районе Мургаба бывают годы, когда на протяжении 50–80 дней заморозки в воздухе отсутствуют. Средняя годовая температура воздуха на Восточном Памире составляет 5–7<sup>0</sup>С мороза. Ежегодный повторяющийся минимум температуры воздуха в Булункуле составляет 49<sup>0</sup>С мороза. Сильные ветра, в сочетании с низкими температурами, создают условия, сходные с арктическими.

Лето непродолжительное. Положительные температуры, как правило, наблюдаются только в дневное время, а ночью, даже в середине лета, часто бывают заморозки. На Восточном Памире наблюдается самое большое число дней с температурой воздуха ниже -20<sup>0</sup>С при бесснежье и составляет 45-55 дней. Для данного района характерны очень резкие колебания температуры в течение года. Средняя месячная температура опускается до -26<sup>0</sup>С. Абсолютный минимум исключительно низкий, так, в Булункуле он составляет -63<sup>0</sup>С. Средняя июльская температура (самого теплого месяца года) не превышает +14<sup>0</sup>С. Абсолютный максимум температуры воздуха колеблется в пределах от 20<sup>0</sup>С до 25<sup>0</sup>С. Безморозный период в ряде наиболее холодных районов (Шаймак, Каракуль, Булункуль) вообще отсутствует.

На Восточном Памире выпадает очень мало осадков. Вследствие чрезвычайной сухости воздуха здесь снег не тает, а испаряется. Годовая сумма составляет 70-120 мм. Район Восточного Памира относится к засушливой зоне. Режим осадков в высокогорной зоне Памира определяется в основном орографическими факторами. Более высоким увлажнением характеризуется западная наветренная часть нагорий. Для равнин, предгорий, а также для горных районов западного Таджикистана характерен годовой ход осадков с минимумом в летние месяцы, а максимумом в весенние. На Восточном же Памире изрезанный рельеф местности активизирует фронты, особенно по мере повышения температуры воздуха (лето), и здесь максимальное число осадков выпадает в летние месяцы. На восточном Памире наблюдается меньше всего дней с осадками: 35–50. На Восточном Памире, вследствие малого количества осадков, число дней со снежным порывом незначительное и

колеблется от 44 дней в Мургабе до 157 в Булункуле. Максимальная высота снежного покрова колеблется от 104 см (Яшилькуль) до 10–17 см (Каракуль, Мургаб).

В районах Восточного Памира, с незначительной высотой снежного покрова и низким температурным фоном, наблюдается большая глубина промерзания почвы. Даже на глубине 40 см температура почвы удерживается в холодный период года ниже 10<sup>0</sup> мороза.

### **1.2.2 Климат Западного Памира**

Западный Памир занимают высокие горные хребты, отделенные друг от друга глубокими долинами. Долины расположены на высотах 1700-2500 м, а горные хребты превышают 5000 метров. Для Западного Памира характерны ледники и вечные снега [13-14, 16, 43-49].

Западно-Памирский агроклиматический район расположен вдоль государственной границы по р. Пяндж от южной оконечности хребта Хозрати-хот до Ишкашима. Климатические условия района очень разнообразны. Особенностью этого района является хорошая теплообеспеченность, значительно лучшая, чем на одних и тех же высотах в других районах. Одинаковые суммы температур на Западном Памире наблюдается на 200–500м выше, чем в других районах Таджикистана.

Очень разнообразны в районе условия увлажнения. Засушливость в нем возрастает в двух направлениях: с севера на юг и снизу-вверх. Наиболее влажно в северных районах, где годовая сумма осадков составляет более 400 мм. Наибольшее их количество выпадает в весенние месяцы (200-300 мм), наименьшее-летом (20-30 мм).

Остальная территория беднее осадками. За год на высотах 1700-1800 м выпадает 180-200 мм осадков с максимумом в марте-мае. Очень сухо на самом юге района (Ишкашим). На высотах 2500-3400м за год выпадает 90-140мм осадков.

Холодный период наиболее короткий в районе Калайхумба и Иола, до 30-50% зим вегетационных. Настоящая зима в районе длится от 20 дней в долинах до 170-190 дней в зоне выше 3200м. Абсолютный минимум довольно низкий, от  $-22^{\circ}\text{C}$  до  $-59^{\circ}\text{C}$ . средний абсолютный минимум от  $-12^{\circ}\text{C}$  до  $-37^{\circ}\text{C}$ . преобладают очень суровые и холодные зимы, в течение которых сумма отрицательных температур превышает  $1500^{\circ}$ . В низинах преобладают слабые и умеренные морозы, а вверху-исключительно сильные.

### **1.3. Водные объекты климатических зон Памира, их состояние и динамика их изменения**

#### **1.3.1 Состояние оледенения различных климатических зон Памира**

Горные поднятия Памира - это мощный аккумулятор влаги, накопленной здесь в виде ледников, фирновых полей и вечных снегов, которые дают постоянное питание многочисленным рекам, орошающим плодородные долины не только Таджикистана, но и его соседей. Горные системы Памиро-Алая оказывают сильное влияние на струйные течения и положение высотной планетарной фронтальной зоны, с которой связана циклоническая деятельность над Средней Азией [18-27].

Памиро-Алай-один из крупнейших центров мощного современного оледенения. Ледники Памиро-Алая питают крупнейшие реки Центральной Азии и оказывают большое влияние на биосферу, экономику и хозяйственную деятельность данного региона. На существование деградации оледенения на Памиро-Алае, обнаруженное ранее в результате использования наземных и дистанционных съемок, обратили внимание некоторые исследователи [19-27]. Аналогичные исследования проведены на Тянь-Шане, где также установлено, что за последнюю четверть века большая часть ледников сократились до одного километра (Хан-Тенгри, пик Победы, массив Акшйряк и другие) [27]. Последние результаты по гляциодинамике по Таджикистану, а



также по одному из участков Китая в районе сочленения Сарыкольского и Ваханского хребтов.



Рис.1.2. Схема ледников Памирского тракта.

Изучение эволюции оледенения Таджикистана показывает, что колебания ледников происходят асинхронно на общем фоне тенденции к отступлению или наступлению. Это выражается в наступлении ледников в одних бассейнах и их отступлении-в других. На фоне общей деградации оледенения неоднократно происходили внезапные и быстрые подвижки отдельных ледников (Шуровского, Бырса, Суграна, Медвежьего и др.). Многие исследователи отмечают, что такие подвижки являются результатом не внешних воздействий на ледник, а закономерным выражением неустойчивых динамических условий, периодически возникающих в самих ледниках. Существуют различные мнения о количестве циклов оледенения на Памире за четвертичный период. Так по данным [16, 28-35], на территории выделили два цикла. Позже, в рамках этого времени [35], оценивают его в четыре цикла, а [30]-три. Для последних палеогляциальных построений использованы этапы

оледенения, предложенные [35], отвечающие регионально выдержанным комплексам четвертичных отложений, соответствующих ниже-, средне-, верхнечетвертичному и современному отделам.

По данным [11, 22-30] всего на Памире 6729 ледников общей площадью 7493,4 км<sup>2</sup>. Хотя более 80% из всех ледников имеют размеры до 1,1 км<sup>2</sup> и менее, они составляют всего 21% площади оледенения Памира. На ледники от 1,1 до 25 км<sup>2</sup> приходится 54% площади оледенения, а 25% всей площади оледенения Памира составляют 25 ледников крупнее 25 км<sup>2</sup>. В пределах Памира характер оледенения и его размеры сильно меняются с запада на восток. На крайнем западе Памира, где высота гор невелика, ледники занимают верховья долин и кары на склонах в диапазоне всего 200–300 м по вертикали. Здесь преобладают мелкие ледники-каровые и небольшие долинные, постепенно сменяющиеся к востоку более крупными долинными и сложными долинными ледниками. Аккумуляция на ледниках превышает 200 г/см<sup>2</sup>, а иногда достигает 300 г/см<sup>2</sup> в год.

В Центральной части Памира, где горы достигают очень больших высот и глубоко расчленены, условия существования ледников наиболее благоприятны. Здесь широко распространены все типы горных ледников, но основную массу составляют крупные дендритовые и сложные долинные ледники. Их вертикальный диапазон огромен (до 3–4 км, в среднем, более 1 км): начинаясь с высочайших горных пиков и водораздельных гребней, они спускаются в глубокие долины ниже верхней границы леса (до 2,6–3 км). Аккумуляция снега в фирновых областях составляет 150–200 г/см<sup>2</sup> в год.

Основным типом льдообразования является холодный фирновый, а на самых высоких вершинах (пик Сомони), где таяние практически отсутствует-снежный. На низко спускающихся языках крупных ледников стает 8–10 м льда в год.

Восточный Памир-это высокогорная пустыня, окруженная горными хребтами, поднимающимися до 5,5–6,8 км над уровнем моря. Центром Восточного Памира принято считать озеро Каракуль, лежащее на высоте 4 км.

Климат Восточного Памира континентальный, сухой. Большая абсолютная высота и большая прозрачность атмосферы обуславливают интенсивную солнечную радиацию и низкие температуры воздуха, а закрытость с запада барьером высоких хребтов-большую сухость воздуха и малое количество осадков.

На крайнем западе Памира, где высота гор невелика, ледники занимают верховья долин и кары на склонах в диапазоне всего 200-300 м по вертикали. Здесь преобладают мелкие ледники - каровые и небольшие долинные, постепенно сменяющиеся к востоку более крупными долинными и сложными долинными ледниками. Аккумуляция на ледниках превышает  $200 \text{ г/см}^2$ , а иногда достигает  $300 \text{ г/см}^2$  в год. В период абляции таяние снега и льда значительно не только на ледниковых языках, но и в фирновых областях. Преобладают фирновый и теплый фирновый типы льдообразования

Существование ледников на Памире, как и в других горных системах Средней Азии, определяется его положением в центре материка, циркуляцией высоких слоев атмосферы, высотой и расчлененностью гор, перехватывающих осадки из влагонесущих воздушных масс.

Скорости движения ледников Восточного Памира небольшие. За исключением крупных долинных и дендритовых ледников, на которых концентрируются большие массы поверхностной морены, ледники Восточного Памира отличаются малой заморенностью. Они производят много меньшую транспортную и экзарационную работу по сравнению с ледниками Западного Памира. Колебания их концов также невелики.

### **1.3.2 Гидрографические особенности Памиро-Алая**

Гидрографическая сеть Памира и Памиро-Алая формировалась на протяжении длительного периода и за время своего существования претерпела значительные изменения. Древняя речная сеть существовала задолго до первого оледенения; ее главные артерии имели, в основном, широтное направление - с востока на запад. В настоящее время по таким широким до-

линам текут сравнительно маловодные реки Восточного Памира и Памиро-Алая: Кызылсу, Оксу, Баяндкиик, Сауксай, Аличур и др [13, 32-37]. Большая увлажненность периферийных хребтов вызвала усиленную эрозионную деятельность и расчленение хребтов Западного Памира и Памиро-Алая густой сетью рек. Особенно глубокие ущелья возникли у наиболее водоносных рек Вахш (Кызыдсу, Муксу, Обигингоу), Гунт, Шохдара, Ванч, Язгулем и др., водосборы которых сложены легко размываемыми горными породами [31-41].

В горной части республики (в основном на Памире) накоплены значительные запасы влаги в виде ледников. Таким образом, горная часть республики является важнейшим источником питания крупнейшей водной артерии Средней Азии - Амударьи. Так как территория республики не равномерна и реки имеют различное питание, ее можно разделить на гидрологические районы. В основном, территория республики делится на две резко отличающиеся гидрологические области по характеру формирования и рассеивания стока.

1. Северо-Памирский и Центрально-Южно-Таджикский включает полностью бассейны рек Шеркента, Кафирнигана, Вахша, Кызылсу (южная). В составе района выделено шесть подрайонов.

2. Западно-Восточный Памира охватывает бассейны рек Гунта, Шахдара и Бартанга Ванч Язгулемским. Мургаба и бассейны озер Сарезского и Каракуль.

Большинство рек Памира и Памиро-Алая отличаются крутым падением, быстрым, а местами бурным течением, энергичной глубинной эрозией, невыработанностью продольного профиля, наличием в русле порогов, водопадов и перекатов. Большие реки Западного Памира - Пяндж, Гунт, Шахдара, Бартанг, Кызылсу (Алайская), Обихингоу, и другие протекают по обширным продольным межгорным долинам. Большие реки протекают в валунно-галечниковых руслах шириной от 40 до 200 м и глубиной от 2 до 10 м. Берегами таких рек являются или подошвы склонов рек, сложенных коренными

породами, или уступы террас, или песчано-галечниковые отложения в расширенных пойменных участках долин.

Продольный профиль долин средних и больших рек характеризуется колебаниями уклонов дна долины - постоянным чередованием участков со слабым падением и расширенным дном, где река разветвляется на рукава, с участками с крутым уклоном и узким дном, по которому река устремляется одним руслом, зажатым в коренных породах.

Морфометрические характеристики рек Восточного Памира резко отличаются от характеристик рек Западного Памира и Памиро-Алая. Основные реки Восточного Памира Оксу, Аличур и др. имеют незначительное падение русла 1-3 м/км, они медленно протекают по широким до 3-5 км слабообработанным долинам с относительно невысокими сглаженными склонами и плоским дном, занятым заболоченными лугами и кочкарниками. Там, где русла рек сильно меандрируют, реки протекают в низких берегах, местами современные русла рек врезаются в дно долин на глубину до 20 м. Ниже долины становятся ящикообразной формы с крутыми, иногда террасированными склонами.

Продольные профили рек имеют вид ломаной вогнутой кривой со значительно более крутым падением у рек Западного Памира и Памиро-Алая - Язгулема, Соха и Ванча, чем у рек Восточного Памира - Аличура и Оксу. Величина падения рек колеблется в значительных пределах от нескольких десятков сантиметров на 1 км на Восточном Памире до нескольких сот метров на 1 км на Западном Памире и Памиро-Алае. Большинство рек Памира и Памиро-Алая берет начало из ледников; реке истоками рек являются снежники, озера или выходы грунтовых вод. В верховьях ледниковые реки протекают по широким троговым долинам. Ниже по течению реки принимают множество притоков и быстро становятся бурными потоками, пробивающими себе путь по узким крутым ущельям.

Реки Памира весьма многочисленны, отличаются многоводностью, крутым падением, огромной энергией и значительной мутностью воды. В

высокогорной ледниковой зоне формируют сток правые притоки основной водной артерии Средней Азии - Амударьи, водами которой орошаются крупнейшие оазисы страны. Наиболее значительными реками бассейна Амударьи являются правые притоки Пянджа-Бартанг, Гунт, Ванч, Язгулем, Памир, Кызылсу (южная), площадь водосборов которых в сумме составляет 60 917 км<sup>2</sup>, Вахш с площадью водосбора 34 010 км<sup>2</sup>.

#### **1.4. Изменения глобального и регионального климата**

Исследования показывают, что климат Земли периодически менялся в результате воздействий разного характера. Естественными факторами изменения климата являются смещение орбиты и угла наклона Земли относительно оси, изменение солнечной активности, вулканические извержения и изменения в распределении атмосферных аэрозолей естественного происхождения [50-60].

Оно может быть связано с длительным уменьшением или увеличением количества тепла поступающего от Солнца на земную поверхность, с изменением поглотительной способности земной атмосферы в результате изменения ее состава. Многочисленные факты исторической геологии, палеонтологии, зоологии, палеоботаники и других наук подтверждают наличие изменений климата под влиянием этих причин [16, 14-50].

В последние годы одной из важнейших задач в области климатологии является исследование вопроса глобального изменения климата земли. Это, прежде всего, обусловлено активным влиянием деятельности человека на природную среду, которая достигла уровня, сравнимого с естественными климатообразующими факторами, влияющими на естественную изменчивость климата [60-65].

Глобальная среднегодовая приземная температура за последнее столетие возросла на 0,6°С [66-69]. Амплитуды суточных температур уменьшались во многих точках земного шара. В среднем, минимальные температуры возрастают примерно в два раза быстрее по сравнению с максимальными.

Количество осадков, выпадающих на сушу, изменяется незначительно: от 0,5 до 1% в десятилетие. Тем не менее, в некоторых регионах земного шара увеличилось число интенсивных и экстремальных осадков.

Наибольшие изменения климатических параметров произошли в районах, характеризующихся энергичным вмешательством человека в процессы природы: урбанизация, мелиорация, строительство больших водохранилищ и т.д. [70-71].

По данным [71], за базовый период по РТ наблюдается увеличение среднегодовой температуры воздуха на 0,7-1,2°C в широких долинах. В меньшей степени рост температуры произошел в горных и высокогорных районах на 0,1-0,7°C, и лишь в горах центрального Таджикистана, Рушане и низовье Зеравшана произошло небольшое понижение температуры (на 0,1-0,3°C). В больших городах рост температуры особенно значителен и достигает 1,2-1,9°C. В зонах орошаемого земледелия, например, в новоорошаемой Яванской долине, температура имеет тенденцию к понижению, особенно в летнее время. На юге (Шаартуз) и севере (Худжанд) республики средняя годовая температура оставалась практически без изменений, что, очевидно, связано с влиянием местных факторов (освоение земель, строительство водохранилищ). Зимний период характеризуется повышением температуры, за исключением низовья р. Зеравшан, Кулябской, Яванской долин и восточной части Памира, где она понизилась на 0,1-0,4°C. Наибольшее повышение зимней температуры отмечено в Дехавзе, Файзабаде и Майхуре, а также в крупных городах. Весенние температуры в Таджикистане, в общем, имеют тенденцию к повышению в долинных, горных и высокогорных районах на 0,2-0,7°C. В ряде предгорных районов и в орошаемых долинах, а также частично на Западном и Восточном Памире отмечено понижение температуры на 0,1-0,7°C. Летом в долинных и предгорных районах отмечается тенденция к росту летних температур на 0,2-0,8°C. Лишь в горах Центрального Таджикистана отмечено небольшое понижение температуры на 0,4°C, а также на юге республики на 0,3°C. Осенние температуры, в целом по республике, имеют

тенденцию к значительному росту в среднем на  $0,8-1,2^{\circ}\text{C}$ , особенно на юге и востоке страны. Исключением является Центральный Таджикистан, где в ряде районов наблюдается тенденция к их понижению.

Сопоставление аномального количества осадков с повторяемостью широтных и меридиональных типов циркуляции указывает на формирование избытка осадков при меридиональных потоках, в то время как дефицит осадков наблюдается в периоды увеличения широтного переноса воздушных масс. В долинных районах дефицит осадков, так же как и избыток, формируется чаще, чем в горных районах. В более сухие годы в республике выпадает 30-70% осадков от нормы, а в более влажные до 200-250%.

За период 1961-1990 гг. в горах Центрального Таджикистана, в долинах Юго-Западного и Северного Таджикистана, предгорьях Туркестанского хребта и высокогорных районах Восточного Памира наблюдается уменьшение количества годовых осадков на 1-20%. В предгорных и горных районах Хатлонской области отмечается уменьшение осадков на 6-22%. В Каратегино-Дарвазе с высоты более 1500 м количество осадков увеличилось на 14-18%. На Западном Памире увеличение осадков составило 12-17%. Наибольшее увеличение осадков отмечено на леднике Федченко - 36%.

Более значительные годовые отклонения осадков наблюдаются в горах и высокогорьях. Здесь отрицательные отклонения в основном составляют 10-20%, а положительные колеблются от 10-20% в Дехавзе, до 50-100% в Мургабе. В аномально влажные годы осадков выпадает от 50 до 100 % выше нормы в верховьях Зеравшана, Западном Памире, а на Восточном Памире иногда более 150%.

Исследования показали, что количество осадков в холодный период за 1961-1990 гг. увеличилось в равнинных и предгорных долинах. Незначительно увеличились осадки в верховьях Зеравшана и на Западном Памире. Наибольшее увеличение осадков в холодный период отмечено на леднике Федченко - 29%. На Восточном Памире наблюдается резкое уменьшение



осадков холодного периода, что связано с орографической затененностью данного района горными хребтами.

Теплый период характерен неравномерным распределением осадков во времени. Наибольшее их количество выпадает в апреле и начале мая, затем идет их уменьшение, а с июля по сентябрь в долинах они практически не наблюдаются. В теплый период за 1961-1990 гг. отмечено уменьшение осадков в долинно-предгорных районах республики на 6-57%, в верховьях р. Зеравшан (6%) и особенно заметное уменьшение произошло на Восточном Памире (до 70%). В то же время на остальной горной части республики (выше 1500 м) количество осадков увеличилось от 9% до 36%. На леднике Федченко осадки увеличились на 44%.

Анализ изменения снегозапасов за весь период инструментальных наблюдений и отдельно за период 1961-1990 гг. показал их увеличение в предгорных и среднегорных районах на высотах до 2000 м в среднем на 35%. Напротив, в зоне от 2000 до 3500 м отмечено повсеместное уменьшение снегозапасов так же на 35%. Однако тенденция уменьшения снегозапасов в зоне свыше 2000 м прослеживается не во всех районах. Увеличение снегозапасов отмечено в горных районах Хатлонской области (Санглок 2230 м), и на леднике Федченко (4169 м). Следует отметить, что в этих районах до 1960 г. снегозапасы убывали. Наиболее многоснежными были зимы 1949-1950 и 1964-1965 гг., когда более чем на 50% территории снегозапасы в 1,5-2 раза были выше средних многолетних значений. Зима 1969 г. была особенно многоснежной, когда на всей территории республики снежность была в 2-2,5 раза больше обычного. Малоснежными были зимы 1955-1963 гг. С 1964 по 1984 гг. происходило чередование различных по снежности зим. С 1985 г. по 1990 г. на высотах до 3000 м снегозапасы уменьшались. Изучение тенденции изменения стихийных гидрометеорологических явлений показало [70-76].

**Высокие температуры.** Зона неблагоприятного теплового режима (равно и выше 40°C) охватывает всю равнинную часть республики. На основании анализа данных наблюдений выявлена тенденция увеличения числа дней с

температурой выше 40°C практически во всех равнинных районах республики на 30% и более. В 1984 г в Шаартузе было зафиксировано 48 дней с температурой воздуха выше 40°C. Наименьшее число дней с температурой выше 40°C наблюдалось в 1972 г.

**Низкие температуры.** К опасным явлениям погоды относятся также среднесуточные температуры воздуха равные и ниже -10°C. Наименьшее среднее число дней в году с низкими температурами отмечается на равнинной территории (0,2-0,8 дня) [73-75], хотя в отдельные годы их число увеличивается до 5-15. Наибольшая повторяемость низких температур отмечается в горных районах, особенно в котловинах, на перевалах и вершинах высоких хребтов. В предгорных районах среднее число дней с низкой температурой изменяется от 6 до 16, а в отдельные годы 25-80 дней. В общем, наблюдается тенденция к уменьшению числа дней в году со среднесуточной температурой ниже - 10°C на 30-50%.

**Сильные осадки**-это одно из наиболее опасных гидрометеорологических явлений по своим последствиям. Среднее число случаев с сильными осадками по территории республики невелико и колеблется от 0,1 до 6 дней в году. В некоторых районах сильные осадки не наблюдаются вообще. В отдельные годы, например в 1969г, число полу суток с сильными осадками превосходит среднее значение в 3,5-5,5 раз. Максимум числа дней с сильными осадками приходится, преимущественно, на весенние месяцы, а в высокогорных районах на летние. За период 1961-1990 гг. число дней с сильными твердыми осадками имеет тенденцию к сокращению. Изменение числа дней с сильными жидкими осадками неоднозначно. Например, в Кулябской долине число дней с сильными жидкими осадками увеличилось в 1,5 раза. В г. Душанбе наблюдается тенденция уменьшения в 1,5-2 раза.

Выпадение града часто приносит ущерб сельскому хозяйству. Очаг наибольших градовых явлений расположен вдоль Гиссарского хребта, в основном по предгорьям. С высотой местности число дней с градом увеличивается. При этом максимум повторяемости возрастает от 0,7-1 дня в долинных

районах, до 4-8 дней в высокогорьях. Большой частотой градовых явлений отличается Гиссарская долина, где среднее количество дней в году с градом составляет 1,9-3,5 дней. За период 1961-1990 гг. в долинных и предгорных районах количество дней с градом уменьшилось на 60-80%. В горных районах повторяемость выпадения града не изменилась, а в некоторых районах увеличилась.

**Селевые паводки.** Одним из последствий выпадения сильных ливневых осадков являются селевые паводки, которые часто наблюдаются в предгорных и горных районах Таджикистана в пределах высот до 2000 м. В высокогорных районах сели могут формироваться в результате прорыва временных озер. Как правило, селевые паводки имеют кратковременный характер, но причиняют огромный ущерб населенным пунктам и народному хозяйству. За исследуемый период наибольшее число катастрофических селей наблюдалось в 1969, 1970, 1985 и 1988 годах. Юго-восточные склоны Гиссарского хребта, северные склоны Туркестанского и южные склоны Кураминского хребта являются районами с наибольшей селевой активностью, особенно бассейны рек Яхсу, Варзоб, Вахш, Обихингоу. За 1961-1990 гг., наблюдается увеличение числа дней с катастрофическими селями на 50-60%. Наиболее мощные селевые паводки наблюдались в 1993 и 1998 гг., когда ими были разрушены многие объекты экономики (плотина строящейся Рогунской ГЭС, дороги, дома в Хатлонской и Согдийской областях) и причинен огромный ущерб.

**Снежные лавины.** Основными условиями схода лавин является наличие склонов крутизной 30-50°, снежного покрова мощностью более 30 см и соответствующей метеорологической обстановки. В условиях Таджикистана на большей части горной территории основной причиной формирования лавин является свежевывающий снег (60-70%). Наибольшая повторяемость схода лавин отмечается на склонах северных экспозиций. Максимум лавин приходится на февраль-март месяцы. Наибольшее число дней было отмечено в 1978 г, когда практически во всех горных районах наблюдался массовый сход лавин. В результате перекрывалось движение автотранспорта, во многих местах были

повалены линии связи и электропередач. В 1969 г исключительная лавинная активность наблюдалась на Западном Памире. Число дней с лавинами, превышающими в 2 раза средние многолетние значения, отмечалось в 1976, 1984 и 1987 гг. За период 1961-1990 гг. прослеживается тенденция увеличения числа дней с лавинами на 50-70%.

**Длительные туманы**, наблюдающиеся более 24 часов, с видимостью 50 м и менее, считаются особо опасными явлениями, но в Таджикистане наблюдаются редко. Туманы начинаются в ноябре и, достигая максимума в декабре-январе, заканчиваются в марте. Исключение составляют высокогорные районы, расположенные в зоне облакообразования, где туманы наблюдаются круглый год. В большинстве районов суммарная продолжительность туманов не превышает 50-70 часов. На перевалах и в районах, открытых влажным воздушным массам, продолжительность туманов увеличивается до 1200 часов в год. При большой суммарной продолжительности туманов следует отметить, что они длятся до 3-5 часов. За период 1961-1990 гг. число дней с туманом увеличилось на 20-50%. В районе г. Худжанда число дней с туманом увеличилось на 80%.

**Пыльные бури** по генезису подразделяются на местные и фронтальные. В первом случае эти явления охватывают небольшие районы, где имеются сухие мелкоземистые почвы и дуют умеренные ветры. Такое явление часто встречается на юге республики. Фронтальные пыльные бури, сопровождающие в основном холодные фронты, устремляются вверх по долинам Кафирнигана и Вахша. При этом сильный сухой ветер (18-20 м/с) с пыльной бурей и мглой может иметь продолжительность несколько часов. Самое большое число дней в году с пыльными бурями, в среднем 14 дней, наблюдается на юге республики. При рассмотрении повторяемости пыльных бурь за период 1961-1990 гг. обнаружена тенденция уменьшения числа дней с пыльными бурями в 1,5-2 раза. Однако, в последние годы их число значительно возросло.

## Заключение к главе 1

1. На фоне глобального потепления особенности изменений регионального климата могут иметь принципиальные отличия и большое значение для отдельных зон имеют региональные факторы. При постановке задач была сформулирована гипотеза о существенном вкладе региональных естественных факторов в изменение климата Таджикистана.

2. Исследование закономерности изменения температуры воздуха и количества атмосферных осадков является одной из актуальных задач современной метеорологии. Изменение температуры воздуха и количество осадков могут существенно повлиять на природную среду и на деятельность людей.

3. В аридных климатических зонах водные ресурсы являются ценным природным сырьём, требующим строгого учёта, бережного использования, прогнозирования изменчивости, а также знания закономерностей формирования водных ресурсов.

4. В данной диссертационной работе объектом исследования выбрано изменение климата в зоне Восточного и Западного Памира, так как эти зоны являются уникальными с точки зрения гидрометеорологических условий. Изучение пространственных и временных особенностей изменчивости температуры воздуха и количество осадков на ее территории имеет большое значение не только для разработки региональных сценариев будущих изменений климата, но также для решения ряда практических задач, связанных с рациональным использованием агроклиматических ресурсов и оценкой водных ресурсов.

## **Глава 2. ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОСТОЧНОГО ПАМИРА**

Многочисленные факты исторической геологии, палеонтологии, зоологии, палеоботаники и других наук подтверждают наличие изменений климата под влиянием различных причин [76-82].

В геологические прошлые изменения климата происходили достаточно медленно, а с начала XX века скорость изменений резко возросла. Нынешнее изменение климата отличается тем, что темп и продолжительность потепления за последний век превышают этот показатель за любой другой период времени за последние несколько тысяч лет.

В последние годы одной из важнейших задач в области климатологии является исследование вопроса глобального изменения климата земли. Это, прежде всего, обусловлено активным влиянием деятельности человека на природную среду, которая достигла уровня, сравнимого с естественными климатообразующими факторами, влияющими на естественную изменчивость и, в конечном итоге, приводящему к увеличению частоты и величины аномальных проявлений погоды [83-96], а в нашем случае изменениям в термическом режиме и влагообеспеченности.

### **2.1. Основные характеристики метеорологических станций Восточного Памира**

Основное развитие гидрометеорологических наблюдений на территории Таджикистана начались в 30-40 года прошлого столетия. В конце XIX века на территории нашей республики были открыты первые метеорологические станции. На территории ГБАО расположены две из этих станций: Хорог (начало наблюдений с 1898) и Мургаб (начало наблюдений с 1892г.) [13,108].

Одна из станций [16], открытых на еще в 90 гг. 19 века на Памире расположена на территории Восточного Памира. Станция Мургаб открыта в

1892 году. Высота над уровнем моря 3576 м. Станция расположена в юго-восточной части Памирского нагорья, в долине реки Мургаб. Рельеф местности горный. Долина со всех сторон окружена горами, возвышающимися над уровнем станции на 800-1000 м. Вершины дальних хребтов имеют абсолютные отметки более 5 км и покрыты вечными снегами и ледниками. Климат сухой, с холодным летом, суровой малоснежной зимой. В самый холодный месяц средняя температура воздуха минус 19,2<sup>0</sup>С, летом температура воздуха повышается до 12,9<sup>0</sup>С. Максимальное количество осадков -75 мм, выпадает в теплый период года. Средняя скорость ветра меняется в течение месяца в пределах 1,2-3,2 м/с

Развитие современной метеорологической сети на территории Восточного Памира началось в середине XX века [107, 108].

Станция Каракуль открыта 1 ноября 1933 года. Высота станции - 3932 м над уровнем моря. Расположена в восточной части Памирского нагорья, на северо-восточном берегу озера Каракуль. Рельеф местности горный. Окружающая местность представляет собой обширную высокогорную котловину, со всех сторон окруженную горами. Расстояние до ближайших гор составляет 1-1,5 км. Дальние горы расположены на расстоянии 12 км. Климат - сухой, с холодным летом, суровой малоснежной зимой. В самый холодный месяц средняя температура воздуха составляет минус 18<sup>0</sup>С, летом повышается до плюс 8,7<sup>0</sup>С. Максимальное количество осадков достигает 54 мм в теплый период года. Средняя скорость ветра меняется в течение месяца в пределах 1,9-3,5 м/с Число ясных дней по общей облачности примерно 120 в год.

Станция Булулункуль открыта 24 сентября 1950 года Высота над уровнем моря 3744 м. Расположена в центральной части Памирского нагорья. Климат-сухой, с холодным летом, суровой малоснежной зимой. В самый холодный месяц средняя температура воздуха минус 25,5<sup>0</sup>С, летом повышается до плюс 11,2<sup>0</sup>С. Максимальное количество осадков достигает 50 мм в холодный период года. Средняя скорость ветра меняется в течение месяца в пределах 0,4-2,5 м/с Число ясных дней по общей облачности 120 в год.

Станция Шаймак открыта 1 ноября 1958 года. Высота над уровнем моря 3840 м. Расположена в юго-восточной части Памирского нагорья, в долине р. Аксу, ширина которой около 3 км. Климат-сухой с холодным летом, суровой малоснежной зимой. В самый холодный месяц средняя температура воздуха –минус 17,3<sup>0</sup>С, летом повышается до плюс 9,8<sup>0</sup>С. Максимальное количество осадков составляет 85 мм в теплый период года. Средняя скорость ветра меняется в течение месяца в пределах 1,9-2,6 м/с Число ясных дней по общей облачности-81 в год.

Все метеорологические станции, описанные вверху хорого нидны на рисунке 2.1.

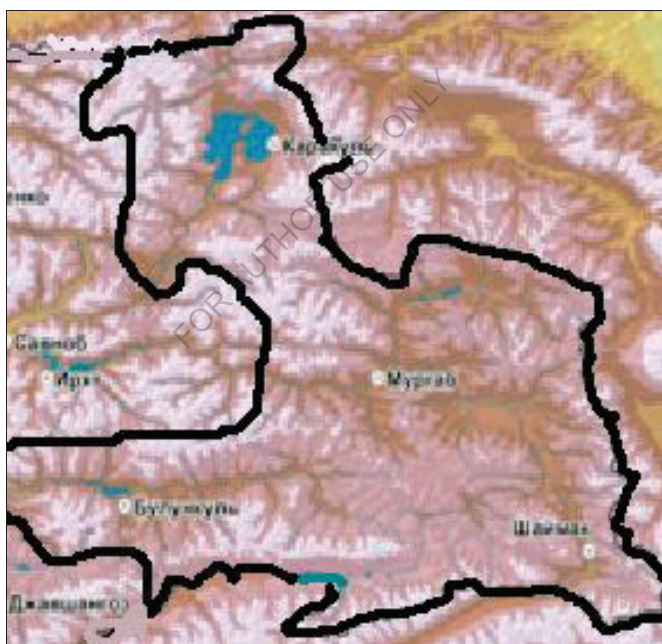


Рис. 2.1. Физико-географическое расположение метеорологических станций Восточного Памира.



## 2.2. Методика расчётов и результатов

В последние годы проблема климата получила чёткую физико-математическую формулировку, как проблема статистической гидродинамики атмосферы и ее взаимодействия с океанами и континентами.

Климат-это статистический ансамбль состояния системы океан-суша-атмосфера за периоды времени в несколько десятилетий.

Изменение климата - колебания климата Земли-в целом или отдельных её регионов с течением времени, выражающееся в статистически достоверных отклонениях параметрах погоды от многолетних значений за период времени от десятилетий до миллионов лет.

Климат зависит от характеристик каждого из звеньев климатической системы-океан-суша-атмосфера-криосфера, и в первую очередь от характеристик атмосферы и гидросферы. Главными метеорологическими элементами, от которых сильно зависит климат, является температура воздуха и количество атмосферных осадков, от них в большой степени зависят остальные звенья климатической системы.

Температура воздуха считается основным элементом погоды и климата. В ряде работ [97-107] предлагают использовать различные методы для анализа изменения термического режима. Изучению особенностей годового хода приземной температуры воздуха в настоящее время уделяется очень большое внимание. Колебания температуры воздуха в течение года оказывают огромное влияние на деятельность человека.

Термический режим воздуха на территории Памира формируется под влиянием климатообразующих факторов различного масштаба: атмосферной циркуляции, радиационного режима, состояния подстилающей поверхности. В основном, показателями температуры воздуха, считаются статистические характеристики суточных, месячных, годовых и многолетних рядов, а также экстремальные значения температуры.

Атмосферные осадки, как и температура воздуха, относятся к одной из наиболее важных метеорологических величин, являясь основным источником увлажнения суши. Количество атмосферных осадков определяется, в основном, орографическими условиями и циклонической деятельностью.

Анализ динамики режима осадков в рассматриваемых климатических зонах территории республики проводится для каждого метеопараметра, характеризующего режим осадков. Проводился сравнительный анализ статистических характеристик частичных временных рядов, в виде которых был представлен исходный временной ряд его значений. Такой анализ был проведен с целью исследования динамических свойств, статистических характеристик временных рядов различных метеопараметров, характеризующих режим осадков в регионе.

Для получения более полной информации об изменениях в динамике количества осадков за рассматриваемый период и их возможном влиянии на производство и окружающую среду будет проведен анализ.

Расчет речного стока состоит в том что изучение состояние реки в районе где намечается мероприятие по использовании его стока. Для данной цели определяем характеристики стока и ее изменения во времени. Реки имеют свои собственные характеристики и зависят от многих факторов, а также они зависят от метеорологических параметров. Для изучения изменения водности рек использовался его физическая величина – расход воды. Расход воды называется количество воды протекающего в единицу времени через поперечное сечение потока. Расход воды в реках выражается в  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Изменения климата-это вызываемые деятельностью человека наблюдаемые и прогнозируемые долгосрочные изменения средних значений климатических показателей, а также изменчивость климата, включая такие аномалии как засухи, сильные штормы и наводнения. В данной работе под изменением климата понимается изменение не одного климатического элемента, а двух основных его параметров, температуры воздуха и количества атмосферных осадков от которых зависят другие звенья климатической системы.

Исследования векового хода метеорологических элементов, показывают на наличие больших колебаний, в силу чего отдельные периоды, а тем более годы, оказываются то более холодными, то более теплыми. До конца 1950-х годов на изменение температурного режима в основном влияли природные факторы, с начала 1960-х годов на изменение температуры воздуха большое влияние стали оказывать и антропогенные факторы. В связи с этим Международная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), за основу изучения климата рекомендовали использовать базовый период, составляющий период наблюдений с 1961 по 1990гг., а также использовать средние значения метеоэлементов за этот период как норму при изучении изменений, происходящих с метеоэлементами.

Нормой считается статистический расчет многолетних гидрометеорологических данных. В данной работе, согласно рекомендации МГЭИК приняты за норму средние значения метеоэлементов за период 1961-1990гг.

Точность оценок зависит от объема выборки, степени связанности временного ряда, характера распределения случайных величин. В большинстве случаев выборочные средние арифметические значения рассчитываются по формуле

$$\bar{X} = \frac{\sum x_n}{n} \quad (1)$$

Метод отклонения от нормы используется в основном для определения колебаний физической величины и ее изменения. Эту величину определяют по формуле

$$\bar{X} - X_n = X \quad (2)$$

где  $\bar{X}$  - среднее значение физической величины,  $X_n$  - значение физической величины.

Короткопериодические флуктуации являются частью эксперимента. Влияние короткопериодических флуктуаций может быть в значительной степени исключено с помощью методики осреднения, такой, как применение скользящих средних или скользящих сумм. Если, ряд состоит из длительного

ряда наблюдений, например,  $G_1 G_2 \dots G_{200}$ , то можно заменить этот ряд другим, состоящим из трёхлетнего фильтра или ритилетного.

$$\begin{array}{ccc}
 \frac{G_1 + G_2 + G_3}{3} & \frac{G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5}{5} & \\
 \frac{G_2 + G_3 + G_4}{3} & \frac{G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6}{5} & \\
 \dots\dots\dots & \dots\dots\dots & \\
 \frac{G_{198} + G_{199} + G_{200}}{3} & \frac{G_{196} + G_{197} + G_{198} + G_{199} + G_{200}}{5} & (3)
 \end{array}$$

Такой ряд получается более сглаженным.

Медленное, постепенное изменение случайной переменной в течение всего анализируемого периода называется трендом. Тренд никогда не длится бесконечно, а скорее является частью колебаний с периодами, длительность которых сравнима с периодом наблюдений. Тренд может быть выделен и проанализирован методом наименьших квадратов. Для анализа изменения физических величин (температура воздуха, количество осадков и расхода воды) были использованы линейные уравнения [16]. Эта величина рассчитывается по формуле

$$Y = ax + b, \quad (4)$$

где  $a$ -коэффициент величины тренда,  $b$ -коэффициент значения температуры,  $x$ -количество годовых промежутков.

Коэффициенты,  $a$  и  $b$  можно рассчитать по формулам

$$a = (pr_1 - r_0d_1) / (pd_2 - d_1^2), \quad (5)$$

$$b = (r_0d_2 - r_1d_1) / (pd_2 - d_1^2), \quad (6)$$

где  $p$ -число расчетов данных,  $r_0 = \sum y_n$ ;  $r_1 = \sum y_n x_n$ ;  $d_1 = \sum x_n$ ;  $d_2 = \sum x_n^2$ .

Методы статистической регрессии имеют преимущество по сравнению с динамическими методами, потому что их применение не требует строгих физических ограничений. С другой стороны, методы статистической регрессии не гарантируют устойчивости полученных коэффициентов. В идеальном

случае коэффициенты уравнения регрессии, определенные статистически, должны пролить некоторый свет на физику атмосферных процессов, обуславливающих движение и развитие синоптических систем. Кроме того, при дальнейшем усовершенствовании современных физических и статистических методов, должны привести к одной и той же системе уравнений.

Исследование тренда (4) является частью общей проблемы исследования нерегулярных флуктуаций временного ряда и, как правило, отдельно не производится. Поэтому тренд рассчитывается за достаточно продолжительный период. В нашем случае расчет был проведен для физических величин (температура воздуха, количество осадков и расхода воды) по станциям и постам расположенных в различных климатических зонах Памира за базовый период 1961-1990 гг., а также за весь период наблюдений (с 1940 по 2015гг.).

Самое общее представление об изменчивости ряда, как известно, дает размах колебаний, определяемый как

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (7)$$

где  $x_{\max}$   $x_{\min}$ -соответственно, максимальный и минимальный члены ряда.

Размах колебаний является простейшей мерой рассеяния статистического ряда, так как показывает, насколько отличаются друг от друга крайние значения, но не указывает, насколько велики отклонения отдельных значений внутри ряда. Дисперсия (D) и связанное с ней среднеквадратическое отклонение ( $\sigma$ ) характеризуют среднее рассеяние значений ряда от среднего арифметического значения и рассчитывается по формулам

$$D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2, \sigma = \sqrt{D} \quad (8)$$

Коэффициент асимметрии является характеристикой скошенности распределения случайной величины X:

$$As = \frac{1}{N\sigma^3} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3 \quad (9)$$

При полной симметрии относительно среднего значения  $A_s = 0$ . При положительной асимметрии ( $A_s > 0$ ) ряд будет включать немногочисленные, но большие по величине положительные отклонения от среднего, и более многочисленные, но менее значительные по величине отрицательные отклонения. При отрицательной асимметрии ( $A_s < 0$ ) ряд будет включать немногочисленные, но большие по величине отрицательные отклонения от среднего, и более многочисленные, но малые по величине положительные отклонения.

Экссесса характеризует крутизна (островершинность или плосковершинность) кривой распределения случайной величины  $X$  относительно нормальной кривой и рассчитывается по формуле:

$$E_x = \frac{1}{N\sigma^4} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4 - 3 \quad (10)$$

Величина коэффициента эксцессы характеризует отклонение крутизны эмпирической кривой от нормальной кривой распределения, так как в последнем случае принимается  $E_x = 0$ . При  $E_x > 0$  эмпирическая кривая распределения является более островершинной по сравнению с нормальной кривой. Если эмпирическая кривая распределения является более плосковершинной по сравнению с нормальной кривой, то  $E_x < 0$ . В качестве примера в таблице 2.1 приведены результаты расчетов статистических характеристик для данного периода временной изменчивости среднегодовой температуры воздуха в различных природных зонах Памира.

Метод интерполяции в данной работе для восстановления пропущенных данных или брака данных был использован метод восстановления физических величин с использованием данных реперных станций. По аналогам данных реперов был рассчитан коэффициенты по месяцам и введен в расчеты при восстановлении данных для каждого месяца с пропущенными наблюдениями. В основном для восстановления данных использовались реперные станции Дарвоз, Хорог и другие станции расположенных на других меридианах и параллелях.

Таблица 2.1

Статистические характеристики временных рядов средней  
 годовой температуры воздуха природных зон

№	Станции	Высота над уровнем моря, м	Средние значения, °С.	Среднеквадратическое отклонения	Коэффициент асимметрии	Коэффициент эксцесса	Минимальное значение, °С.	Максимальное значение, °С.	Размах, °С.
1	Каракуль	3930	-3,8	1,1	0,26	4,43	-6,4	-1,5	4,9
2	Булункуль	3744	-5,3	1,8	0,75	7,03	-9,7	1,9	11,6
3	Мургаб	3576	-1,2	1,1	0,53	4,87	-4,8	1,9	6,7
4	Джавшангоз	3410	-1,9	1,3	-2,02	18,32	-9,7	2,3	12,0
5	Ишкашим	2524	6,8	1,9	-2,39	9,02	1,8	9,3	7,4
6	Хорог	2075	8,9	0,8	0,52	2,93	6,7	10,9	4,2

Для изучения цикличности многие авторы [102-106] используют один из параметров климата с повторяемостью или периодом выше или ниже нормы от 3 до 10 лет. Также, ссылаясь на эти работы, будем определять цикличность повторяемости данных с положительными или отрицательными отклонениями.

В расчетах изменения гидрологических параметров используются, в основном, те же методы, что были проведены выше.

Модуль стока-количество воды, стекающий за 1 секунду с единицы площади бассейна реки. Модуль стока определяют по формуле:

$$M = \frac{1000Q}{F} \quad (11)$$

где F-площадь бассейна, Q-расход воды,

Объём стока определяется по формуле:

$$W = Q * t \text{ или } W = \frac{Q * t}{10^9} \text{ для расчета стока в км}^3 \quad (12)$$

где  $Q$  - расход воды в м<sup>3</sup>/с,  $t$  - время в секундах. Для расчета годового стока эта формула имеет вид

$$W = \frac{Q \cdot 31.54}{10^9} \quad (13)$$

### 2.3. Изменения термического режима Восточного Памира за базовый период

Восточный Памир является источником питания многих рек и имеет особую климатическую характеристику, мы поставили задачу изучить изменение климата данного региона в аспекте глобального изменения климата. Ниже представлены результаты анализа [16, 109-110]. Анализ проведен по методологии, представленной в параграфе 2.2.

На рис. 2.2-23 в графиках изменения температуры воздуха годовые значения температуры представлены ломаными линиями с цветными маркерами, а их тренд-прямой черной линией. В таблицах 2.2 и 2.3 помещены данные расчетов коэффициента тренда и величины тренда температур за базовый период на станциях Восточного Памира.

Таблица 2.2

Значения линейного уравнения ( $y = ax + b$ ) (коэффициент тренда)  
за базовый период (1960-1990гг.)

Станции	$\bar{T}$	$\bar{T}_{\text{мин}}$	$\bar{T}_{\text{макс}}$	$T_{\text{абс мин}}$	$T_{\text{абс.макс}}$	$\bar{T}_{\text{абс.мин}}$	$\bar{T}_{\text{абс.макс}}$
Булункуль	-0.034x - 5.13	0.023x - 13.8	-0.009x +2.7	-0.056x -45.99	0.049x +22.7	0.021x - 23.3	0.034x +8.4
Каракуль	0.016x - 3.9	0.039x - 9.8	0.008x +19.7	-0.015x -33.3	0.068x +19.3	0.037x 16.8	0.033x +7.5
Мургаб	0.012x - 1.5	0.036x - 9.3	0.004x +6.1	-0.022x -33.8	0.054x +24.6	0.031x - 16.3	0.042x +11.5
Шаймак	0.003x - 3.3	0.021x - 10.3	-0.001x +4.1	-0.057x -36.7	0.037x + 22.97	0.018x - 18.2	0.036x + 10.2

За период с 1960 по 1990 гг. в котловине Яшилькуля-Булункуля наблюдалось понижение среднегодовой, средней максимальной и абсолютной минимальной температуры примерно от 0,3 до 1,7<sup>0</sup>С, годовой коэффициент составляет -0,009--0,056<sup>0</sup>С.



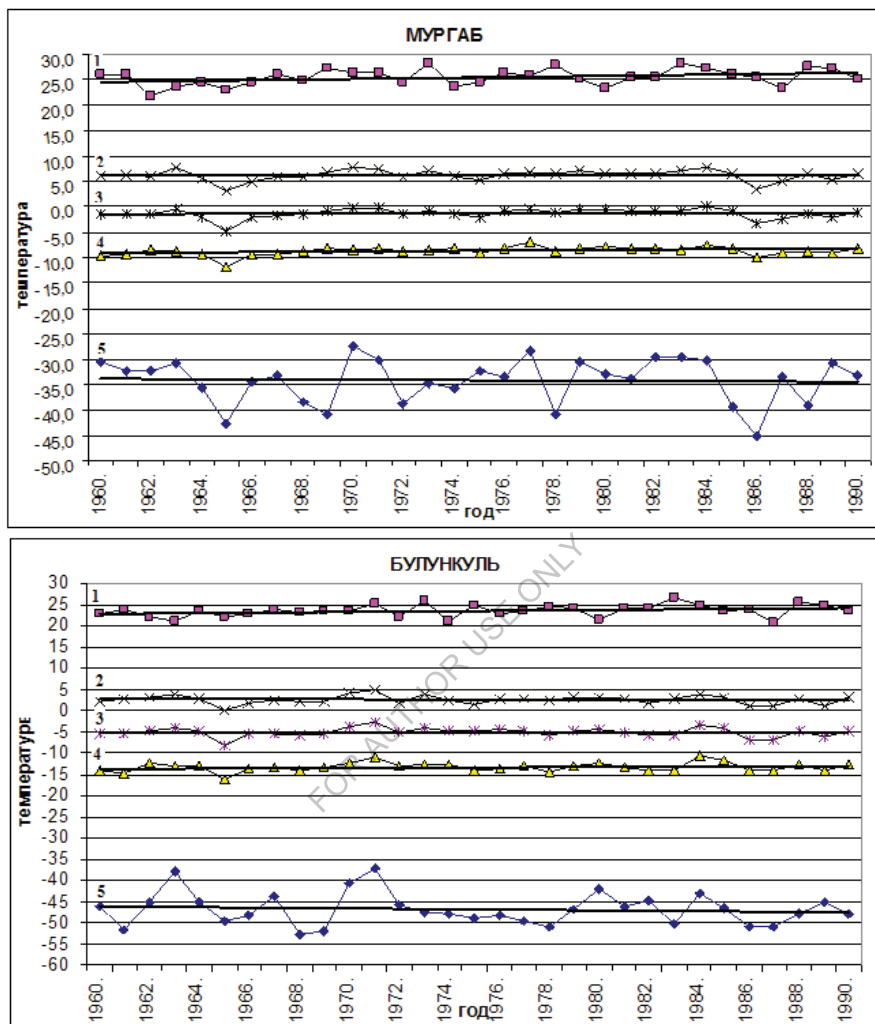


Рис. 2.2. Годовые температуры воздуха и их трендовый анализ за базовый период на станциях Булункуль и Мургаб (1 - абсолютный максимум, 2 - средний максимум, 3 - среднее значение, 4 - средний минимум, 5 - абсолютный минимум).

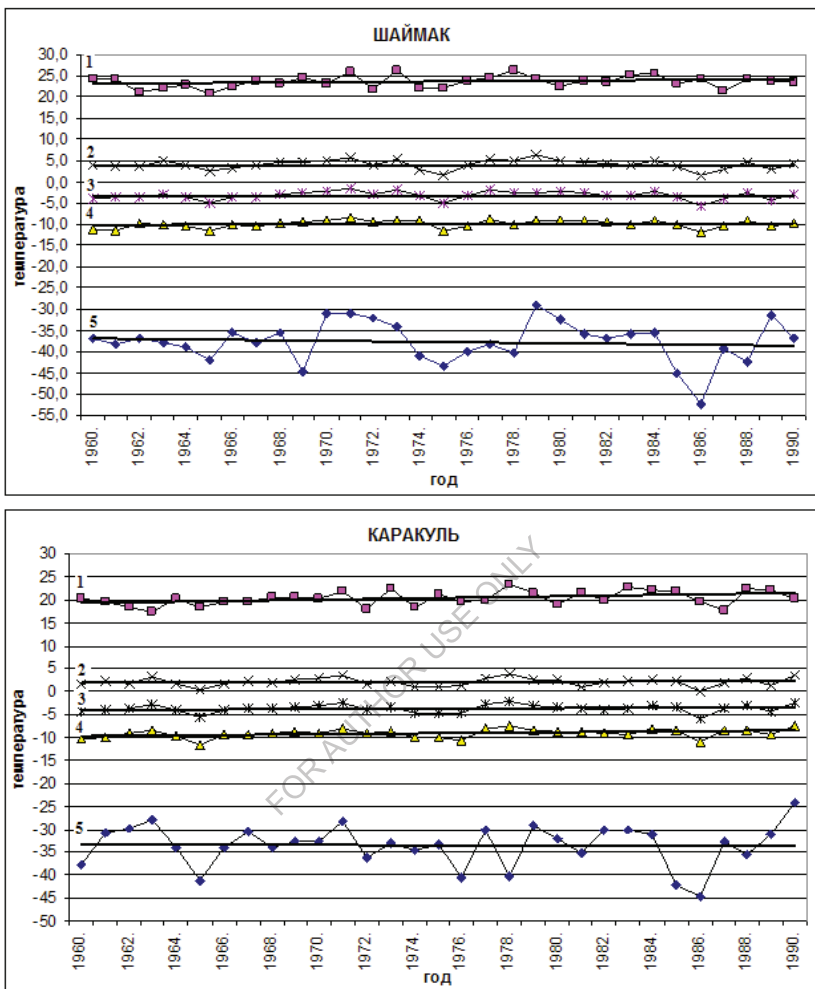


Рис. 2.3. Годовые температуры воздуха и их трендовый анализ за базовый период на станциях Шаймак и Каракуль (1 - абсолютный максимум, 2 - средний максимум, 3 - среднее значение, 4 - средний минимум, 5 - абсолютный минимум).

На территории Мургаба, Каракуля и Шаймака за 1960-1990гг. отрицательный тренд ( $-0,45$   $-1,71^{\circ}\text{C}$ ) показали только абсолютные минимальные температуры, годовой коэффициент составил  $-0,015$   $-0,057^{\circ}\text{C}$ , все остальные

параметры показали рост температуры воздуха на 0,03-2,04<sup>0</sup>С, годовой коэффициент 0.001-0.068<sup>0</sup>С (табл.2.2, 2.3).

Таким образом, по Восточному Памиру только на территории Булункуля наблюдается падение средних, средних максимальных и абсолютных минимальных температур. По другим параметрам тренд положительный.

На основе анализа проведенных расчетов мы пришли к следующим выводам. Если для всего Земного шара идет значительный рост абсолютных минимальных температур и менее значительный рост абсолютных максимальных температур, т.е. их амплитуда уменьшается, на территории Восточного Памира абсолютная минимальная температура падает, а абсолютная максимальная растет, т.е. их амплитуда увеличивается [4].

Таблица 2.3

**Величина тренда температуры воздуха на Восточном Памире  
за базовый период (1960-1990гг.)**

Станции	$\bar{T}$	$\bar{T}_{\text{мин}}$	$\bar{T}_{\text{макс}}$	$T_{\text{абс. мин}}$	$T_{\text{абс. макс}}$	$\bar{T}_{\text{абс. мин}}$	$\bar{T}_{\text{абс. макс}}$
Булункуль	-1.02	0.69	-0.27	-1.68	1.47	0.63	1.02
Каракуль	0.48	1.17	0.24	-0.45	2.04	1.11	0.99
Мургаб	0.36	1.08	0.12	-0.66	2.04	0.93	1.26
Шаймак	0.09	0.63	0.03	-1.71	1.11	0.54	1.08

Для средних минимальных и средних максимальных температур воздуха характерны изменения, соответствующие ходу температур для всего Земного шара, т.е. идет незначительный рост максимальных и сильный рост минимальных температур воздуха.

**2.4. Изменение влагообеспеченности Восточного Памира  
за базовый период**

Атмосферные осадки определяются, в основном, орографическими условиями и циркуляцией атмосферы. На усиление циклонических осадков оказывает заметное влияние высота и ориентация гор. Основное количество

атмосферных осадков, выпадающих на территории Таджикистана, приносится воздушными массами со стороны Атлантического океана, Средиземного моря и Индийского океана.

Для количества выпадающих осадков характерна большая изменчивость от года к году, наличие аномальных периодов (очень засушливых или влажных лет) заметно влияет на величину многолетних средних значений.

В параграфе 2.3. был проведен анализ изменения температуры воздуха в климатической зоне Восточного Памира. В данном параграфе будут приведены результаты исследования изменения количества осадков (влагообеспеченности) на этой же территории, по методу, использованному для предыдущего анализа [110-111].

Для изучения изменения режима влагообеспеченности за период 1960–1990 гг. были взяты данные тех же метеорологических станций, что и для изучения изменения температурного режима. По данным наблюдений за атмосферными осадками были построены графики и произведен анализ. Результаты анализа представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4.

Величина тренда осадков на Восточном Памире за базовый период

Название станции	Высота н.у.м.	Коэффициент тренда	Норма, мм	Величина тренда, мм	В процентах к норме, %
Мургаб	3576	$-1,2535x+94,5$	74,4	-37,5	-50,4
Булункуль	3744	$-0,2746x+104,35$	100,0	-8,1	-8,1
Шаймак	3846	$1,659x+116,7$	143,2	49,8	34,8
Каракуль	3930	$-0,725x+92,4$	81,6	-20,1	-24,6

Осадков на территории Восточного Памира выпадает мало, частый сильный ветер быстро испаряет выпавшие осадки, практически не оставляя их для стока. Наиболее увлажнённой частью территории Восточного Памира является Шаймак, где выпадает около 143 мм осадков за год, а самой за-

сушевой частью считаются долины Мургаба и Каракуля. Здесь выпадает всего 74-82 мм осадков в год.

Согласно трендовому анализу, изменение количества осадков за базовый период в климатической зоне Восточного Памира не однозначно.

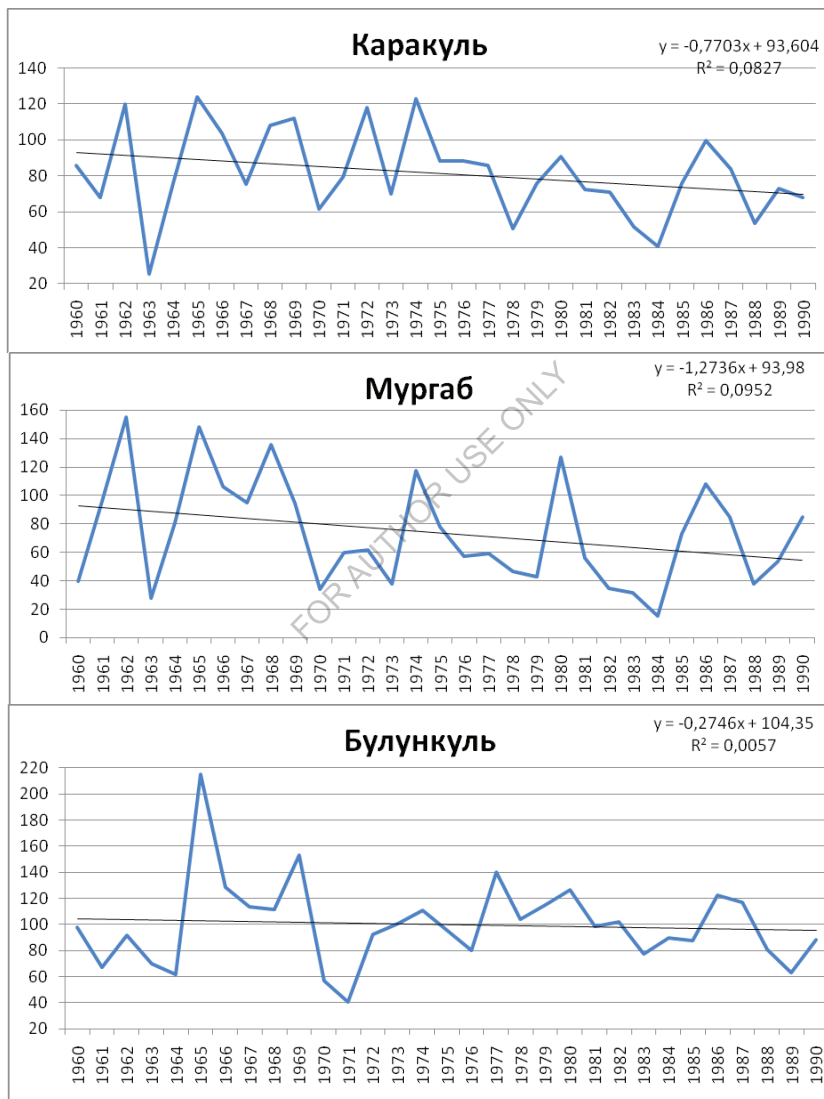


Рис.2.4. Годовые суммы осадков на Восточном Памире по данным метеорологических станций Каракуль, Мургаб и Булункуль.



Рис.2.5. Годовые суммы осадков на Восточном Памире по данным метеорологической станции Шаймак.

На большей части территории Восточного Памира наблюдается уменьшение количества осадков от 8% в Булункуле до 50% в Мургабе, что ведет к уменьшению оледенения на Восточном Памире и изменению ландшафта данной территории. В южной же части Восточного Памира, где происхождение осадков обусловлено, в основном, деятельностью Индийских муссонов, напротив, наблюдается повышение их количества на 35%.

### 2.5. Изменение температуры воздуха на Восточном Памире за период наблюдений с 1940 по 2015гг.

Для изучения состояния климата, природных ресурсов и современного оледенения необходимы исследования изменений температуры воздуха и влагообеспеченности не только за базовый период, но и за более продолжительное время, включая как период, предшествующий базовому, так и по настоящее время.

Так как изменение климата в глобальном масштабе началось в 40-ые годы, после малого ледникового периода прошлого столетия, мы решили изучить изменение температуры воздуха за период с 1940 по настоящее время. Для решения поставленной задачи мы проанализировали отклонение от

нормы среднегодовой температуры и тенденцию ее изменения за этот период.

В данном параграфе приведены результаты проведения исследований изменения годовых и сезонных температур воздуха на Восточном Памире по наблюдениям на станциях Мургаб и Каракуль за период с 1940 по 2015 гг.

Для проведения анализа были рассчитаны отклонения средних температур от нормы (средней за базовый период-1960-1990 гг.), построен график и рассчитан тренд. На графиках (рис. 2.6-2.7) гистограммой представлено отклонение годовых температур воздуха от нормы (средней температуры за базовый период), а прямой черной линией-тренд. В таблице 2.5 представлены коэффициент тренда и величина тренда средней температуры воздуха за период 1940-2015 гг. (75 лет). В таблице 2.6-величина тренда сезонных температур воздуха.

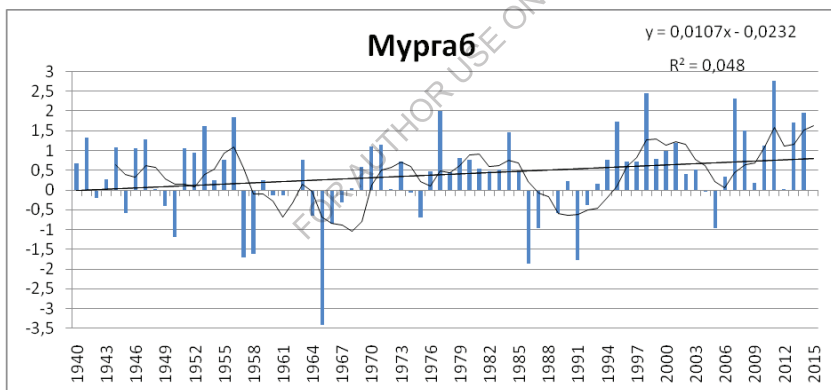


Рис. 2.6. Отклонение средней годовой температуры воздуха от нормы на территории Мургаба за 1940-2015 гг.

Из графиков видно, что самым холодным годом на территории Мургаба был 1965 г., когда среднегодовая температура опустилась на 3, -4<sup>0</sup>С ниже нормы, а холодные периоды продолжались 4-5 лет и наблюдались с 1964 по 1968 гг. и с 1986 по 1993 гг. Теплые периоды для данной территории были более продолжительны, по 6-12 лет, их было три: 1940-1948 гг. 1950-1956,

1969-1985 гг. 1993-2015 гг. Самым жарким за период исследования был 2011 год, в который среднегодовая температура воздуха превысила норму на 2,8<sup>0</sup>С. За период 1940-2015гг. среднегодовая температура воздуха на станции Мургаб повысилась на 0,8<sup>0</sup>С (за базовый период тренд составил 0,36<sup>0</sup>С).

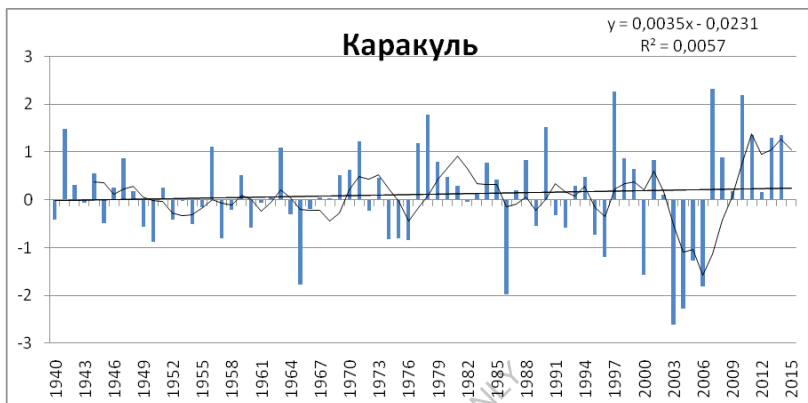


Рис. 2.7. Оклонение температуры воздуха от нормы на территории Каракуля за 1940-2015гг.

На территории Каракуля продолжительные теплые периоды длились 5-8 лет. Для Каракуля теплыми периодами можно считать года с 1977 по 1985, с 1997 по 2002 и с 2007 по 2014гг. За весь период наблюдений самыми теплыми были 1997 и 2007 гг., когда среднегодовая температура воздуха превысила норму на 2,3<sup>0</sup>С. Продолжительный холодный период был один-с 2003 по 2006 (3 года), а в самом холодном год был 2003, когда температура воздуха опустилась на 2,6<sup>0</sup>С ниже нормы. Тренд среднегодовой температуры воздуха за 1940-2015гг. оказался меньше тренда за базовый период и составил 0,3<sup>0</sup>С (за базовый период 0,48<sup>0</sup>С).

Таким образом, на территории Восточного Памира за период с 1940 по 2015 гг. как и за базовый период прослеживается рост средних годовых температур воздуха, но, в отличии от величины тренда базового периода, он не значителен (см. табл. 2.3 и 2.5).

Таблица 2.5



Изменение среднегодовой температуры воздуха за период  
1940-2015 гг. на Восточном Памире

	Коэффициент тренда	Величина тренда, °С
Мургаб	0.0107x-0,0232	0,8
Каракуль	0.0035x-0,0231	0,3

В сезонном распределении для Каракуля наибольший рост температур приходится на зиму и осень (1,44 и 0,97<sup>0</sup>С), для Мургаба же это весна (0,52<sup>0</sup>С), когда в Каракуле повышение температуры наименьшее (0, 48<sup>0</sup>С). Летние температуры в Мургабе имеют тенденцию к снижению (-0,50<sup>0</sup>С).

Таблица 2.6

Величина тренда температуры воздуха на Восточном Памире  
по сезонам за 1940-2015гг.

Станция	Высота	Зима	Весна	Лето	Осень
Мургаб	3576	0,17	0,52	-0,50	0,07
Каракуль	3932	1,44	0,48	0,92	0,97

**2.6. Изменение влагообеспеченности на Восточном Памире  
за период наблюдений с 1940 по 2015гг.**

Для изучения изменения влагообеспеченности Восточного Памира за период с 1940 по 2015гг. были использованы данные о годовом и сезонном количестве осадков по наблюдениям на метеорологических станциях Мургаб и Каракуль.

На рисунках 2.8 и 2.9 наглядно представлено отклонение годовых сумм осадков от среднего за базовый период в мм (1960-1990гг.) и линия тренда.

Смена засушливых и влажных периодов на территории Восточного Памира совпадает с общим ритмом такой изменчивости для всей республики (3-4 года). Засушливыми на территории метеостанции Мургаб были годы с 1945 по 1948 гг. с 1970 по 73гг. и с 1981 по 1985гг., самым сухим был 1946 год, когда осадков выпало 32% от нормы. Периоды с 1940 по 1944гг. и с 1949

по 1957гг. были влажными, а в 1944г. осадков выпало 184мм меньше нормы. На территории Мургаба наблюдается общее уменьшение количества осадков в течение 1940-2015гг., на 2,2%. По сравнению с изменением их количества за базовый период (-50,4%) это снижение незначительно.

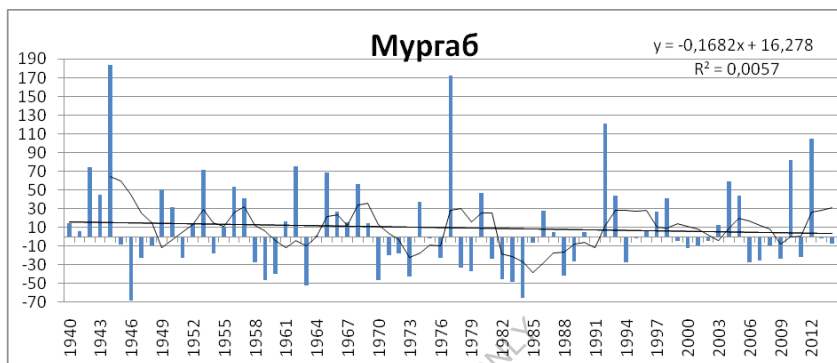


Рис. 2.8. Отклонение годовых сумм осадков (мм) от многолетней нормы на территории Мургаба.

На территории Каракуля количество осадков имеет иной характер изменчивости, периоды не имеют четкой периодичности. Засушливыми оказались периоды с 1940 по 1950 гг., с 1954 по 1958гг., с 1964 по 1986гг. самыми сухими были 1940 и 1941гг., в которые годовые суммы осадков были ниже нормы на 63мм. Наиболее влажными годами можно считать 1951 и 1962, когда годовые суммы осадков были на 60 мм выше нормы. Влажными оказались периоды с 1961 по 1964гг., с 1974 по 1986гг. и с 2008 по 2013гг. В течение 1940-2015 гг. на территории Каракуля наблюдается общее увеличение количества осадков, тренд составил +20,4% (табл. 2.7, 2.8), в отличие от базового периода, когда наблюдалось уменьшение их количества на 24,6%.

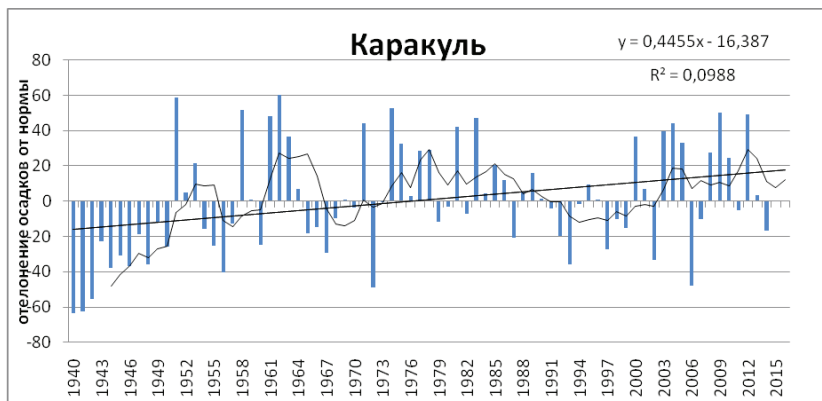


Рис. 2.9. Отклонение годовых сумм осадков (мм) от многолетней нормы на территории Каракуля.

Общее изменение количества осадков по станциям хорошо отражается и в сезонных данных. В Мургабе, как в количественном, так и в процентном выражении, наиболее значительное уменьшение наблюдается весной на 10,56 мм (на 2,12%), наименьшее в количественном выражении в зимний сезон на 0,24 мм (1,87%), а в процентном выражении – осенью, на 0,79% (3,72 мм).

Общее увеличение количества сезонных осадков по Каракулю нарушается их уменьшением в летний сезон на 1,8 мм (8,57%). Наибольшее увеличение в количественном выражении наблюдается весной (9,48%), а в процентном – осенью (38,37%). В таблицах 2.7 и 2.8 представлены величины тренда годовых и сезонных осадков на территории Восточного Памира в мм и %.

Таблица 2.7

Величина тренда годового и сезонного количества осадков на Восточном Памире за 1940-2015 гг. мм

Станция	Высота	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Мургаб	3576	-0,24	-10,56	-1,98	-3,72	-16,50
Каракуль	3932	4,56	9,48	-1,8	5,64	16,56

Таблица 2.8

Величина тренда годового и сезонного количества осадков  
на Восточном Памире за 1940-2015 гг. % к норме

Станция	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Мургаб	-1,87	-2,12	-1,61	-0,79	-2.2
Каракуль	35.08	28.99	-8.57	38.37	20.4

### Заключение к главе 2

1. За базовый период наблюдается снижение среднегодовой, максимальной и абсолютной минимальной температуры воздуха в котловине Яшилькуля (по данным метеорологической станции Булункуль) от 0,3 до 1,7<sup>0</sup>С, за один год этот коэффициент составляет от -0,009 до -0,056<sup>0</sup>С, по остальным же пунктам наблюдений идет рост температуры воздуха за исключением абсолютных минимальных температур, которые понизились на 0,45-1,71<sup>0</sup>С, за год этот коэффициент составляет -0,015-0,057<sup>0</sup>С.

2. Если для всего Земного шара в течение базового периода идет значительный рост абсолютных минимальных температур и менее значительный рост абсолютных максимальных температур, т.е. их амплитуда уменьшается, на территории Восточного Памира абсолютная минимальная температура падает, а абсолютная максимальная растет, т.е. их амплитуда увеличивается.

3. Для средних минимальных и средних максимальных температур воздуха характерны изменения, соответствующие ходу температур для всего Земного шара, т.е. идет незначительный рост максимальных и сильный рост минимальных температур воздуха.

4. За период наблюдений с 1940 по 2015гг. на территории Восточного Памира, прослеживается рост средних годовых температур воздуха, но, в отличие от величины тренда базового периода, он значительно меньше по величине. По анализу сезонных температур за 1940-2015гг. так же выявлено в основном их увеличение, за исключением падения летних температур в Мургабе. Рост температур так же не одинаков по сезонам. Для зоны Каракуля

наибольший рост температур приходится на зиму и осень, а для Мургаба на весну. Летние температуры в Мургабе имеют тенденцию к снижению.

5. В течение базового периода наблюдалось неравномерное уменьшение количества осадков на большей части Восточного Памира (от 8 до 50%). Исключение составила территория метеостанции Шаймак, где выпадение осадков в основном обусловлено выходом южных муссонов. Здесь наблюдается рост количества осадков (на 35%).

6. За период же с 1940 по 2015 гг. уменьшение количества осадков в Мургабе, по сравнению с базовым периодом, незначительно, на 2,2%, а на территории Каракуля наблюдается их увеличение на 20,4%, что близко к величине тренда за базовый период (24,6%).

Сезонные изменения осадков аналогичны годовому ходу - уменьшение количества в Мургабе и увеличение в Каракуле (за исключением лета, когда здесь идет их небольшое уменьшение).

## **Глава 3. ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАПАДНОГО ПАМИРА**

### **3.1. Характеристики метеорологических станций**

#### **Западного Памира**

Станция Хорог открыта в сентябре 1898 года [108, 110-113]. Расположена на высоте 2075 м над уровнем моря в западной части Памирского нагорья, в долине р. Гунт, притоке р. Пяндж. Ширина долины в районе станции не превышает 10-15 км. Климат недостаточно влажный, с теплым летом и умеренно-мягкой зимой. В самый холодный месяц среднемесячная температура воздуха отрицательная и составляет  $-7,9^{\circ}\text{C}$ , летом повышается до  $22,8^{\circ}\text{C}$ . Максимальное годовое количество осадков составляет 145 мм, основная их часть выпадает в холодный период года. Средняя скорость ветра меняется в пределах 0,3-1,9 м/с

Станция Дарвоз (Калайхум) открыта 8 мая 1932 года, расположена на высоте 1288 м над уровнем моря, в горах Западного Памира, в узкой долине р. Пяндж. Ширина долины в районе станции не превышает 400-500 м. Климат недостаточно влажный, с теплым летом и умеренно-мягкой зимой. Здесь даже в самый холодный месяц среднемесячная температура воздуха положительная, и составляет  $0,2^{\circ}\text{C}$ , а летом повышается до  $26,7^{\circ}\text{C}$ . Максимальное годовое количество осадков составляет 318 мм, основная часть выпадает в холодный период года. Средняя скорость ветра меняется в пределах 0,8-2 м/с. Число ясных дней по общей облачности 112.

Станция Ишкашим открыта 11 декабря 1933 года. Расположена на высоте 2523 м над уровнем моря, в горах западного Памира, в отрогах юго-западных склонов Шахдаринского хребта, в долине р. Пяндж. Климат сухой, с теплым летом и мягкой зимой. В самый холодный месяц среднемесячная температура воздуха составляет  $-8,3^{\circ}\text{C}$ , а летом повышается до  $19,8^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое количество осадков составляет 59 мм и выпадает в основном в теплый период года. Средняя скорость ветра меняется в пределах 0,9-2,7 м/с

Станция им. академика Горбунова открыта в 1933 году. Расположена на леднике Федченко на высоте 4169 м над уровнем моря в северо-западной части Памирского нагорья, в средней части Ледника Федченко. Климат сухой, с холодным летом и суровой малоснежной зимой. В самый холодный месяц среднемесячная температура воздуха составляет  $-17,1^{\circ}\text{C}$ , а летом повышается до  $3,7^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое количество осадков составляет 695 мм в холодный период года. Средняя скорость ветра меняется в пределах 4,0-7,4 м/с

Станция Джавшангоз открыта в октябре 1934 года. Расположена на высоте 3436 м над уровнем моря в отрогах южных склонов Шугнанского хребта, в долине р. Джавшангоз, являющейся притоком р. Шах-Дары. Ширина долины около 2 км. Климат сухой с умеренно-теплым летом и умеренно-суровой зимой. В самый холодный месяц среднемесячная температура воздуха составляет  $-17,9^{\circ}\text{C}$ , а летом повышается до  $12,4^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое количество осадков составляет 69 мм, большая часть выпадает в холодный период года. Средняя скорость ветра меняется в пределах 1,6-3,0 м/с

Станция Ирхт открыта 8 ноября 1938 года. Расположена на высоте 3275 м над уровнем моря, в центральной части Памирского нагорья, в узкой замкнутой долине р. Лангар. Климат сухой, с умеренно-теплым летом и умеренно-суровой зимой. В самый холодный месяц среднемесячная температура воздуха составляет  $-13,9^{\circ}\text{C}$ , а летом повышается до  $14,7^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое количество осадков составляет 59 мм, основная часть выпадает в холодный период года. Средняя скорость ветра меняется в пределах 1,3-2,5 м/с Число ясных дней 103 по общей облачности.

Станция Рушан открыта 1 марта 1945 года. Расположена на высоте 1981 м над уровнем моря, в горах Западного Памира, в высокогорной долине р. Бартаг, притока р. Пяндж. Ширина долины в районе станции не превышает 3-4 км. Климат недостаточно увлажненный, с теплым летом и умеренно-мягкой зимой. В самый холодный месяц среднемесячная температура воздуха составляет  $-5,1^{\circ}\text{C}$ , летом повышается до  $23,1^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое количество

осадков составляет 124 мм, большая часть выпадает в холодный период года. Средняя скорость ветра меняется в пределах 1,2-2,7 м/с Число ясных дней 107 по общей облачности.

Станция Хабурабад открыта 1 августа 1948года. Расположена на высоте 3347 м над уровнем моря на одной из вершин Дарвазского хребта, в 600 м от перевала Хабурабад. Климат сухой, с умеренно-теплым летом и умеренно-суровой снежной зимой. В самый холодный месяц среднемесячная температура воздуха составляет  $-12,2^{\circ}\text{C}$ , а летом повышается до  $10,3^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое количество осадков составляет 423 мм, большая часть выпадает в холодный период года. Средняя скорость ветра меняется в пределах 3,5-6,4 м/с

Метеорологические станции на территории Западного Памира находятся на различных высотах и экспозициях (см рис.3.1).

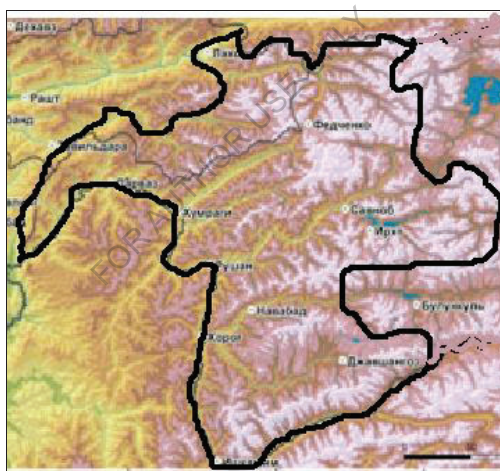


Рис. 3.1. Физико-географическое расположение метеорологических станций Западного Памира.

Станция Хумроги открыта в 1955 году. Расположена на высоте 1736 м над уровнем моря, в горах Западного Памира, на одном из отрогов северо-западных склонов Ванчского хребта, у слияния р.р. Пяндж и Ванч, где они образуют долину шириной 2-3 км. Климат недостаточно влажный, с умеренно-



теплым летом и умеренно-мягкой зимой. В самый холодный месяц среднемесячная температура воздуха составляет  $-2,0^{\circ}\text{C}$ , а летом повышается до  $26,0^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое количество осадков составляет 103 мм, большая часть выпадает в холодный период года. Средняя скорость ветра меняется в пределах 1,6-4,2 м/с Число ясных дней 107 по общей облачности.

### **3.2. Изменения термического режима Западного Памира за базовый период**

В данном параграфе приведены результаты исследования изменения температуры воздуха Западного Памира в аспекте глобального изменения климата [110-113].

Климатические изменения температурного фона Западного Памира рассчитаны по данным сети метеорологических станций, расположенных на различных высотных уровнях, так как для Западного Памира характерно разнообразие климатических зон на различных высотах над уровнем моря. Особенностью этого района является хорошая теплообеспеченность, значительно лучшая, чем на одних и тех же высотах в других районах. Очень разнообразны в районе условия увлажнения. Засушливость в нем возрастает в двух направлениях: с севера на юг и снизу-вверх.

Для изучения изменения температурного режима по высотам и во времени за период 1960–1990 гг. на территории Западного Памира были взяты данные метеостанций: Джавшангоз, Горбунова, Ирхт, Ишкашим, Дарваз, Рушан, Хабурабад, Хорог и Хумроги.

Анализ проведен по методике, представленной в параграфе 2.2. Ниже (рис.3.2-3.4) представлены графики хода температур на выбранных станциях и их тренд за базовый период (1960-1990гг). Годовые значения параметров температуры воздуха на графиках изображены ломаными линиями с различными маркерами, тренд-прямой темной линией. В таблице 3.1 представлены рассчитанные значения линейного уравнения, а в таблице 3.2-величина тренда

за 30 лет. В таблице 3.3 представлены значения тренда температуры воздуха за 30-ти летний период на различных высотах.

Таблица 3.1

Значения линейного уравнения ( $y = ax + b$ ) (коэффициент тренда) за базовый период (1960-1990гг.)

Станции	$T_{cp}$	$T_{cp,мин}$	$T_{cp,мак}$	$T_{абс мин}$	$T_{абс,мак}$
Дарваз	$0.008x + 13.98$	$0.007x + 8.767$	$0.024x + 19.70$	$0.047x + 39.19$	$0.083x - 9.80$
Хумроги	$0.009x + 11.98$	$0.033x + 7.50$	$-0.025x + 17.41$	$0.008x + 36.95$	$0.054x - 13.21$
Рушан	$0.006x + 9.88$	$0.0002x + 4.10$	$0.027x + 15.03$	$0.040x + 33.59$	$0.056x - 19.05$
Хорог	$0.017x + 8.71$	$0.025x + 2.95$	$0.028x + 15.08$	$0.065x + 34.16$	$0.047x - 21.28$
Ишкашим	$0.027x + 6.57$	$0.031x + 0.85$	$0.062x + 12.81$	$-0.012x - 20.68$	$0.123x + 29.81$
Ирхт	$0.011x + 0.96$	$0.013x + 4.37$	$0.003x + 5.74$	$-0.014x - 26.93$	$0.065x + 26.22$
Хабурабад	$0.008x - 1.40$	$0.022x - 4.44$	$0.027x + 15.03$	$0.024x - 23.96$	$0.019x + 19.02$
Джавшангоз	$0.025x - 2.08$	$0.057x - 10.23$	$0.003x + 5.74$	$0.001x - 36.35$	$0.053x + 25.81$
Горбунова	$0.018x - 7.18$	$0.022x - 9.95$	$0.009x - 3.80$	$0.025x - 27.85$	$0.062x + 12.48$

За период с 1960 по 1990 гг. (таблица 3.2) для всех станций практически по всем параметрам температуры воздуха тренд положительный, от 0,01 до 3,69<sup>0</sup>С, исключение составили средняя максимальная температуры воздуха на территории Хумраги (-0,75<sup>0</sup>С), и абсолютная минимальная температуры воздуха на станциях Ишкашима (-0,35<sup>0</sup>С) и Ирхт (-0,42<sup>0</sup>С).

Сильный рост среднегодовой температуры воздуха отмечается на территории Ишкашима (+0,80<sup>0</sup>С), Джавшангозана (+0,74<sup>0</sup>С) и станции им. Горбунова (+0,53<sup>0</sup>С).

В среднем по всей территории Западного Памира температура воздуха повысилась, наименьшее повышение среднегодовой температуры воздуха (+0,43<sup>0</sup>С), а наибольшее - абсолютной максимальной температуры (+1,86<sup>0</sup>С). Среднегодовая максимальная температуры воздуха повысилась на 0,53<sup>0</sup>С, а среднегодовая минимальная на 0,76<sup>0</sup>С. Абсолютная минимальная температура воздуха увеличилась на 0,61<sup>0</sup>С.

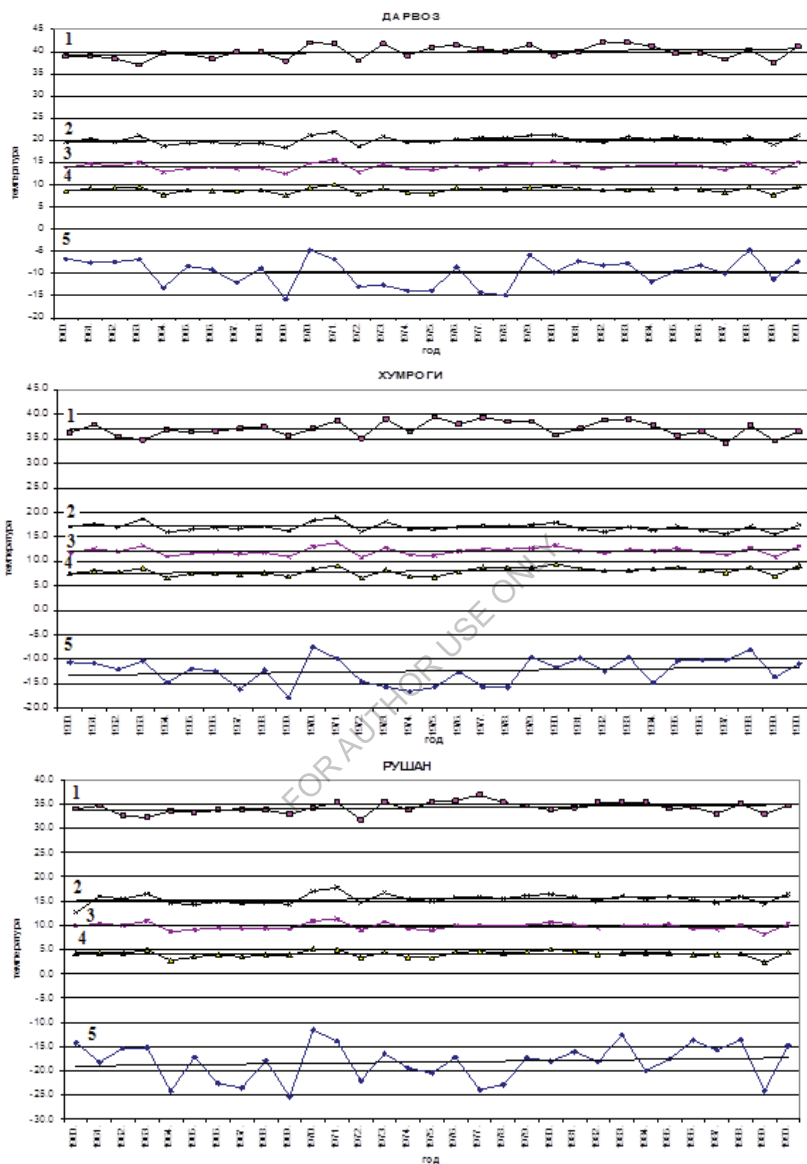


Рис. 3.2. Трендовый анализ изменения температуры воздуха за базовый период на станциях Дарвоз, Хумроги и Рушан. (1 - абсолютный максимум, 2 - средний максимум, 3 - среднее значение, 4 - средний минимум, 5 - абсолютный минимум).

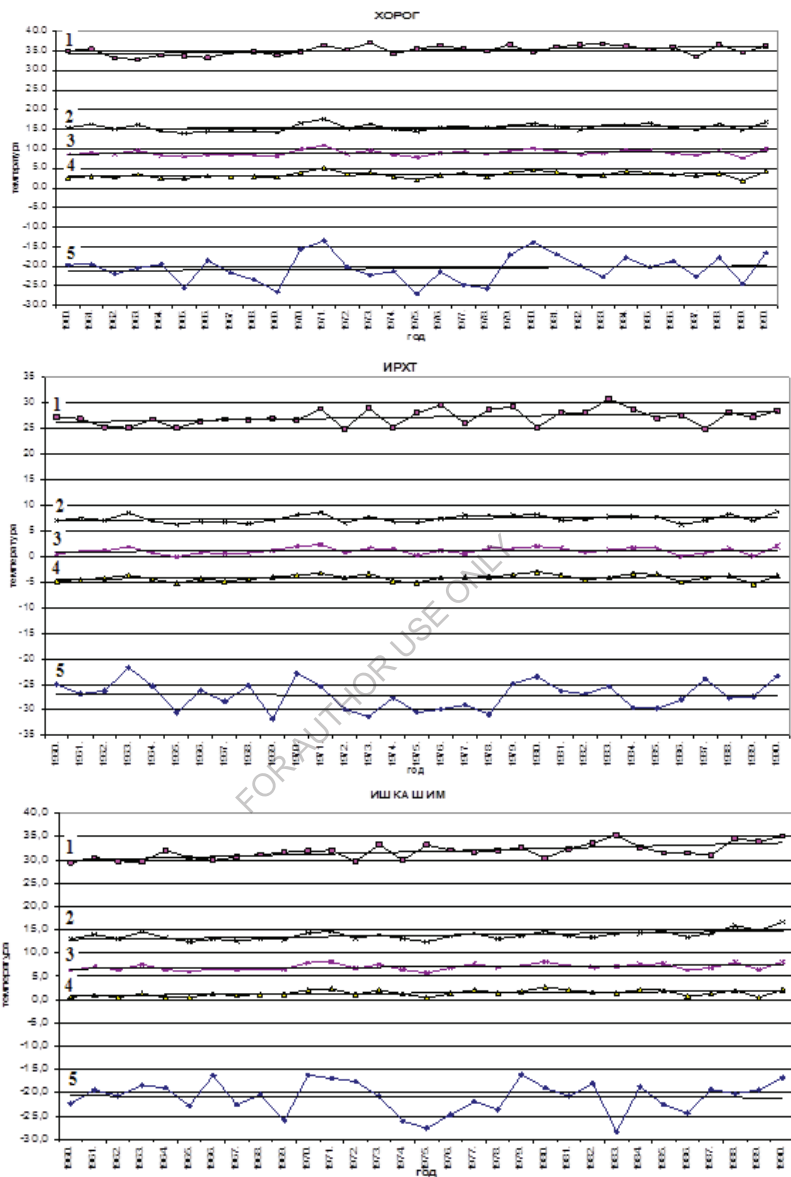


Рис. 3.3. Трендовый анализ изменения температуры воздуха за базовый период на станциях Хоргоге Ирхт и Ишкашим. (1 - абсолютный максимум, 2 - средний максимум, 3 - среднее значение, 4 - средний минимум, 5 - абсолютный минимум).

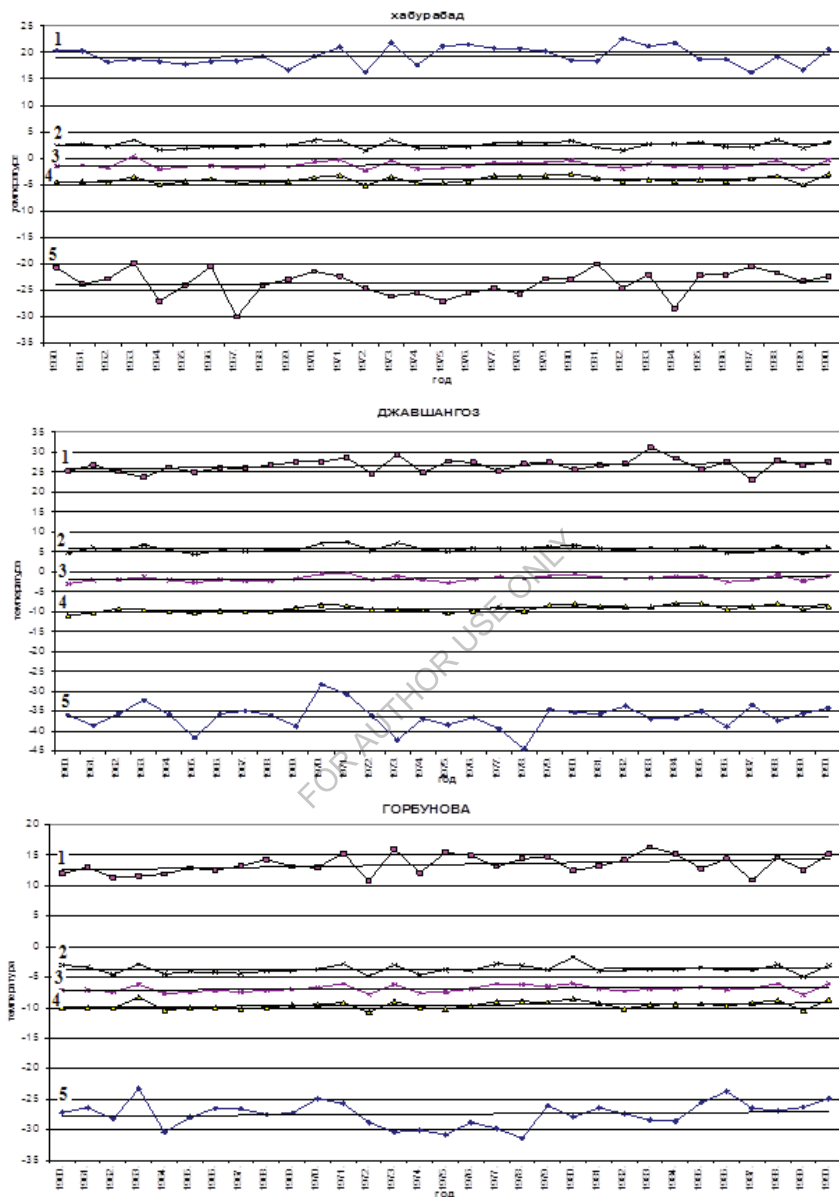


Рис. 3.4. Трендовый анализ изменения температуры воздуха за базовый период на станциях Хабурабад, Джавшангоз и им. академика Горбунова (1 - абсолютный максимум, 2 - средний максимум, 3 - среднее значение, 4 - средний минимум, 5 - абсолютный минимум).

Таблица 3.2

Величина тренда температуры воздуха на Западном Памире за базовый период (1960-1990гг.)

Станции	T <sub>ср</sub>	T <sub>ср.мин</sub>	T <sub>ср.мак</sub>	T <sub>абс мин</sub>	T <sub>абс.мак</sub>
Дарваз	0.23	0.20	0.72	1.41	2.49
Хумроги	0.28	0.99	-0.75	0.24	1.62
Рушан	0.19	0.01	0.81	1.20	1.68
Хорог	0.51	0.75	0.84	1.95	1.41
Ишкашим	0.80	0.93	1.86	-0.36	3.69
Ирхт	0.32	0.39	0.09	-0.42	1.95
Хабурабад	0.23	0.66	0.81	0.72	0.57
Джавшангоз	0.74	1.71	0.09	0.03	1.59
им. Горбунова	0.53	0.66	0.27	0.75	1.86
Средний	0.43	0.76	0.53	0.61	1.87

Климатические изменения температурного фона Западного Памира характеризуются данными сети станций расположенных на разных высотных уровнях и для различных высот эти изменения не одинаковы. Для изучения особенностей изменения температуры воздуха на различных высотах все метеорологические станции, расположенные на Западном Памире, мы разделили на четыре высотных зоны по 1000 м: 1000-2000 м над уровнем моря (Дарваз, Хумроги, Рушан); 2000-3000 м над уровнем моря (Хорог, Ишкашим); 3000-4000 м над уровнем моря (Ирхт, Хабурабад, Джавшангоз); и от 4000 и выше м над уровнем моря (им. Горбунова).

Расчеты и анализ изменения температуры воздуха по высотам за базовый период показывают ее рост на всех высотных уровнях. Это означает усиление таяния снега и уменьшение снеготпасов и ледникового покрова на всех высотах, что обуславливает увеличение стока рек в течение этого периода и сильное сокращение ледников.

Таблица 3.3

Значения тренда температуры воздуха на различных высотах  
за базовый период

Высоты, м н.у.м.	$T_{\text{ср}}$	$T_{\text{ср.мин}}$	$T_{\text{ср.мак}}$	$T_{\text{абс мин}}$	$T_{\text{абс.мак}}$
1000-2000	0.23	0.50	0.26	0.95	1.93
2000-3000	0.65	0.84	1.35	0.80	2.55
3000-4000	0.43	0.92	0.33	0.11	1.37
4000 и выше	0.53	0.66	0.27	0.75	1.86
Среднее	0.43	0.76	0.53	0.61	1.87

На высотах от 1000 до 2000 м и от 2000 до 3000 наблюдался наименьший рост средних температур и наибольший-абсолютных максимальных (от 0,23 до 1,93<sup>0</sup>С и от 0,65 до 2,55<sup>0</sup>С соответственно). На уровнях 3000-4000 м и выше 4000 так же произошло наибольшее увеличение абсолютной максимальной температуры воздуха (1,37 и 1,86<sup>0</sup>С соответственно). Наименьшее же увеличение для высот 3000-4000 м приходится на абсолютный минимум (на 0,11<sup>0</sup>С), а выше 4000 м на средний максимум (на 0,27<sup>0</sup>С).

Так же выявлено, что за базовый период наблюдается очень сильный рост абсолютной максимальной температуры воздуха на всех высотных уровнях (на 1,37-2,55<sup>0</sup>С). Наименьшее увеличение тренда характерно для средней температуры воздуха, кроме высотного уровня 3000-4000 м, где произошло наименьшее увеличение абсолютной минимальной температуры воздуха и средней максимальной выше 4000 м с повышением на 0,27<sup>0</sup>С.

### 3.3. Изменение влагообеспеченности Западного Памира за базовый период

Выше, в параграфе 3.2 были изложены результаты исследования изменения температуры воздуха в Таджикской зоне Памира, в ее Западной части за базовый период. Далее приведены результаты изучения изменения коли-

чества осадков за базовый период для той же территории. Анализ проведен по методике, представленной в параграфе 2.2.

Для изучения изменения режима влагообеспеченности по высотам и во времени за период 1960-1990 гг. были использованы данные по осадкам тех же метеостанций, что и для температуры воздуха [110-115]. По результатам анализа были построены графики и таблицы.

Изменение количества осадков хорошо видны на графиках (рис. 3.5-3.7). Значения годового количества осадков на графиках изображены ломаными линиями, тренд-прямой темной линией. В таблице 3.4 представлены рассчитанные значения линейного уравнения (коэффициент тренда), норма (среднее количество осадков за базовый период), величина тренда за базовый период в мм и в % к норме. В таблице 3.5 - величина тренда в мм и % к норме за базовый период по высотным зонам.

Если тренд температуры воздуха за базовый период по всей территории Западного Памира однозначно положительный, то для изменения количества осадков эти изменения не однозначны (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Изменение количества осадков за базовый период (1960-1990гг.)  
на территории Западного Памира

Название станции	Высота м.н.у.м.	Коэффициент тренда	Норма осадков, мм	Величина тренда за период, мм	В процентах от нормы, %
Дарваз	1288	$0,9718x+963,0$	469,1	29,1	6,2
Хумроги	1736	$0,2725x+201,9$	206,3	8,1	3,9
Рушан	1955	$1,208x+238,0$	257,1	36	14,0
Хорог	2075	$1,1746x+262,0$	280,8	35,1	12,5
Ишкашим	2524	$-0,1909x+109,13$	106,1	-5,7	-5,4
Ирхт	3275	$0,4634x+133,9$	143,6	18	12,5
Хабурабад	3374	$-2,7071x+727,6$	682,6	-84,3	-12,3
Джавшангоз	3410	$-2,1214x+292,96$	259,0	-63,6	-24,6
им.ак.Горбунова	4169	$11,627x+963,0$	1188,4	42,3	3,6



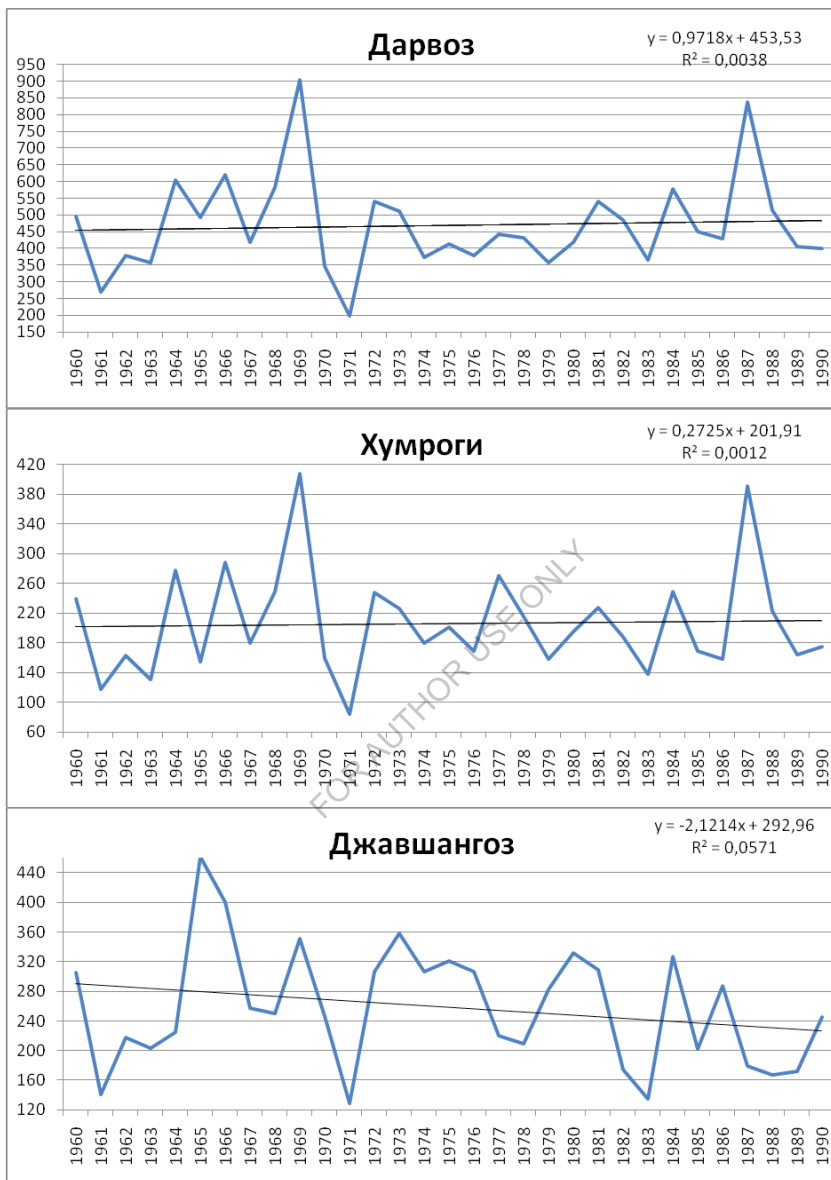


Рис. 3.5. Трендовый анализ изменения количества осадков на станциях Дарвоз, Хумраги, Джавшангоз.

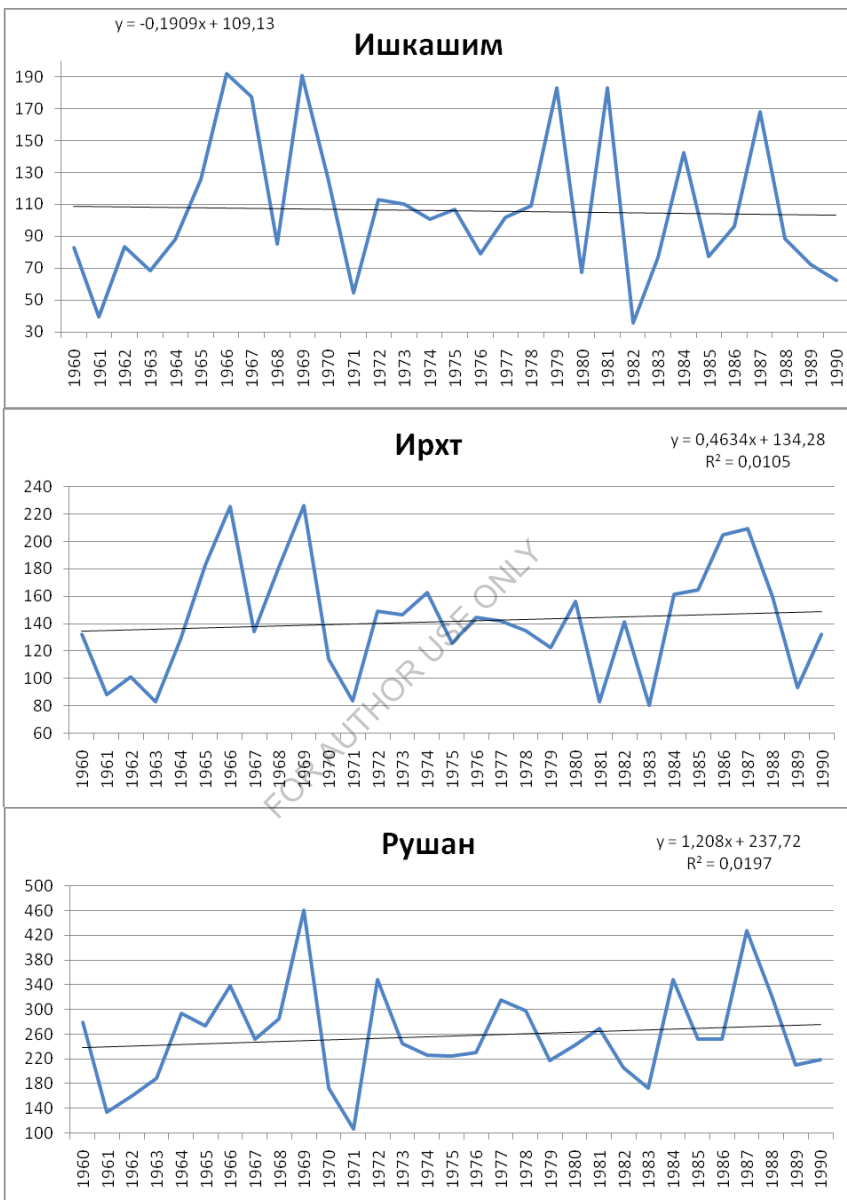


Рис. 3.6. Трендовый анализ изменения количества осадков на станциях Ишкашим, Ирхт, Рушан.

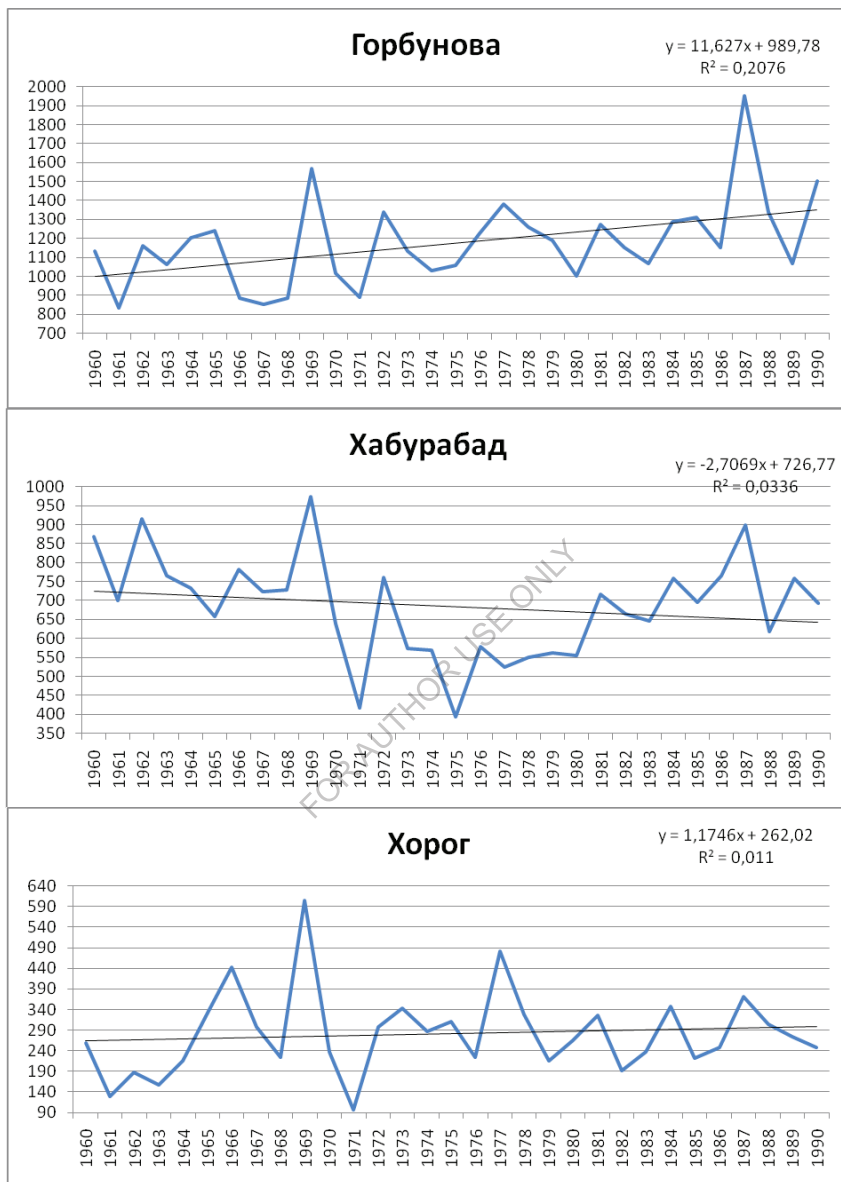


Рис. 3.7. Трендовый анализ изменения количества осадков на станциях им.Горбунова, Хабурбад, Хорог.

На территории Ишкашима, Хабуробада и Джавшангоза наблюдается снижение количества осадков (на 5,4%, 12,3% и 24,6% соответственно).

Наибольшее увеличение осадков (на 36 мм или 14%) за базовый период наблюдается на территории Рушана. Наиболее сильное снижение в количественном отношении - на территории Хабуробада (84,3 мм или 12,3%), а в % к норме в Джавшангозе (-24,6% или 63,6 мм). По результатам трендового анализа количества осадков по высотным зонам выявлена неоднозначность их изменения в зависимости от высотности [112-113].

На высотах от 1000 до 2100 метров над уровнем моря количество осадков возросло от 6,2% до 14,0% (Хумроги, Рушан) от высоты 2500 до 4000 количество осадков уменьшилось от 5,1% до 50% (Ишкашим) за исключением Ирхта, здесь количества осадков увеличилось на 12,5%. На высоте 4000 и более количество осадков возросло на 3,6%.

Таблица 3.5

Величина тренда количества осадков на различных высотах  
за базовый период.

Высота, м н.у.м.	Величина тренда, мм	Величина тренда, %
1000-2000	24,4	8,0
2000-3000	14,7	3,6
3000-4000	-15,1	-10,3
Выше 4000	42,3	3,6

По высотному усреднённому анализу (табл. 3.5), до высоты 3000 м н.у.м. количество осадков увеличилось на высотах 1000-2000 и 2000-3000 м, от 3000 до 4000 м уменьшилось и свыше 4000 опять наблюдается рост количества осадков.

По территориальному распределению трендовый анализ показывает уменьшение количества осадков по всей территории за исключением юго-восточной части, здесь количество осадков растёт.

### 3.4. Изменение температуры воздуха за весь период наблюдений Западного Памира

При изучении изменения температуры воздуха за весь период наблюдений использовались те же методы, что и в анализе изменения температур за базовый период. Методология представлена в параграфе 2.2. В анализе использовались данные по средним годовым температурам воздуха на метеостанциях Джавшангоз, Ишкашим, Хорог и Дарваз за период 1940-2015 гг. В графиках (рис. 3.8-3.11) гистограммой представлены отклонения средних годовых температур воздуха от нормы, прямой черной линией линейный тренд и ломаной черной-пятилинейный фильтр. В таблице 3.6 представлены данные расчета коэффициента величины тренда среднегодовой температуры воздуха за период наблюдений с 1940 по 2015гг. В таблице 3.7-величина тренда сезонных температур.

Таблица 3.6

Тренд температуры воздуха за период 1940-2015гг.  
на территории Западного Памира

Название станции	Высота м.н.у.м.	Коэффициент Тренда	Величина тренда за 1940-2015 гг. °C
Дарваз	1288	0,0142x-0,2638	1,1
Хорог	2075	0,012x-0,1465	0,9
Ишкашим	2524	0,0101x-0,0841	0,8
Джавшангоз	3410	0,0147x-0,5694	1,1

На территории Джавшангоза за исследуемый период самым холодным годом был 1949г., когда среднегодовая температура воздуха была на 1,5<sup>0</sup>C ниже нормы. Холодные периоды были реки (2 случая продолжительностью 3 и 4 года с 1948-1950гг. и 1964-1968гг.) и обычно сменялись теплыми периодами или годами. Самым теплым годом был для Джавшангоза был 2009 год с температурой на 3 градуса выше нормы, а продолжительные теплые периоды наблюдались с 1976 по 1985 гг. и с 2006 по 2015гг. Теплые периоды продолжительностью 3-4 года случались 5 раз (рис. 3.8).

За весь период наблюдений температура воздуха на территории Джавшангоза увеличилась, тренд составил  $1,1^{\circ}\text{C}$  (за базовый период  $+0,74^{\circ}\text{C}$ ) (табл. 3.6).

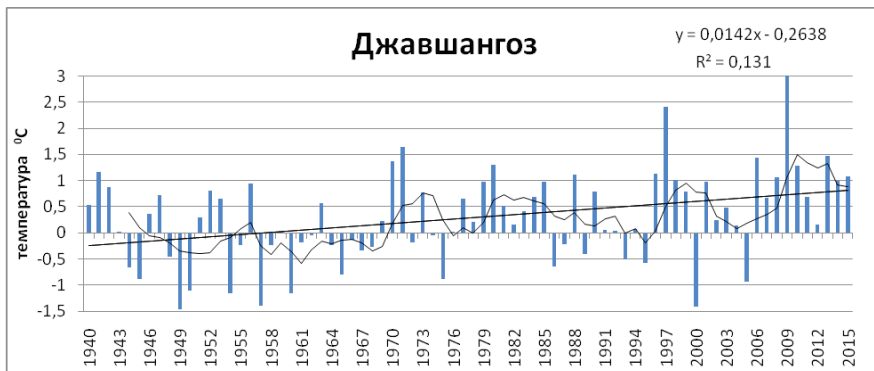


Рис. 3.8. Колебания температуры воздуха на территории Джавшангоза.

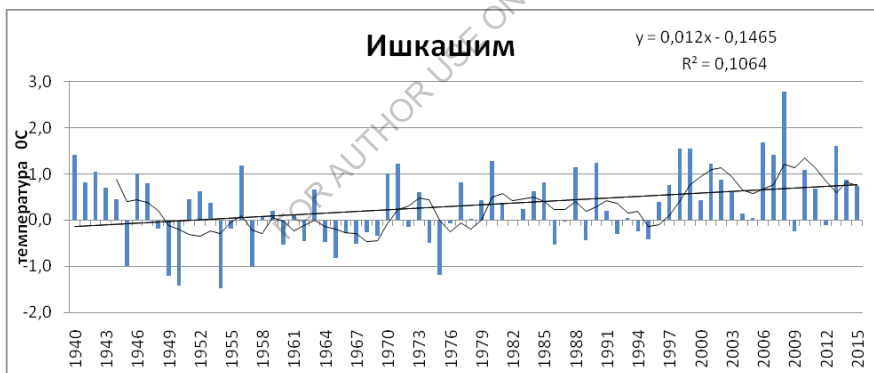


Рис. 3.9. Колебания температуры воздуха на территории Ишкашима.

На территории Ишкашима самым холодным годом был 1949 и 1954 гг. когда среднегодовая температура воздуха опускалась ниже нормы на  $1,4$  и  $1,5^{\circ}\text{C}$  соответственно, а продолжительным холодным периодом можно считать 1957-1968гг. Теплых периодов на территории Мургаба было намного больше и они были более длительными, 5-13 лет. Эжто периоды с 1940 по 1944 гг. с 1977 по 1985 гг. с 1996 по 2008 гг. и с 2010 по 2015гг., а самым

теплым был 2008год, когда средняя температура воздуха поднялась выше нормы на 2,8<sup>0</sup>С. За весь период наблюдений наблюдался так же рост средне-годовых температур воздуха (рис. 3.9).

Тренд средних годовых температур по станции Ишкашим положительный, величина тренда за весь период наблюдений, как и за базовый, составила 0,8<sup>0</sup>С (табл. 3.6).

Самым холодным годом для территории Хорога был 1957г. со средней годовой температурой на 1,5<sup>0</sup>С ниже нормы, а самый длинный холодный период продолжался с 1964 по 1969 гг. кроме него можно отметить один 3-х-летний холодный период-с 1948 по 1950гг. Самым теплым годом в Хороге был 1997г, средняя температура этого года была выше нормы на 2,4<sup>0</sup>С. Наибольшая продолжительность теплого периода-9 лет, с 1996 по 2004гг., кроме него наблюдалось 5 периодов по 3-4 года (рис. 3.10).

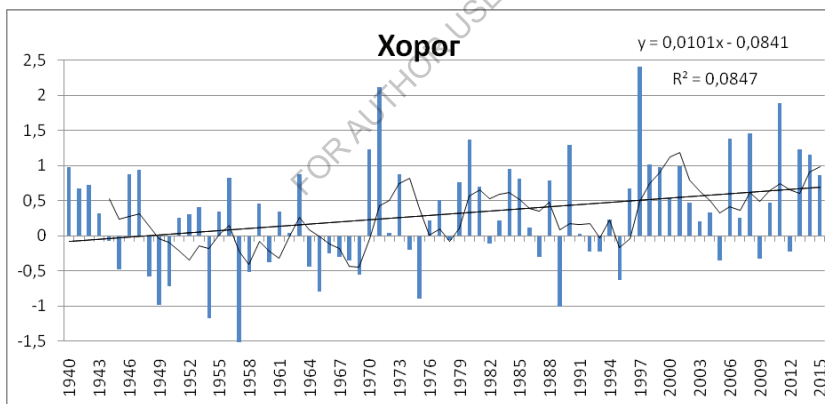


Рис. 3.10. Колебания температуры воздуха на территории Хорога.

За весь исследуемый период наблюдается рост средних годовых температур воздуха на 0,9<sup>0</sup>С, что больше величины тренда базового периода (0,51<sup>0</sup>С) (табл. 3.6).

Наиболее продолжительным холодным периодом (13 лет) для Дарвоза можно считать 1942-1954 гг. (с перерывом в 1947г), можно так же отметить пе-

риоды 1964-1969 гг. и 1991-1997 гг. а самым холодным годом был 1950 г. при средней температуре воздуха на 2,2<sup>0</sup>С ниже нормы. Продолжительный теплый период наблюдался с 1998 по 2015гг., а самым теплым годом был 2002г со средней температурой воздуха на 1,7<sup>0</sup>С выше нормы (рис. 3.9).

Тренд за весь период наблюдений составил 1,1<sup>0</sup>С, что на много превысило тренд за базовый период (0,23<sup>0</sup>С) (табл. 3.6).

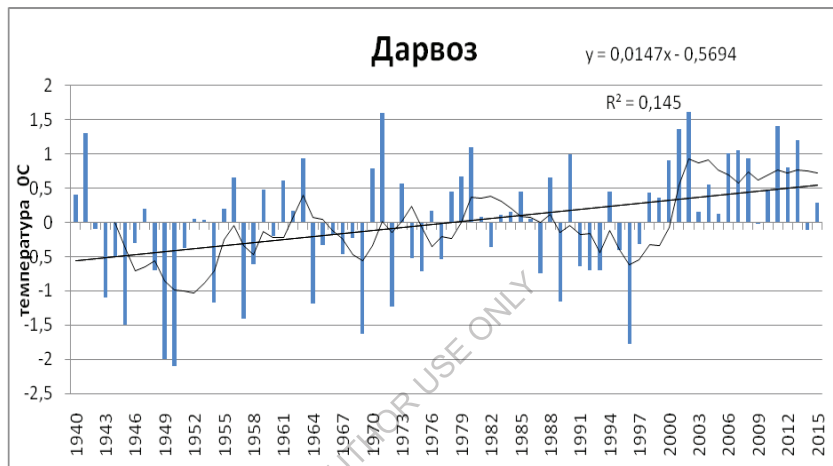


Рис. 3.11. Колебания температуры воздуха на территории Дарвоза.

Таким образом, изменение средней температуры воздуха за весь период наблюдений соответствует ее изменению за базовый период, но отличается по величине. Наблюдается общий рост среднегодовых температур воздуха на территории Западного Памира. Для анализа изменения сезонных характеристик выбранных станций мы провели расчеты тренда средней сезонной температуры воздуха (табл. 3.7).

Трендовый анализ средних сезонных температур показал, что в основном температуры воздуха по сезонам растут, за исключением весеннего периода в Дарвазе и летнего в Хороге, где тренд средних сезонных температур был отрицательным. Повышение температуры в зимний период составило от



0,11<sup>0</sup>С в Дарвазе до 1,57<sup>0</sup>С в Хороге, а в осенний период от 0,10<sup>0</sup>С в Хороге до 0,71<sup>0</sup>С в Дарвазе. Весенний период наблюдается понижение температуры в Дарвазе на 0,46<sup>0</sup>С. По другим станциям температура в этот период возросла от 0,32 до 1,09<sup>0</sup>С. Летом наблюдается понижение температуры в Хороге на 0,08<sup>0</sup>С, а для остальной территории температура повысилась от 0,22 до 0,66<sup>0</sup>С (табл. 3.7).

Таблица 3.7

Величина тренда средних сезонных температур воздуха за период 1940-2015 гг. на территории Западного Памира, <sup>0</sup>С

Станция	Высота	Зима	Весна	Лето	Осень
Дарвоз	1288	0,11	-0,46	0,26	0,71
Хорог	2075	1,57	1,09	-0,08	0,10
Джавшангоз	3436	0,55	0,59	0,66	0,3
Ишкишим	2523	1,03	0,96	0,42	0,79

### 3.5. Изменение влагообеспеченности за весь период наблюдений Западного Памира

При изучении изменения влагообеспеченности за весь период наблюдений использовались те же методы, что и в анализе изменения температур. Методология представлена в параграфе 2.2. В анализе использовались данные по средним годовым суммам осадков на метеостанциях Джавшангоз, Ишкочим, Хорог и Дарваз за период 1940-2015гг.

В графиках (рис. 3.12-3.17) гистограммой представлены отклонения годовых сумм осадков от нормы, прямой черной линией линейный тренд и ломаной черной-пятилинейный фильтр. В таблице 3.8 представлены данные расчета коэффициента тренда количества осадков за период наблюдений с 1940 по 2015гг. В таблицах 3.9-3.10 представлена величина тренда сезонных осадков.

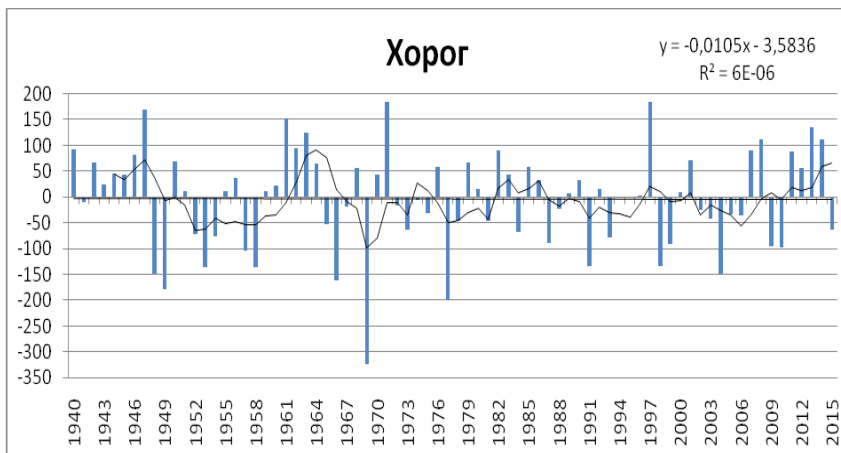


Рис 3.12. Колебание количества осадков на территории  
Хорога.

По данным станции Хорог, на данной территории самыми влажными годами были 1971 и 1997, с количеством осадков на 183 и 184 мм выше нормы соответственно. продолжительные влажные периоды наблюдались с 1940 по 1947 гг. с 1960 по 1964 гг. и с 2011 по 2014 гг. Продолжительные засушливые периоды отмечались с 1952 по 1954 гг. и с 2002 по 2006 гг. Самым засушливым годом был для Хорога 1969 г с количеством осадков на 322 мм ниже нормы (рис 3.12).

За период 1940-2015 гг. по станции Хорог наблюдалось незначительное уменьшение количества осадков (-0,8 мм или -0,3%), в отличие от сильного увеличения их количества за базовый период (35,1 мм или 12,5%) (табл. 3.8).

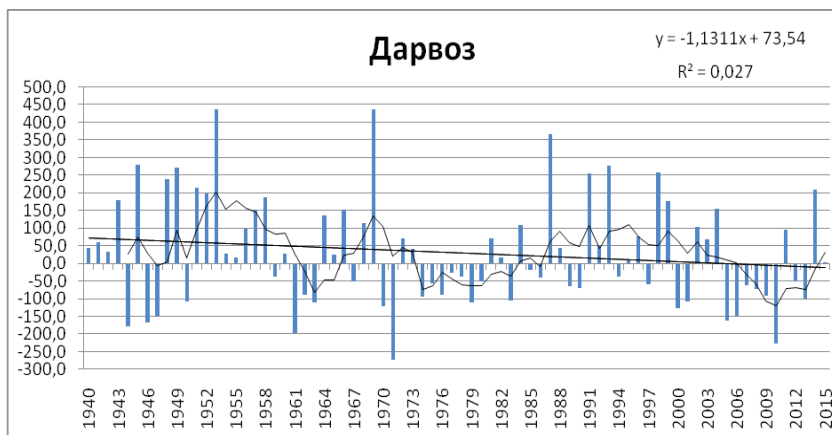


Рис 3,13. Колебание количества осадков на территории Дарвоза

Для Дарвоза графический анализ за этот же период даёт следующие результаты: продолжительные влажные периоды наблюдались с 1940 по 1945 гг. и с 1950 по 1958 гг. кроме них было несколько влажных периодов продолжительностью по 3 года, а самыми влажными годами были 1953 и 1969 с количеством осадков на 436,5 мм и 435,5 мм выше нормы соответственно. Продолжительными засушливыми периодами были 1974-1980 гг. и 2005-2010гг., а самым сухим годом был 1971г, когда осадков выпало на 272 мм меньше нормы (рис 3.13).

Наблюдается значительное уменьшение количества осадков за исследуемый период (-84,8мм или -18,1%), в то время как за базовый период тренд положительный (29,1мм или 6,2%) (табл. 3.8).

На территории Джавшангоза продолжительными сухими периодами были 1941-1944 гг. 1961-1964 гг. 1987-1990 гг. и 2011-2015гг., а самым засушливым был 2008г с количеством осадков на 83,3 мм меньше нормы. Достаточно продолжительными (по 5 лет) влажными периодами были 1965-1969, 1972-1976, 1991-1995, кроме них наблюдалось несколько влажных периодов по 3-4 года, а самым влажным был 1949г. с количеством осадков на 114,3 мм выше нормы (рис. 3.14).



Рис 3.14. Колебание количества осадков на территории Джавшангоза.

На территории Джавшангоза за период с 1940 по 2015 гг. наблюдается уменьшение количества осадков (-22,1 мм или -15,4%), как и за базовый период (-63,6мм или -24,6%), но несколько слабее (табл. 3.8).

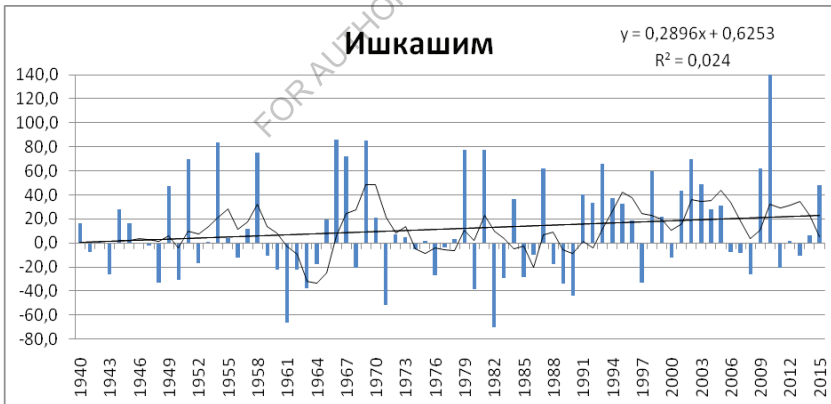


Рис 3,15. Колебание количества осадков на территории Ишкашима

На территории Ишкашима довольно продолжительным засушливым был 1 период-с 1959 по 1964 гг. кроме него было несколько сухих периодов по 3 года. Самым сухим годом был 1982г с количеством осадков на 70,1 мм

ниже нормы. Продолжительных влажных периода было 2: с 1991 по 1996 гг. и с 2001 по 2005гг., наиболее влажным был 2010г с количеством осадков на 140,5 мм выше нормы (рис. 3.15).

На территории станции Ишкашим за период 1940-2015гг. наблюдается небольшой рост количества осадков (2,2 мм или 2%), за базовый же период тренд был отрицательным (-5,7 мм или -5,4%) (табл. 3.8).

Таблица 3.8

Тренд количества осадков за период 1940-2015гг.  
на территории Западного Памира

Название станции	Коэффициент тренда	Величина тренда, мм	Норма осадков, мм	Величина тренда, %
Дарваз	$-1,1311x+73,54$	-84,8	469,1	-18,1
Хорог	$-0,0105x-3,5836$	-0,8	280,8	-0,3
Джавшангоз	$-0,2947x+10,834$	-22,1	143,3	-15,4
Ишкашим	$0,02896x+0,6253$	2,2	106,1	2,0

Наряду с изменением годового количества осадков за период с 1940 по 2015гг. наблюдается сезонное их перераспределение. Наиболее сильные изменения в сезонном распределении осадков наблюдаются на территории Дарваза. Здесь, при общем уменьшении годового количества осадков, наблюдается незначительное их уменьшение зимой (-1,77 мм или -1,1%), сильное уменьшение весной (-89,48 мм или -41,7%) .

Летом же и осенью количество осадков, наоборот, увеличилось. В летний период наблюдается очень сильное увеличение (50,27 мм или 179,6%), и гораздо меньшее увеличение осенью (13,05 мм или 20%).

На территории Хорога и Джавшангоза изменение сезонных осадков имеет тот же знак, что и в Дарвазе, но отличается величиной изменений. В хороге наибольшее увеличение приходится на лето (4,98 мм или 41,9%), а в Джавшангозе-осенью (7,74 мм или 47,4%). На территории Ишкашима увели-

чение количества осадков характерно для всех сезонов. Здесь наибольшее увеличение в количественном отношении приходится на весну (10,70 мм), а в процентном отношении-на осень (57,2%) (табл. 3.9-3.10).

Таблица 3.9

Величина тренда годового и сезонного количества осадков  
на Западном Памире за период с 1940 по 2015 гг. мм

Станция	Высота	Зима	Весна	Лето	Осень
Дарвоз	1288	-1.77	-89.48	50.27	13.05
Хорог	2075	-1.99	-0.60	4.98	0.55
Джавшангоз	3436	-6.45	-18.54	0.06	7.74
Ишкашим	2523	2.09	10.70	2.86	6.75

Таблица 3.10

Величина тренда годового и сезонного количества осадков  
на Западном Памире за период с 1940 по 2015 гг. %

Станция	Высота	Зима	Весна	Лето	Осень
Дарвоз	1288	-1.1	-41.7	179.6	20.0
Хорог	2075	-2.0	-0.5	41.9	1.4
Джавшангоз	3436	-16.7	-26.4	0.3	47.4
Ишкашим	2523	11.6	15.8	33.2	57.2

### Заключение к главе 3

1. По территории Западного Памира исследование температурных показателей за базовый период показывает рост средних годовых, максимальных и минимальных температур, а также их абсолютных значений. По усредненным изменением температур на различных высотах в данной климатической зоне выявлено, что более сильный рост температуры наблюдается в среднем на высоте 2000-3000м и свыше 4000м.

2. За период 1940-2015 гг. знак изменения средних годовых температур соответствует базовому периоду, но по величине увеличение несколько больше базового. По сезонам также наблюдается рост средних температур воздуха.

3. Если для Восточного Памира тренд количества атмосферных осадков за базовый период был преимущественно отрицательным, то для Западного Памира имеет иную картину, здесь изменение количества осадков зависит от орографии и высотности. Прирост количества осадков наблюдается в основном по всей ее территории, от 3,9 до 14%, но на возвышенностях Хабурарабад и Джавшангоз и в Ишкашима отмечается их уменьшение. По высотам наблюдается в основном увеличение количества осадков за исключением высот от 3000 до 4000м.

4. За период наблюдений с 1940 по 2015 гг. в отличие от базового периода, на территории Западного Памира наблюдается уменьшение количества осадков (кроме Ишкашима). В сезонных изменениях наблюдается уменьшение количества осадков в зимне-весенний период и их прирост летом и осенью. Здесь так же исключение составляет Ишкашим - здесь наблюдается рост их количества во все сезоны.

## Глава 4. ИЗМЕНЕНИЕ СТОКА Р. ПЯНДЖ И ЕЁ ПРИТОКОВ

Река Пяндж расположена в наиболее возвышенном районе Средней Азии. Бассейн р. Пяндж, включающий бассейны рек Шахдара, Гунт, Бартанг, Язгулем, Ванч, занимает большую часть Памира и юг Таджикистана. Памирская часть бассейна охватывает почти всю его территории (95%). Территория водосбора простирается до отметок свыше 6000 м. На юге водораздельная линия проходит по Гиндукушскому хребту, гребень которого выдается до 5000-7000 м. н.у.м. [15, 31-33, 41, 116].

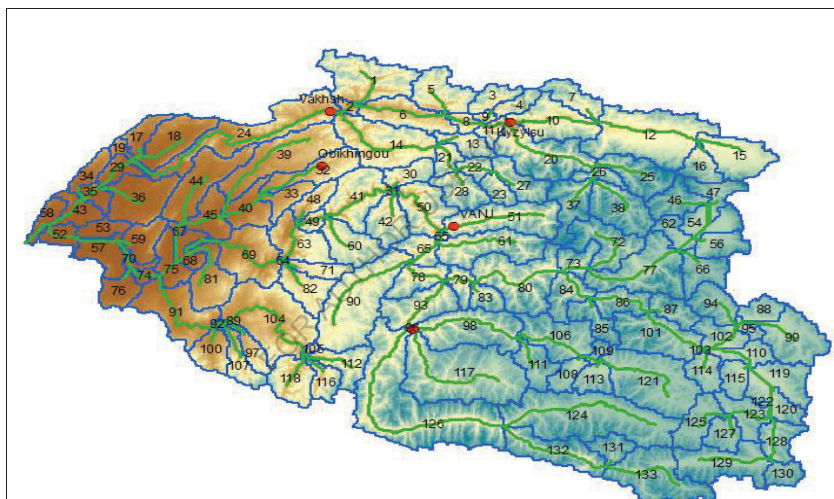


Рис. 4.1. Схема бассейна р. Аму-Пяндж и ее притоков.

В восточной части хребта имеются огромные поля вечных снегов и значительное количество крупных ледников. Общее число ледников в водосборе р. Пяндж исчисляется сотнями, что и обуславливает характер питания р. Пяндж и ее главных притоков, относящихся к рекам ледниково-снегового питания. Значительная часть водосбора р. Пяндж находится в неблагоприятных условиях увлажнения атмосферными осадками. Общий среднегодовой



сток р. Пяндж у замыкающего створа «Нижний Пандж» более  $1000 \text{ м}^3/\text{с}$ , что соответствует среднему модулю стока  $M=8,8 \text{ л/с км}^2$  [29].

Истоком р. Пяндж является р. Вахандарья, начало которой носит название Вахджир. Река Вахджир берет начало от ледника Вревского на северном склоне восточных отрогов Гиндукуша на высоте более 5000м. н.у.м. Пройдя 216 км, Вахандарья принимает справа р. Памир, вытекающую из оз.Зоркуль. На всем протяжении р. Пяндж является государственной границей между республикой Таджикистан и исламской республикой Афганистан.

По современным данным, на территории Памира насчитывается 6246 ледников, с общей площадью оледенения  $7493 \text{ км}^2$ , что составляет 11% от общей площади Памира. Примерный общий объем ледников  $470 \text{ км}^3$ . Из общей площади оледенения бассейна 51,4 % расположен в бассейнах главных притоков р. Пяндж-в бассейне р. Гунт зарегистрировано 102 ледника с общей площадью  $540 \text{ км}^2$ , р. Шахдара-23 ледника с общей площадью  $221 \text{ км}^2$ , р. Бартанг-322 ледника с общей площадью  $1641 \text{ км}^2$ , р. Язгулем-61 ледник с общей площадью  $306 \text{ км}^2$ , р. Ванч-119 ледник с общей площадью  $380 \text{ км}^2$ .

Режим стока большинства притоков р. Пяндж в значительной мере определяется наличием в их водосборах большого количества ледников. Доля ледникового стока данных рек колеблется от 17% (река Гунт-Хорог) до 49% (Ванч-Бичхарв) от общего объема их стока [41, 116-120].

Насчитывается 118 озер, общей площадью  $255,1 \text{ км}^2$ , находящихся в горной части водосбора р. Пяндж, которые в какой-то мере оказывают влияние на режим речного стока (в данное число входят озера с площадью зеркала от  $0,11 \text{ км}^2$  и более).

#### **4.1. Общая гидрографическая характеристика бассейна реки Пяндж**

Самым крупным притоком реки Пяндж является р. Бартанг с площадью бассейна  $24\,700 \text{ км}^2$ , длиной 558 км и абсолютным расходом воды  $129 \text{ м}^3/\text{с}$ . Характерной особенностью бассейна Бартанга является большое разли-

чие в увлажнении, характере рельефа, условиях формирования стока, водности и морфологических особенностях реки в верхней и нижней частях течения [41].

Верхняя часть бассейна Бартанга находится на территории Восточного Памира, отгороженная со всех сторон высокими горными хребтами от проникновения влажных воздушных масс, отличается весьма малым увлажнением, а, следовательно, незначительной водоносностью рек и слабым развитием речной сети. В долинах Южного Акбайтала, Оксу и Мургаба выпадает менее 100 мм осадков, модули стока не превышают 2 л/с км<sup>2</sup>, а густота речной сети местами составляет 0,05 км на 1 км<sup>2</sup> площади бассейна. Реки мелководны, они спокойно текут в широких долинах, среди низких пологих берегов [40-41].

В наиболее высоких частях хребтов годовое количество осадков возрастает до 800 мм и более, а модули стока достигают местами свыше 15 л/с км<sup>2</sup>. Речная сеть в возвышенных частях развита значительно лучше и в верховье Западного Пшарта, например, достигает 0,28 км на 1 км<sup>2</sup>.

Оледенение в верхней части бассейна (бас. Мургаба) в связи с сухостью климата и малым увлажнением развито слабее (562,5 км<sup>2</sup>), чем в нижней части бассейна Бартанга (1083 км<sup>2</sup>). Наиболее значительные ледники имеются в верховьях правых притоков Западного Пшарта-Сауксая и Сасыка, стекающих с наиболее возвышенных, хорошо увлажненных частей хребта Музкол.

Нижняя часть бассейна Бартанга находится на территории Западного Памира. Высоты хребтов здесь также весьма значительны (до 5500 м), отдельные вершины превышают 6000 м (пик Истиклол-6974 м; пик Вудор - 6132 м). Склоны хребтов крутые, сильно расчленены глубокими ущельями рек. Реки отличаются бурным, стремительным течением, наличием в руслах больших валунов, крупных обломков скал, порогов и перекатов. Среднее падение русла у многих притоков (Раумиддара, Бардара) достигает 40-50 м/км и более.

Северный склон Рушанского и южный склон Язгулемского хребтов, где формируют сток реки нижней части бассейна Бартанга, находятся в значительно лучших условиях увлажнения, чем внутренние области бассейна, так как юго-западные и южные влагоносные воздушные массы проникают по долине Бартанга далеко в глубину гор, на склонах хребтов выпадают обильные снега, в результате которых в высокогорных районах развито мощное современное оледенение. Общая площадь ледников и фирновых полей в нижней части бассейна Бартанга (без бас. Мургаба) равна 1083 км<sup>2</sup> (969 ледников), основная часть которых (57%) находится в бассейне Кудары. Общая же площадь оледенения в бассейне Бартанга вместе с оледенением бассейна Мургаба равна 1645,5 км<sup>2</sup> (1825 ледников), составляя 6,6% площади всего бассейна.

Речная сеть в нижней части бассейна Бартанга вследствие сильно расчлененного рельефа и большого количества твердых осадков развита значительно сильнее, чем в верхней части бассейна. Густота речной сети в бассейнах многих притоков нижнего Бартанга, по последним подсчетам, достигает 0,3–0,4 км на 1 км<sup>2</sup> площади бассейна.

Река Бартанг, называемая в верховьях Оксу, берет начало в Афганистане из оз. Чалмактын, расположенного в обширной котловине на высоте 4015 м над ур. м. Средний многолетний годовой сток Бартанга в Пяндж равен около 4 км<sup>3</sup>, что составляет более 12% стока реки Пяндж перед слиянием с Вахшем.

Ледовые образования-забереги, донный лед и шуга-наблюдаются по всему течению Бартанга, но в верховье Оксу они бывают ежегодно, начинаются в период с 7 по 23 октября, а заканчиваются в последних числах апреля. Ниже Сарезского озера шуга и забереги вследствие тепляющего действия озера наблюдаются лишь эпизодически.

В верховьях Бартанг (Оксу) вследствие низких температур воздуха и небольших скоростей течения ежегодно покрывается льдом. Продолжитель-

ность ледостава у пос. Тахтамышбек более 5 месяцев, толщина льда достигает 1 м. В более низких участках течения ледостав обычно отсутствует.

Воды Бартанга (Мургаба, Оксу) в верхнем течении отличаются незначительной мутностью (до  $250\text{г/м}^3$ ). Этому способствует распространение в бассейне твердых горных пород, устойчивых к выветриванию и размыву, и малое количество осадков, снижающее эрозионную деятельность поверхностных вод. Ниже Сарезского озера мутность Бартанга резко возрастает (до  $1010\text{ г/м}^3$ ) вследствие увеличения эрозионной деятельности самого Бартанга и его притоков, отличающихся значительной водностью, крутым падением и большими скоростями течения. Средний расход взвешенных наносов Бартанга в устьевой части течения равен  $130\text{ кг/с}$ , увеличиваясь в многоводные годы до  $300\text{ кг/с}$  и снижаясь в маловодные годы до  $36\text{ кг/с}$ . Таким образом, в среднем Бартанг ежегодно выносит из пределов бассейна в Пяндж  $4,1\text{ млн. т}$  взвешенных наносов.

Основной сток взвешенных наносов (87%) проходит с июля по сентябрь в период наиболее интенсивного таяния ледников и фирновых полей и 13%-в период с марта по июнь, когда в бассейне тают сезонные снега. Осенью и зимой (октябрь-февраль) мутность рек незначительна и твердый сток составляет всего 1% от годового.

Река Гунт-второй по величине бассейна ( $13\,700\text{ км}^2$ ) и длине (296 км) правый приток Пянджа. По условиям формирования стока, климатическим особенностям, характеру рельефа и гидрографической сети бассейн Гунта очень похож на бассейн Бартанга. Верхняя, восточная его часть -бассейн р. Аличура ( $2800\text{ км}^2$ ) находится в пределах Восточного Памира, нижняя часть бассейн Гунта на Западном Памире [41].

Основные притоки Гунт получает с левой стороны бассейна. С правой стороны Гунт принимает много притоков, но размеры их бассейнов и протяженность невелики. Бассейн Аличура, отгороженный со всех сторон высокими хребтами от проникновения на его территорию влажных воздушных масс,

характеризуется слабым увлажнением, осадками, суровостью климата и незначительным стоком.

В пределах Аличурской долины реки очень маловодны, с модулями стока до 3 л/с км<sup>2</sup>; причудливо извиваясь, они спокойно текут среди низких, местами заболоченных берегов. В средней и нижней частях долины по берегам рек тянутся луга. Речная сеть развита слабо (0,1 км/км<sup>2</sup>).

В наиболее возвышенных горных районах Северо-Аличурского и Южно-Аличурского хребтов, где годовое количество осадков достигает 600 мм и более, развито оледенение (94 км<sup>2</sup>) и увеличивается густота речной сети (до 0,42 км/км<sup>2</sup>) и удельная водоносность рек (до 15 л/с км<sup>2</sup>). Наибольшее число ледников, площадь которых обычно составляет менее 1 км<sup>2</sup>, сосредоточено на северном склоне Южно-Аличурского хребта, где формируют сток основные притоки Аличура.

Нижняя часть бассейна Гунта, занимающая большую площадь (10 900 км<sup>2</sup>), резко отличается от его верхней части (бас. Аличур). Горные хребты здесь достигают 5000-5500 м, а отдельные вершины превышают 6000 м над ур. м. (пик Карла Маркса-6726 м; пик Энгельса-6507 м; пик Патхор-6080 м). Крутые склоны гор прорезаны глубокими узкими долинами рек, дно которых спускается до 2070 м абсолютной высоты. Реки отличаются крутым падением, стремительным бурным течением, слабой извилистостью, наличием в руслах порогов и водопадов.

В связи с большими высотами хребтов и выпадением значительного количества твердых осадков (около 1000 мм), в высокогорных районах бассейна развито мощное современное оледенение, общая площадь которого равна 540 км<sup>2</sup>. Особенно большие ледники и обширные фирновые поля находятся в бассейнах правых притоков Гунта - рек Сафедобдары и Патхора (район пика Патхор), а также в бассейнах левых притоков Шахдары-Бадомдары, Баджомдары, Сейдждары и Реджика, формирующих сток на северном склоне Шахдаринского хребта [31-41].

Речная сеть в нижней части бассейна Гунта развита очень сильно. В бассейнах левых его притоков, например, густота речной сети изменяется от 0,33 км/км<sup>2</sup> в бассейне Шорипдары до 0,5 км/км<sup>2</sup> в бассейне Бадомдары.

Средняя высота бассейна Гунта равна 4170 м, причем высоты более 4200 м занимают в нем 52,3% общей площади водосбора. Вследствие большой высоты хребтов в бассейне Гунта выпадает значительное количество твердых осадков и развито мощное оледенение (540 км<sup>2</sup>), которое обуславливает характер питания и режим реки. Основными источниками питания Гунта являются талые воды сезонных снегов и ледников, составляющие соответственно 35 и 25% годового стока реки. Значительную роль в стоке играют подземные воды (39%), и совсем ничтожна роль дождевых вод (менее 1%).

Река Гунт, так же как и Бартанг, относится к рекам ледниково-снегового питания с длительным весенне-летним половодьем, продолжающимся в среднем 156 дней, с максимальным стоком в период наиболее интенсивного таяния ледников, снежников и фирновых полей (июль-сентябрь). За этот период в низовье реки проходит более половины стока (56,3%). Увеличение расходов воды начинается обычно в последних числах апреля. Во время подъема половодья наблюдается два-три пика, обусловленные вертикальной зональностью процессов снеготаяния и чередованием волн тепла и холода. Средняя дата максимального расхода - 11 июля, но в отдельные годы пик половодья может проходить и в августе. Максимальный срочный расход, наблюдавшийся в 1958 г., составлял 932 м<sup>3</sup>/с, что соответствует модулю стока 68 л/с км<sup>2</sup>. Спад половодья проходит более плавно, чем подъем, и заканчивается обычно к 1 октября.

Минимальный среднесуточный расход воды, соответствующий модулю стока 1,73 л/с км<sup>2</sup>, в период зимней межени составлял 23,7 м<sup>3</sup>/с.

Средний годовой расход Гунта при впадении в Пяндж равен 105 м<sup>3</sup>/с, что соответствует модулю стока 8 л/с км<sup>2</sup>. Если абсолютная водность Гунта ниже водности Бартанга, то удельная водоносность его на 2,6 л/с км<sup>2</sup> выше. Более высокая удельная водоносность Гунта объясняется тем, что большая

часть его бассейна (59%) находится на территории Западного Памира, а бассейна Бартанга (67%) на территории Восточного Памира, где условия увлажнения значительно хуже.

Ледовые образования раньше всего появляются в верховье Аличура (конец сентября - начало октября), где они продолжаются 210-220 дней. Ледостав бывает ежегодно лишь на Аличуре в верховье Гунта (кишлак Бачор), где он продолжается в среднем около 170 дней. В нижнем течении (город Хорог) бывают забереги и шуга, которые появляются обычно в средних числах декабря и исчезают во второй половине февраля. Средняя продолжительность периода с ледовыми явлениями 39 дней.

Воды Гунта характеризуются низкой мутностью, составляющей в низовье реки в среднем  $160 \text{ г/м}^3$ , что соответствует стоку взвешенных наносов 536,5 тыс. т в год, т.е. почти в 8 раз меньше стока Бартанга. В зимние месяцы мутность воды Гунта снижается до  $20 \text{ г/м}^3$ . Столь незначительный сток взвешенных наносов Гунта в первую очередь объясняется большим распространением в бассейне интрузивных и эффузивных горных пород (60%), трудно поддающихся выветриванию и размыву поверхностными водами. Основной сток взвешенных наносов происходит в основном с июля по сентябрь, составляя 68% годового стока; с марта по июнь сток взвешенных наносов равен 31% и с октября по февраль-1%.

Река Памир берет начало из западной части оз. Зоркуль, расположенного в обширной долине между Южно-Аличурским хребтом на севере и Ваханским на юге на абсолютной высоте 4125 м. Длина озера 20 км, наибольшая ширина 4 км, площадь водного зеркала  $38,9 \text{ км}^2$ . Это третье по площади и наиболее высоко расположенное озеро на Памире.

В верхней части течения до устья Юлмазара р. Памир на протяжении 70 км спокойно течет в юго-западном направлении по широкой плоской долине со средним падением русла 7 м/км. Многочисленные правые притоки, стекающие с Южно-Аличурского хребта, маловодны, и большую часть года поверхностный сток в них отсутствует. Основные сравнительно многоводные

притоки на этом отрезке течения р. Памир получает с южной стороны бассейна (из Афганистана), они формируют сток в обширной ледниковой зоне северного склона Ваханского хребта.

Ниже устья Юлмазара долина р. Памира суживается, переходя местами в ущелье с отвесными склонами, падение русла на отдельных участках увеличивается до 26 м/км, река становится бурной, быстро течет в узком порожищем русле. В нижнем участке течения (54 км) р. Памир принимает много сравнительно многоводных правых притоков (реки Рачив, Акба, Касвир, Каштиджароб), питающихся, в основном, тальми водами ледников и снежников юго-восточного склона Шахдаринского хребта.

В 4 км выше слияния с Вахандарьей (исток Пянджа) долина р. Памира расширяется до 3 км, русло разветвляется на многочисленные протоки, образующие галечниковые острова.

Река Хуфдара-один из многоводных притоков верхнего Пянджа, формирующий сток в ледниковой зоне северо-западного склона Рушанского хребта. Площадь бассейна реки - 247 км<sup>2</sup>, длина-27 км. Бассейн характеризуется значительным развитием оледенения (31 км<sup>2</sup>), составляющим 12,5% площади его водосбора. Вследствие обилия твердых осадков в верхней части бассейна и расчлененности рельефа речная сеть хорошо развита, густота ее составляет 0,38 км/км<sup>2</sup>.

Река Ванч - пятый по величине бассейн (2070 км<sup>2</sup>) и длине (92 км) приток Пянджа. Высоты хребтов в бассейне весьма значительны, они достигают 5000-5500 м, а отметки отдельных вершин превышают 6000 м (пик Гармо - 6595 м; пик Арнавад-6083 м). Гребни хребтов везде выше снеговой линии, которая лежит здесь на высоте 4200-4400 м над ур.м., поэтому на склонах хребтов развито мощное оледенение (350 км<sup>2</sup>).

Река Ванч вытекает бурным потоком из грота ледника Русского географического общества (2610 м), расположенного на стыке хребтов Дарвазского и Академии Наук. На протяжении первых 2 км Ванч протекает по широкому задровому полю в разветвляющемся на рукава русле; обогнув с юга



язык ледника, река подступает слева к сильно размытому моренному валу отступившего ледника Русского Географического Общества и на протяжении километра, до слияния с Абдукагором, течет одним руслом между валом и юго-восточным склоном Дарвазского хребта.

Ниже устья Абдукагора Ванч спокойно течет по широкой ледниковой долине (до 1 км) с плоским дном и низкой галечниковой поймой, разветвляясь на многочисленные протоки. У устья Равака русло Ванча прижато к правому берегу мощным конусом выноса, образовавшегося в результате проходящих по р. Раваку гляциальных селей. Ширина русла изменяется от 15 м в верховье до 60 м в нижней части течения. Среднее падение русла - 12 м/км, причем в верховье падение достигает 29 м/км, а в низовье на некоторых участках оно составляет всего 6 м/км.

По мере продвижения вниз по течению русло реки углубляется в дно долины, пойма в нижнем течении почти повсеместно исчезает.

Река Ванч относится к типичным рекам с ледниково-снеговым питанием. В низовье основными источниками питания Ванча являются талые воды ледников (41%), сезонных снегов (26%) и подземные воды (33%). В верхнем течении доля ледникового стока в годовом стоке составляет 63% и сезонного снега 37%, подземное питание реки в створе, расположенном в 3 км ниже ледника Русского Географического Общества, отсутствует. Режим стока в низовье Ванча характеризуется сравнительно постепенным увеличением расходов воды во время весенне-летнего половодья, начинающегося обычно в середине апреля. Продолжается половодье в среднем 196 дней и заканчивается в конце октября. Наибольший расход половодья наблюдается в июле или в августе; средняя дата пика половодья-24 июля; наибольший срочный расход, соответствующий модулю максимального стока  $129 \text{ л/с км}^2$ , составил  $278 \text{ м}^3/\text{с}$ . За период половодья проходит 86% годового стока.

Средний годовой расход Ванча в низовье реки (пос. Ванч) за многолетний период наблюдений составил  $49,4 \text{ м}^3/\text{с}$ , это соответствует модулю стока  $25,7 \text{ л/с км}^2$ .

Ледовые образования-забереги, шуга и донный лед наблюдаются ежегодно по всему течению Ванча, но в верховье они продолжаются около 100 дней, а в низовье примерно 60-70 дней. Непродолжительный ледостав бывает лишь в самом верховье реки и в низовье Абдукагора. В нижнем течении ледостав не наблюдается [31-41].

Воды Ванча отличаются высокой мутностью, достигающей в низовье реки (пос. Ванч) в среднем за многолетний период  $1590 \text{ г/м}^3$ , что соответствует стоку взвешенных наносов 2463 тыс. т в год, т.е. в 4,6 раза больше твердого стока р. Гунта. Повышенная мутность объясняется наличием в бассейне реки глин, мергелей, сланцев, конгломератов и моренных отложений, легко поддающихся размыву поверхностными водами. Средний расход взвешенных наносов равен  $78 \text{ кг/с}$ , что соответствует модулю стока взвешенных наносов  $40,6 \text{ г/с км}^2$ .

Сток взвешенных наносов проходит, в основном, с июля по сентябрь, составляя 87% годового стока, сток с марта по июнь равен 13%, а с октября по февраль-0%. Бассейн Ванча - один из наиболее селеопасных районов Западного Памира. Помимо катастрофических селей, возникающих через каждые 10-15 лет, в долине Абдукагора образуются сели в результате прорыва ледяной плотины тальми водами озера, образующегося вследствие периодических подвижек ледника Медвежьего, перегораживающего долину Абдукагора мощной ледяной плотинной. Селевые паводки наблюдаются довольно часто на многих других притоках Ванча и Абдукагора.

Р. Язгулем расположена к юго-востоку от бассейна р. Ванч между Ванчским хребтом на северо-западе и Язгулемским хребтом на востоке и юго-востоке. Площадь бассейна равна  $1970 \text{ км}^2$ , длина реки 80 км.

В связи с большими высотами хребтов, отдельные вершины которых поднимаются выше 6000 м (пик Истиклол - 6974 м; пик Вудор - 6132 м), обширные пространства гор заняты мощными ледниками и фирновыми полями ( $310,4 \text{ км}^2$ ), составляющими 16,0% площади водосбора р. Язгулем. Значительное количество твердых осадков в верхней левобережной, наиболее вы-

сокой части бассейна (до 1500 мм) обуславливает повышенную водность рек и хорошее развитие речной сети. Модули стока в верховьях некоторых рек достигают 30-35 л/с км<sup>2</sup>, а густота речной сети составляет 0,42 км/км<sup>2</sup>.

Река Язгулем, называемая в верховье Мазардара, вытекает стремительным потоком из загроможденного мореной и обломками скал языка ледника Язгулемского (25,7 км<sup>2</sup>), называемого также Мазардара, с абсолютной высоты 3300 м. Ниже истока река наблюдается водопады и каскады бурных ручьев. Мазардара врезается в толщу коренных пород на глубину 60-85 м, образуя три каньона, разделенные чёткообразными расширениями долины в моренных отложениях. Местами ширина каньонов не превышает 2-3 м.

При слиянии Мазардара с р. Ракзоу образуются р. Язгулем. Р. Ракзоу, наиболее крупный приток Язгулема, вытекает из ледника Ракзоу (47,8 км) с абсолютной высоты 3340 м. В бассейне Ракзоу имеется мощное оледенение (78 ледников) общей площадью 144,6 км<sup>2</sup>.

Ниже устья р. Ракзоу Язгулем протекает единым руслом в узкой долине, представляющей в большей своей части труднопроходимое глубокое ущелье с крутыми скалистыми бортами. Многочисленные короткие (6-10 км), но многоводные притоки с крутым падением (до 270 м/км), живописными водопадами низвергаются в долину, быстро увеличивая водоносность Язгулема. В низовье Язгулема, между устьями ее притоков Камочдары (21 км) и Матраундары (14 км).

Река Язгулем относится к рекам с ледниково-снеговым питанием. Талые воды ледников составляют в годовом стоке реки 35%, талые снеговые воды-29% и подземные воды-36%. Повышенная доля подземных вод в годовом стоке реки объясняется в основном большим распространением в бассейне водопроницаемых горных пород-известняков, доломитов, мергелей и конгломератов, а также большой глубиной эрозионного вреза долины Язгулема и ее притоков. Начало весенне-летнего половодья характеризуется обычно постепенным увеличением уровней и расходов воды в первых числах третьей декады апреля, продолжается половодье в среднем 181 день и закан-

чивается в конце второй декады октября. Пик половодья проходит обычно в июле, реже в августе. Максимальный срочный расход составлял  $293 \text{ м}^3/\text{с}$ , что соответствует модулю максимального стока  $151 \text{ л/с км}^2$ . За период половодья проходит 83% годового стока. Минимальный среднесуточный расход в период зимней межени равен  $9,10 \text{ м}^3/\text{с}$ , что соответствует модулю минимального стока  $4,69 \text{ л/с км}^2$ .

Средний годовой расход в низовье Язгулема (пос. Матраун) составляет за многолетний период  $38,9 \text{ м}^3/\text{с}$ . Это соответствует модулю стока  $20,1 \text{ л/с км}^2$ . В наиболее многоводные годы модуль стока увеличивается до 25, а в наиболее маловодные годы снижается до  $13,2 \text{ л/с км}^2$ .

Ледостава на Язгулеме не бывает. Ледовые явления ограничиваются образованием заберегов, внутриводного льда и шуги, причем в низовье они наблюдаются не каждую зиму. Ледовые явления в низовье реки начинаются во второй декаде декабря, оканчиваются во второй половине февраля. В верхнем течении ледовые явления бывают каждую зиму и продолжаются около четырех месяцев.

Мутность воды Язгулема за многолетний период составляет  $890 \text{ г/м}^3$ . Максимальная мутность наблюдается в период наиболее интенсивного таяния ледников и высокогорных снегов. В этот период (июль-сентябрь) проходит основной сток взвешенных наносов (86%), составляющий в год 1010 тыс. т., 14% стока проходит с марта по июнь. Средний расход взвешенных наносов равен  $32 \text{ кг/с}$ , что соответствует модулю стока взвешенных наносов  $16,5 \text{ г/с км}^2$ . Селевая деятельность в бассейне Язгулема не наблюдается.

## **4.2. Гидрограф бассейна реки Пяндж**

Для определения изменчивости годового стока реки Пяндж использованы годовые данные по постам, расположенным на самой реке, по которым имеются материалы наблюдений за продолжительный период.

Распределение среднего годового стока по территории бассейна характеризуется высотным положением водосбора.

Основным источником питания рек бассейна р. Пяндж являются жидкие осадки, талые воды сезонных снегов, несколько меньшую роль играют ледники и вечные снега. Так как распределение осадков и температуры воздуха в бассейне подчинено высотной зональности, то процесс формирования стока зависит от высотного расположения водосборов. Половодье на реке растягивается с марта-начала таяния снега и весенних осадков и по август, когда к концу лета истощаются запасы воды в снеге на водосборе и снеговая линия поднимается за границу таяния снегов. По истощению в бассейне запасов сезонного снега, в формировании стока половодья начинают участвовать ледники и многолетние снежники. Во всех реках бассейна р. Пяндж подземное питание составляет 25-35% годового стока [119-121].

Так как р. Пяндж считается рекой ледниково-снегового питания, половодье начинается с марта (на некоторых реках бассейна Пяндж с апреля-мая) и заканчивается в октябре. Годовые колебания расхода воды на реке Пяндж приведены на рисунке 4.2.

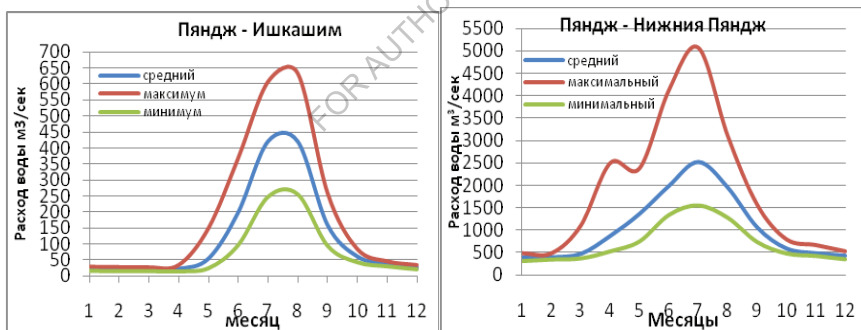


Рис. 4.2. Гидрографы среднего, максимального и минимального расходов воды по многолетним данным р. Пяндж по постам Ишкашим и Нижний Пяндж.

Верхние р. Пяндж-пос. Ишкашим (в 2 км ниже поселка), площадь водосбора 13900 км<sup>2</sup>. Пик паводка приходится на июль и август, максимальный расход воды составляет 633 м<sup>3</sup>/с, минимальные расходы наблюдаются с ок-

тября по апрель, в годы маловодья расход воды в это время составляет 255 м<sup>3</sup>/с [116-120].

В низовье реки Пяндж, площадь водосбора 113000 км<sup>2</sup>, у створа Нижний Пяндж характерны два максимума, первый максимум появляется в апреле и зависит от сезонных дождей и снегов и составляет 2520 м<sup>3</sup>/с. Второй максимум связан с сезонным таянием снега и ледников и составляет в среднем 2517 м<sup>3</sup>/с, в многоводные годы повышается до 5080 м<sup>3</sup>/с, в маловодные опускается в июле до 1550 м<sup>3</sup>/с.

За это время проходит 80-90% годового стока. Осенью, с прекращением таяния в горах, реки переходят в меженное состояние и расход воды постепенно уменьшаются до апреля-мая. Годовой максимум расходов в среднем многолетнем разрезе наступает в июле, в отдельные годы в августе, реже в июне. Сток воды за март-июнь составляет около 35% годового стока, за июль-сентябрь ближе к 45% годового.

Исходя из этих данных, нами была сделана попытка изучить гидрограф притоков правого берега р. Пяндж (территории Республики Таджикистан). Для достижения цели были взяты данные притоков реки: Гунт, Бартанг, Язгулем и Ванч.

Для территории Гунта характерно половодье с одним пиком расхода воды в июле. Средний максимум для поста Гунт-Хорог составляет 320,3 м<sup>3</sup>/с, в отдельные годы расход воды может подниматься до 552 м<sup>3</sup>/с или опуститься до 135 м<sup>3</sup>/с. Минимальный расход воды наблюдается с ноября по апрель, и колеблется от 62 до 22 м<sup>3</sup>/с (см. рис. 4.3).

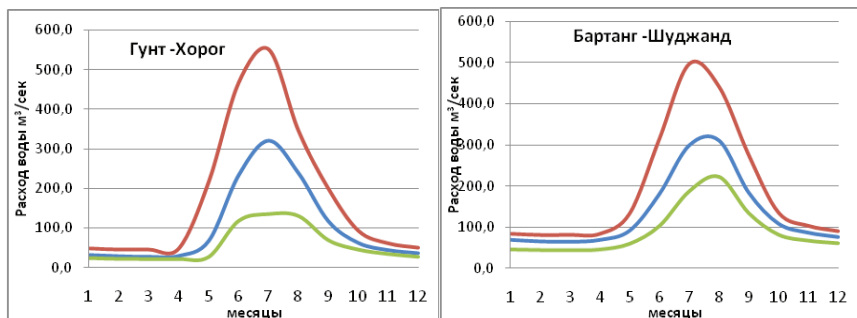


Рис. 4.3. Гидрографы среднего, максимального и минимального расходов воды за многолетний период по р. Гунт - Хорог, и р. Бартанг – Шуджанд.

Годовой гидрограф на реке Бартанг пост Шуджанд характеризуется максимальными расходами воды в июле и августе и минимальными с декабря по апрель месяцы. Средний расход воды в пик половодья составляет 299,8-311,6 м³/с, абсолютный максимум поднимается до 496 м³/с. В маловодные годы расход в половодье может опускаться до 222 м³/с. В период межени расходы воды опускаются до 82,3-43,9 м³/с (см. рис. 4.3).

Для территории р. Язгулем пост Мотравн характерен один максимум расхода воды в годовом ходе в июле. Средний расход пика половодья составляет 104,3 м³/с, в многоводные годы расход воды поднимался до 156 м³/с, в маловодные опускался до 55,7 м³/с. Период межени на реке наблюдается с ноября по апрель, в это время расходы воды колеблются от 15,6 до 6,2 м³/с (см. рис 4.4).

Максимум расходов на реке Ванч наблюдается в июле, средний многолетний расход воды составляет 144 м³/с, при жарком лете он может повыситься до 233 м³/с, а в маловодные годы расход воды понижается до 85,9 м³/с. В период межени уровень воды опускается до 25-9 м³/с. Период маловодья на реке длится примерно с ноября по март, расходы воды в это время составляют примерно 13,0 м³/с (см. рис 4.4).

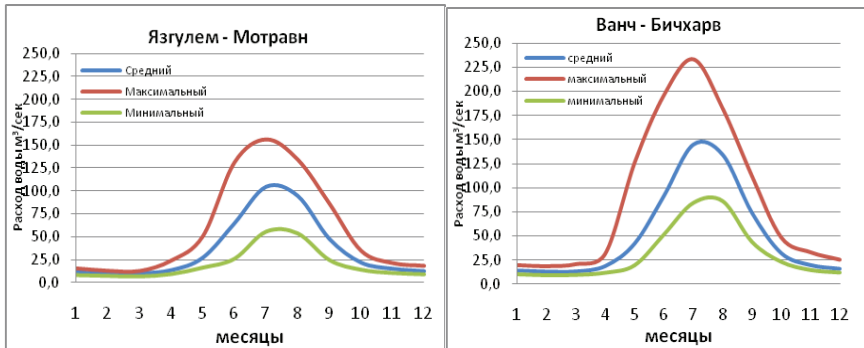


Рис. 4.4. Гидрографы среднего, максимального и минимального расходов воды за многолетний период по р. Язгулам - Мотравн и р. Ванч - Бичхарв.

#### 4.3. Изменение расходов воды по реке Пяндж и ее притокам за базовый период

Для нашей республики, где основным источником энергии является гидроэнергетика, а сельское хозяйство основано в большой степени на поливном земледелии, для планирования работы отраслей народного хозяйства важно изучить характер изменений водности рек. В данном разделе мы сделали анализ изменения стока реки Пяндж с ее притоками за базовый период (1960-1990гг.).

Для изучения изменения расхода воды использовались данные наблюдений за расходами воды гидрологических постов Пяндж-Нижний Пяндж, Бартанг-Шуджанд, Язгулем-Мотравн, Гунт-Хорог и Ванч-Бичхарв за 1960-1990гг. Расчеты производились по методике, описанной в п. 2.1.

В таблице 4.1 приведены результаты расчетов величины тренда за базовый период и изменение расходов воды в % к норме за этот же период для данных постов. Наглядно изменение расходов представлено на графиках (рис. 4.5-4.9).





Рис. 4.5 Изменение расходов воды (м³/с) на р. Пяндж пост Нижний Пяндж за базовый период.

За базовый период на р. Пяндж пост Нижний Пяндж наблюдается снижение расходов воды на 2,74 м³/с в год. Величина тренда за 30-летний период составила в абсолютном значении -82,4 м³/с или снижение на 7,9% от нормы (среднего расхода воды за базовый период).

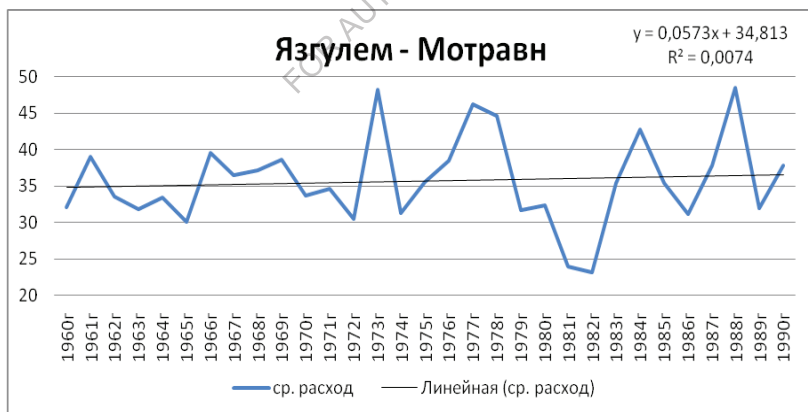


Рис. 4.6. Изменение расходов воды (м³/с) на р. Язгулем пост Мотравн за базовый период.



Рис. 4.7. Изменение расходов воды (м³/с) на р. Бартанг пост Шуджанд за базовый период.

На реке Язгулем иная картина, здесь в течение базового периода идет общий рост расходов воды на 0,35 м³/с в год, за весь период тренд составил +1,7 м³/с или расходы увеличились на 4,8% от нормы.

За анализируемый период на реке Бартанг наблюдается рост расходов воды на 0,35 м³/с в год, а за 30 лет величина тренда составила 10,6 м³/с Это составляет 7,8% от нормы.

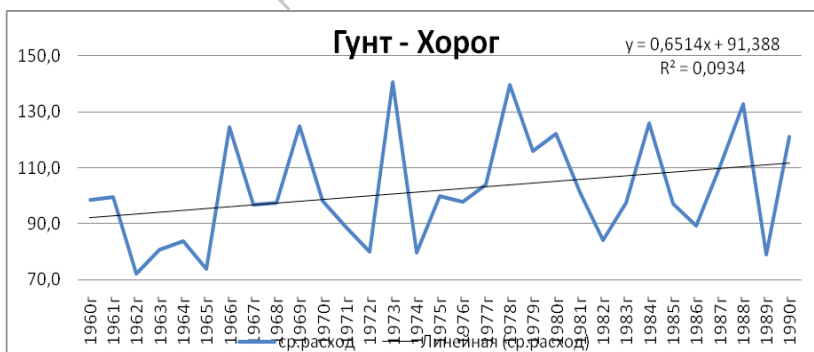


Рис. 4.8. Изменение расходов воды (м³/с) на р. Гунт пост Хорог за базовый период.

За анализируемый период на реке Гунт наблюдается понижение расходов воды на  $0,65 \text{ м}^3/\text{с}$  в год, а за весь период наблюдений эта величина составила  $19,5 \text{ м}^3/\text{с}$  или  $19,2\%$  от нормы.



Рис. 4.9. Изменение расходов воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) на р. Ванч пост Бичхарв за базовый период.

На реке Ванч за базовый период наблюдается рост расхода воды на  $0,40 \text{ м}^3/\text{с}$  в год. За 30 лет эта величина составила  $12,0 \text{ м}^3/\text{с}$  или  $23,6\%$  от нормы.

Таблица 4.1

Величина тренда расхода воды на р. Пяндж и ее притоках за базовый период (1960-1990гг).

Посты	Норма расходов, $\text{м}^3/\text{с}$	Коэффициент тренда	Общий тренд, $\text{м}^3/\text{с}$	В % к норме
Пяндж Нижний Пяндж	1038,2	-2,7457	-82,4	-7,9
Язгулем Мотравн	35,7	0,0573	1,7	4,8
Барганг Шуджанд	135,8	0,3521	10,6	7,8
Гунт Хорог	101,8	0,6514	19,5	19,2
Ванч Бичхарв	50,7	0,3994	12,0	23,6

Рост расходов воды за базовый период наблюдается по всем основным притокам реки Пяндж. Данное явление объясняется усилением таяния ледников в связи с ростом температуры воздуха за этот же период. Снижение стока в низовьях реки (Нижний Пяндж) можно объяснить уменьшением поступления воды с притоков, расположенных в среднем и нижнем течении. Причиной снижения стока могут быть как уменьшение осадков в этот период, так и увеличение забора воды в связи с расширением поливного земледелия в эти годы.

#### **4.4. Изменение расходов воды по реке Пяндж и её притокам за весь период наблюдений**

Правильный расчет расходов позволяет оптимизировать определение параметров гидротехнических сооружений, их стоимости и гарантированной надежности этих сооружений. Достоверность данного расчета определяется длительностью наблюдений, соответствием методики наблюдений и измерений расходов по водосборной площади данного региона. Для нашей республики, где основным источником энергии является гидроэнергетика, этот вопрос является архиважным.

В данном разделе дается анализ отклонений расходов воды от нормы базового периода на р. Пяндж и основных притоках р. Пяндж за весь период наблюдений, сделан трендовый анализ этих изменений, а также произведено сравнение изменений за весь период наблюдений с изменением за базовый период. В таблице 4.2 представлены основные характеристики бассейнов р. Пяндж и ее притоков.

Для изучения изменения расхода воды использовались данные наблюдений за расходами воды гидрологических постов Пяндж-Нижний Пяндж, Бартанг-Шуджанд, Язгулем-Мотравн, Гунт-Хорог и Ванч-Бичхарв.

Таблица 4.2

Распределение среднего годового стока по основным рекам бассейна  
реки Пяндж

№ п/п	Реки – гидропосты	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средний годового расход воды, м <sup>3</sup> /с	Средний годового модуль стока, л/с км <sup>2</sup>	Средний годового объём стока, км <sup>3</sup>	Средний годового объём стока от стока р. Пяндж-Нижний Пяндж, %
1	Пяндж-Нижний Пяндж	113000	1051	9,3	33,2	
2	Бартанг-Шучанд	24700	135,4	5,48	4,27	12,9
3	Гунт-Хорог	13700	103,8	8,57	3,27	9,8
4	Ванч-Барчадив	1920	51	26,56	1,61	4,8
5	Язгулем–Мотравн	1940	36,2	18,66	1,14	3,4

Так как продолжительность наблюдений не одинакова для всех выбранных постов, проведен анализ для всех постов за 1940-1990гг., а так же дополнительно рассмотрено изменение расходов для постов Гунт Хорог и Ванч Бичхарв, имеющих ряд наблюдений до 2014г и 2016г. Расчеты производились по методике, описанной в п. 2.2.

По нижнему течению р. Пяндж для анализа использовались данные по посту Нижний Пяндж за 1933-1987гг. Четкой периодичности маловодных и многоводных периодов не прослеживается, но можно выделить несколько маловодных периодов продолжительностью 3 года и один-4 года (с 1979 по 1982гг.) и два многоводных продолжительностью 3 года (1952-1954гг.) и 5 лет (1966-1970гг.). Самым многоводным был 1969г. с расходом воды на 842,8 м<sup>3</sup>/с выше нормы, а самым маловодным - 1974г с расходом на 206,3 м<sup>3</sup>/с ниже нормы.

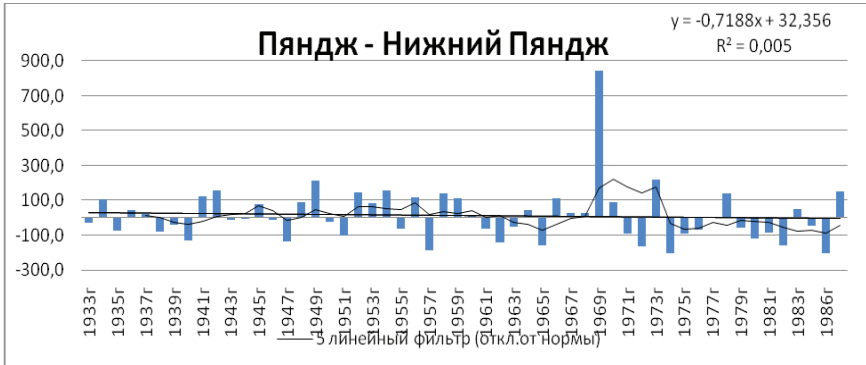


Рис. 4.10. Изменение расходов воды (м<sup>3</sup>/с) на р. Пяндж пост Нижний Пяндж за период наблюдений с 1933 по 1987гг.

За период наблюдений на р. Пяндж пост Нижний Пяндж расходы воды в целом уменьшались, тренд за 1940-1987гг. составил -75,5 м<sup>3</sup>/с (-7,3% нормы), что близко к величине тренда за базовый период, а за 1933-1987гг. он составил - 38,8 м<sup>3</sup>/с (-3,7% нормы).

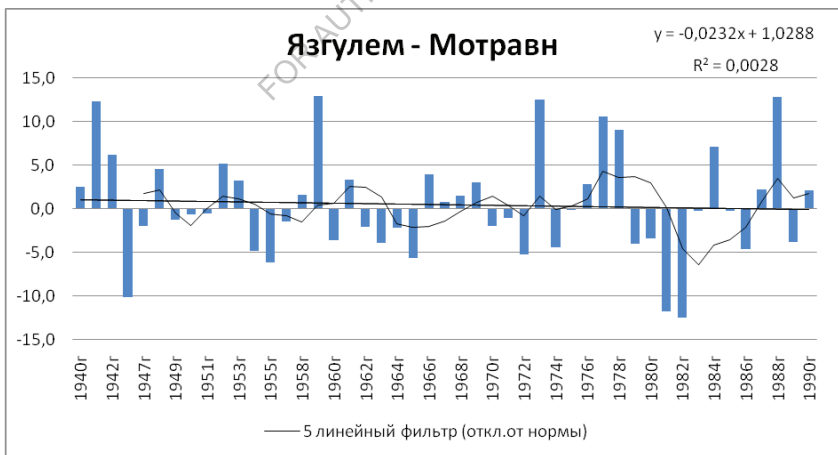


Рис. 4.11. Отклонение средних годовых расходов воды (м<sup>3</sup>/с) от среднего за базовый период на р. Язгулем пост Мотравн за период наблюдений 1940-1990гг.

По р. Язгулем пост Мотравн проводилось исследование данных за 1040-1990гг. За этот период многоводными были 1959 и 1988 гг. когда средние расходы воды были почти на 13 м<sup>3</sup>/с выше нормы, а 1982г, был самым маловодным, средний расход воды в этом году оказался на 12,5 м<sup>3</sup>/с ниже нормы. Периодичность смены маловодных и многоводных лет составляет 2-3 года. Можно выделить 2 многоводных периода по 3 года (с 1940 по 1943 гг. и с 1976 по 1978гг.) и 2 маловодных-один в 5 лет (с 1979 по 1983гг.) и 4 года (с 1962 по 1965гг.).

Трендовый анализ расходов воды на р. Язгулем пост Мотравн за период 1940-1990гг. показывает небольшое снижение расходов воды (тренд составил -1,2 м<sup>3</sup>/с или -3,2% нормы), в отличие от положительного тренда расходов за базовый период.

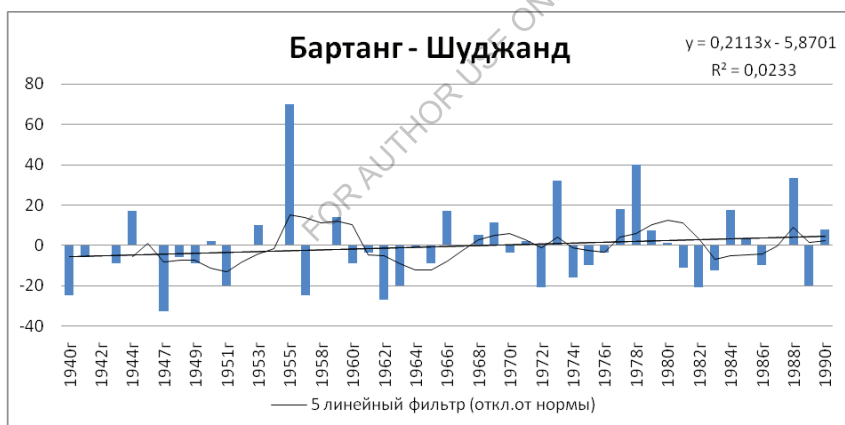


Рис. 4.12. Отклонение средних годовых расходов воды (м<sup>3</sup>/с) от среднего за базовый период на р. Бартанг пост Шуджанд за период наблюдений 1940-1990гг.

Для анализа стока по р. Бартанг пост Шуджанд использовались данные расходов воды за период 1940-1990гг. Наиболее многоводным оказался 1955г, когда средний расход воды был выше нормы на 70,2 м<sup>3</sup>/с, а наиболее маловодным - 1947 год с расходом на 32,8 м<sup>3</sup>/с ниже нормы. Периодичность

смены многоводных и маловодных лет на р. Бартанг четко не выражена, но прослеживаются отдельные периоды в 2-4 года. Достаточно продолжительным многоводным периодом можно считать с 1977 по 1980 гг. а маловодным-с 1960 по 1965гг.

Тренд расходов воды по р. Бартанг пост Шуджанд за 1940-1990гг. положительный, величина тренда за весь период наблюдений составила  $-10,6 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $-7,8\%$  нормы), что соответствует величине тренда за базовый период.

Для анализа за весь период наблюдений по р. Гунд пост Хорог взят ряд наблюдений за расходами воды 1940-2016гг. Наиболее многоводным за этот период оказался 1973г, когда средний расход был на  $38,8 \text{ м}^3/\text{с}$  выше нормы, а маловодным-2011г. со средним расходом на  $32,5 \text{ м}^3/\text{с}$  ниже нормы.

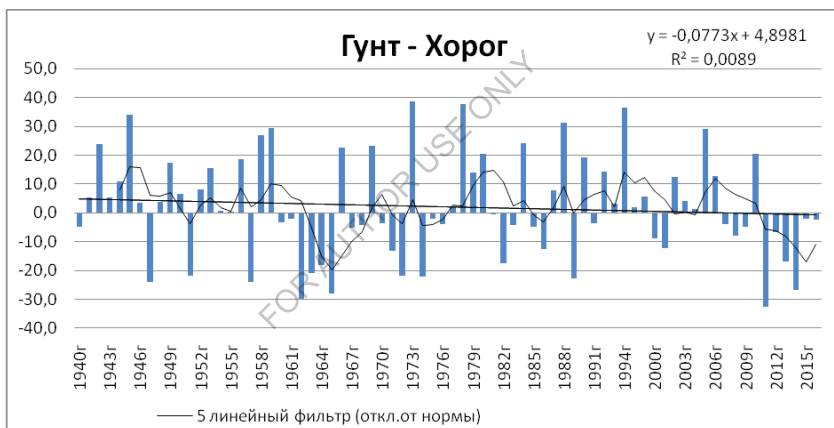


Рис. 4.13. Отклонение средних годовых расходов воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) от среднего за базовый период на р. Гунт пост Хорог за период наблюдений 1940-2016гг.

Периодичность смены многоводных и маловодных годов примерно 3-5 лет, многоводными были 33 года, а маловодными - 38 лет. Наиболее продолжительные многоводные периоды наблюдались с 1941 по 1946 и с 1992 по 1999 гг. маловодные периоды наблюдались чаще, чем многоводные, наиболее продолжительные из них-с 1960 по 1965 и 2011 по 2016гг.



За период наблюдений 1940-1990гг. на р.Гунт наблюдалось небольшое увеличение расходов воды, как и по другим исследуемым притокам Пянджа. Тренд составил  $1,6 \text{ м}^3/\text{с}$  (1,6% нормы). Тем не менее, за весь период (1940-2016гг.), наоборот, наблюдается спад расходов-тренд составил  $-5,9 \text{ м}^3/\text{с}$  или - 5,8% нормы.



Рис. 4.14. Отклонение средних годовых расходов воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) от среднего за базовый период на р. Ванч пост Бичхарв за период наблюдений 1939-2014гг.

Для анализа за весь период наблюдений использовались данные по расходам воды за 1939-2014гг. Наиболее многоводным оказался 1988г., когда средний расход воды оказался выше нормы на  $24,3 \text{ м}^3/\text{с}$ . Минимальный средний годовой расход воды наблюдался в 1957 г. со среднегодовым расходом воды на  $15,1 \text{ м}^3/\text{с}$  ниже нормы. Периодичность смены маловодных и многоводных лет примерно 3-5 лет, из них 28 лет средние расходы воды на реке Ванч были выше нормы, а 33 года ниже нормы. Из ряда наблюдений можно выделить два продолжительных маловодных периода 1960-1965гг. и 1971-1975гг. Продолжительные многоводные периоды наблюдались с 1976 по 1979 гг. и с 1990 по 1998гг.

За период наблюдений с 1940 по 1990гг. на р.Ванч пост Бичхарв, как и на других постах притоков р. Пяндж, рассмотренных в данном анализе, наблюдается рост расходов воды. Тренд составил 4,3 м<sup>3</sup>/с или 8,6% нормы. За период с 1939 по 2014гг. так же отмечается рост расходов, тренд за этот период составляет 6,2 м<sup>3</sup>/с или 12,1% нормы.

Таблица4.3

Величина тренда расхода воды на р. Пяндж и ее притоках  
за период наблюдений 1940-1990гг.

Реки-гидропосты	Норма расходов, м <sup>3</sup> /с	Коэффициент тренда	Общий тренд, м <sup>3</sup> /с	в % к норме
Пяндж Нижний Пяндж	1038,2	-1,5107	-75,5	-7,3
Язгулем Мотравн	35,7	-0,0232	-1,2	-3,2
Бартанг Шуджанд	135,8	0,2113	10,6	7,8
Гунт Хорог	101,8	0,0328	1,6	1,6
Ванч Бичхарв	50,7	0,0868	4,3	8,6

Таблица 4.4

Величина тренда расхода воды на р. Пяндж и ее притоках  
за весь период наблюдений

Реки - гидропосты	Норма расходов, м <sup>3</sup> /с	Период наблюдений (лет)	Коэффициент тренда	Общий тренд, м <sup>3</sup> /с	в % к норме
Пяндж Нижний Пяндж	1038,2	1933-1987 /54	-0,7188	-38,8	-3,7
Язгулем Мотравн	35,7	1940-2016 /76	-0,0773	-5,9	-5,8
Бартанг Шуджанд	135,8	1939-2014 /75	0,0821	6,2	12,1

### Заключение к 4 главе

1. В основном, источником питания притоков реки Пяндж являются сезонные атмосферные осадки, вечные снега и ледники, в меньшей степени подземные воды. При анализе годового стока в верховьях реки Пяндж выявлено, что его питание тальми водами ледников и снежников обуславливает зависимость гидрографа от температуры воздуха, в низовье он также зависит и от сезонных осадков. Основной пик расходов приходится на июль и август.

2. За базовый период наблюдается рост расходов воды по всем основным притокам реки Пяндж. Данное явление объясняется усилением таяния ледников в связи с ростом температуры воздуха за этот же период. Снижение стока в низовьях реки (Нижний Пяндж) можно объяснить уменьшением поступления воды с притоков, расположенных в среднем и нижнем течении. Причиной снижения стока могут быть как уменьшение осадков в этот период, так и увеличение забора воды в связи с расширением поливного земледелия в эти годы.

3. За период наблюдений с 1940-1990 по створу Нижний Пяндж и Язгулем наблюдаются уменьшение расходов воды, а у створа Бартанг, наоборот, идет рост его величины.

На гидропостах Вандж и Гунт инструментальные наблюдения более длительные, имеются данные с 1940 по 2015 гг. за этот период наблюдений отмечается рост расходов на р. Вандж, и уменьшение их по р. Гунт.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Проведённый анализ температурного режима показывает, что в течение базового периода при росте температур на большей территории Памира наблюдается снижение температуры воздуха на территории Яшилкунля-Булункуля (Восточный Памир). По усредненным данным на различных высотах выявлено, что более сильный рост температуры наблюдается в среднем на высотах 2000-3000 м и свыше 4000 м.

2. Выявлено что если для всего Земного шара в течение базового периода идет значительный рост абсолютных минимальных температур и менее значительный рост абсолютных максимальных температур, т.е. их амплитуда уменьшается, на территории Восточного Памира абсолютная минимальная температура падает, а абсолютная максимальная растет, т.е. их амплитуда увеличивается. Для средних минимальных и средних максимальных температур воздуха характерны изменения, соответствующие ходу температур для всего Земного шара, т.е. идет незначительный рост максимальных и сильный рост минимальных температур воздуха.

3. Установлено, что за период 1940-2015 гг. на территории Памира так же прослеживается рост средних годовых температур воздуха, но, в отличие от величины тренда базового периода, для Восточного Памира он значительно меньше, а для Западного, несколько большее. По сезонам так же наблюдается общий рост температур за исключением снижения летних температур в Мургабе. Величины тренда сезонных температур не одинаковы для разных сезонов и их различия довольно большие.

4. Выявлено соответствие неравномерности изменений в глобальном и региональном распределении осадков. Если для Восточного Памира тренд количества атмосферных осадков за базовый период был преимущественно отрицательным и лишь на территории Шаймака наблюдался рост осадков, то для Западного Памира ход их изменений имеет иную картину, здесь изменение количества осадков зависит от орографии и высотности. В основном по

этой территории наблюдается рост количества осадков, за исключением возвышенностей Хабурабад и Джавшангоз и в Ишкашине, где отмечается их уменьшение. По высотам наблюдается в основном увеличение количества осадков за исключением высот от 3000 до 4000 м.

5. Установлено, что за период с 1940 по 2015 гг. изменения отличаются от изменений за базовый период. Почти по всей территории Памира отмечается уменьшение количества осадков, и только на территории Каракуля (Восточный Памир) и Ишкашине (Западный Памир) наблюдается их увеличение.

6. Обнаружено, что наравне с изменением годового количества осадков наблюдается перераспределение их количества между сезонами. Сезонные изменения осадков на Восточном Памире аналогичны годовому ходу для данной территории, т.е. уменьшение в Мургабе и увеличение в Каракуле, но величины тренда для каждого сезона различны. На территории Западного Памира наблюдается перераспределение сезонных осадков, а именно, наблюдается их уменьшение в зимне-весенний период и прирост летом и осенью, исключение составляет Ишкашим, где наблюдается рост их количества по всем сезонам.

7. Выявлено, что река Пяндж и её притоки получают питание талыми водами ледников и снежников, гидрограф зависит от температуры воздуха, в низовье он также зависит и от сезонных осадков. За базовый период наблюдается рост расходов воды по всем основным притокам реки Пяндж. Данное явление объясняется усилением таяния ледников в связи с ростом температуры воздуха за этот же период. А снижение стока в низовьях реки (Нижний Пяндж) можно объяснить уменьшением поступления воды с притоков, расположенных в среднем и нижнем течении. Причиной снижения стока является уменьшение осадков в этот период, увеличение водозабора в связи с расширением земледелия.

8. Обнаружено, что за период наблюдений с 1940 по 1990 гг. как и за базовый период, по притокам р. Пяндж в ее верховьях наблюдается преиму-

щественно увеличение расходов воды, за исключением р. Язгулем, где расходы за этот период немного снизились. Так же отмечается рост расходов за период 1940-2015 гг. на р. Вандж, а по р. Гунт наблюдается уменьшение расходов.

9. Установлено, что повышение температуры воздуха вызывает усиление таяния ледников и сопровождается увеличением стока рек.

10. Уменьшение количества осадков в зимний период влияет на накопление снеготпасов и пополнение ледниковых массивов в верховых реках, что в дальнейшем может привести к снижению стока.

11. Увеличение выпадения жидких осадков вызывает увеличение стока в теплый период и увеличение частоты экстремальных ситуаций.

FOR AUTHOR USE ONLY

## **Благодарность**

Выражаю благодарность доктору технических наук, профессору, члену-корреспонденту НАНТ Кабули Зайналобудину Вали., доктору физико-математических наук, профессору, члену-корреспонденту АН РТ Хакимову Фотеху Халиковичу, кандидату физико-математических наук, доценту Низомову Зиёвуддину за поддержку и неоценимый вклад в развитие науки.

FOR AUTHOR USE ONLY

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Докучаев, В.В. Учение о зонах природы [Текст] / В.В. Докучаев. –М.: Географгиз, 1948. -64 с.
2. Григорьев, А.А. Географическая зональность и некоторые ее закономерности [Текст] / А.А. Григорьев // Изв. АН СССР, сер. геогр. -1954. -№5. - С. 17-39.
3. Григорьев, А.А. Режим тепла и влаги и географическая зональность [Текст] / А.А. Григорьев. // Материалы к III съезду Географического общества СССР. - Л., -1959. - 20 с.
4. Мильков, Ф.Н. Основные проблемы физической географии [Текст] / Ф.Н. Мильков. -М.: Высшая школа, 1967. -251 с.
5. Мильков, Ф.Н. Природные зоны СССР [Текст]/ Ф.Н. Мильков. -М.: Мысль, 1977. -293 с.
6. Исаченко, А.Г. Классификация ландшафтов СССР [Текст] / А.Г. Исаченко // Изв. Всесоюз. геогр. общества. -1975. -Т. 107. -Вып. 4. -С.302-315.
7. Исаченко, А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование [Текст] / А.Г. Исаченко. - М.: Высшая школа, 1991. - 366 с.
8. Исаченко, А.Г. Ландшафты на космических изображениях в атласе [Текст] / А.Г. Исаченко, В.В. Свешников, А.А. Лютин, В.В. Киселев, и др.// Геодезия и картография, 2002. -№10, -С. 27-34.
9. Алисов, Б.П. Климаты СССР [Текст] / Б.П. Алисов - М.: Изд-во МГУ, 1957. - 211 с.
10. Берг, Л.С. Географические зоны Советского Союза [Текст] / Л.С. Берг. -М.: Географгиз. -Т. 1, -1947. - 397 с; -Т. 2, 1952. - 510 с.
11. Исаченко, А. Г. Теория и методология географической науки [Текст] / А.Г. Исаченко. - М.: Издательский центр Академия, 2004. - 400 с.
12. Долгушин, Л.Д., Ледники [Текст] / Л.Д. Долгушин, Г.Б. Осипова. - М.: Мысль 1989. -415 с.
13. Атлас. Таджикской ССР. [Текст]/ -Душанбе –Москва, 1968. -280 с.



14. Атлас - Природные Ресурсы Таджикской ССР. I, IV. Современное Оледенение [Текст] /. -Душанбе-Москва. 1983 г. -368 с.

15. Шульц, В.Л. Реки Средней Азии. [Текст] /В.Л. Шульц. -Л.: 1965. - 691с.

16. Хакимов, Ф.Х. Изменение температурного режима на территории Восточного Памира [Текст] / Ф.Х. Хакимов, С.О. Мирзохонова, О.В. Мирзохонов // Доклады Академии наук Республики Таджикистан -2006. -Т. 49. - №10-12. - С. 948-954.

17. Бабушкин, Л.Н. Агроклиматическое районирование Средней Азии [Текст] / Л.Н. Бабушкин. //Научные труды ТашГУ, -М.: 1964 выпуск 206 –С 22-51.

18. Наливкин, Д.В. Обзор геологии Памира и Бадахшана [Текст] / Д.В. Наливкин Д.В. / Тр. ВГРО НКТП СССР. -1932, -Т.11, вып.182. -С 120-140.

19. Глазырин, Г.Е., Состояние оледенения Гиссаро-Алая и возможная его динамика в связи с будущими изменениями климата [Текст] / Г.Е. Глазырин., А.С. Щетинников. //Материалы гляциологических исследований. // - М., 2001. -Вып. 90, -С. 201-212.

20. Супруненко, Ю.П. Сверкающий мир снега и льда: Занимательная гляциология [Текст] / Ю.П. Супруненко. -М.: ОАО «Московские учебники и Картолитография», 2008. -528 с.

21. Отчет третьей Памирской экспедиции Таджикистана. [Текст] / Июль 2015г.

22. Каталог Ледников. 1979. Т. 14, Средняя Азия; Вып. 3, Амударья; Ч. 15, Бассейн р. Гунт. Гидрометеониздат. Ледник -№266.

23. Ледники-водные ресурсы Таджикистана в условиях изменения климата [Текст] / –Душанбе 2005г 120 с.

24. Мушкетов, И.В. Исследования ледников России в 1896 г. [Текст] / И.В. Мушкетов. // Изв. РГО. 1897. -Т. 33. Вып. 4. - С . 348–355.

25. Мушкетов, И.В. Краткая программа для наблюдений ледников России [Текст] / И.В. Мушкетов // Изв. РГО. 1892. -Т. 28. Вып. 2. -С. 1-4.

- 26 Осипова, Г.Б. Ледник Октябрьский, Восточный Памир в 1944–1945 гг. [Текст] / Г.Б. Осипова, Д.Г. Цветков. Особенности эволюции в стадии восстановления и подвижки. Материалы гляциологических исследований. -М.: 2002. -Вып. 93. -С 101-109,
27. Пильгуй, Ю.Н. Современный режим оледенения в долине реки Карачукурсу (Китай). [Текст] / Ю.Н. Пильгуй. // Исследование природной среды космическими средствами. -СПб.: 2005. Вып. 2. -С.93–97.
28. Пильгуй, Ю.Н. Состояние оледенения в Таджикистане. [Текст] / Ю.Н. Пильгуй // Тезисов. Международная конференция по региональному сотрудничеству в бассейнах трансграничных рек. -Душанбе, 2005. -С 28-31.
29. Пильгуй, Ю.Н. Состояние оледенения Памира. / Ю.Н. Пильгуй // Исследование природной среды космическими средствами. СПб.: 2004. Вып.1, -С.68–78.
30. Атлас Снежно-Ледовых Ресурсов Мира. [Текст] / Российская Академия Наук. Институт Географии. -М.: 1997. -Вып. 392. -150с.
31. Терсман, А.Г. Кривые обеспеченность и естественная разлегулированность Ст рек Таджикистана [Текст] / А.Г.Терсман. Издат -Душанбе Дониш 1969г. -168 с.
32. Щетинников, А.С. Морфология и Режим Ледников Памиро-Алая. [Текст] / Ред. Г.Е. Глазырин. САНИГМИ. Ташкент. 1998. -220 с.
33. Щетинников, А.С. Изменение стока с ледников Памиро-Алая при деградации оледенения [Текст] / А.С. Щетинников. // Материалы гляциологических исследований. -М.: 1984. Вып.51, -С.68–74.
34. Корженевский, Н.Л. Муксу и его ледники. [Текст] / Н.Л. Корженевский. В кн.: Труды гидрометеорологического отд. Среднеазиатского метеорологического института. - Т.1, Ташкент, 1927. 254 с.
35. Трофимов, А.К. Площадь распространения и основные этапы развития четвертичного оледенения Памира и Гиссаро-Алая [Текст] / А.К. Трофимов. Изд-во ВГО, 1968. 228 с.

36. Большаков, М.А. Некоторые особенности многолетних колебаний горного стока рек Средней Азии. [Текст] / М.А. Большаков // Труды Института водного хозяйства и энергетики АН Кирг ССР. -1955. -вып 2(V). 302 с.
37. Кемерих, А.О. Гидрография Памира и Памиро-Алая. [Текст] / А.О. Кемерих. Водные ресурсы Таджикистана. Издательство –М.: Мысль 1978г. 256 с.
38. Котляков, В.М. Снежный Покров Земли и Ледники [Текст] / В.М. Котляков. -Л.: Гидрометеиздат, 1968. -479 с.
39. Котляков, В.М., Сомнительные исследования ледников Памиро-Алая [Текст] / В.М. Котляков, О.В. Рототаева, И.М. Лебедева. // Материалы гляциологических исследований. -М.: 2000. -Вып. 88. –С. 200-225.
40. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. [Текст] /- Л.: Гидрометеиздат, 1974. -638 с.
41. Большая советская энциклопедия. [Текст] / гл. ред. А. М. Прохоров. – Т. 30. 3-е изд.- М.: Советская энциклопедия, 1969-1978.
42. Курбоншо, Е.К. Климатические особенности Памира [Текст] / Е.К. Курбоншо, Т. М. Краудцун, Х. М. Мухаббатова // Изв. АН Респ. Таджикистан.-2014. –№ 3. –С. 121–123.
43. Справочник по Климату СССР, Температура Воздуха и Почвы. [Текст] / Л.: Гидрометеиздат, 1966. -Вып. 31. Ч. II. -226 с.
44. Справочник по Климату СССР. Влажность Воздуха, Атмосферные Осадки, Снежный Покров. [Текст] / -Л.: Гимиз. 1969, -Вып. 31, Ч. IV. -212 с.
45. Челпанова, О.М. Климат СССР Средняя Азия [Текст] / О.М. Челпанова. Л.: Гидрометеиздат 1963. -447 с.
46. Мирзохонова, С.О. Климатические особенности Памира и его изменчивость за различные периоды [Текст] / С.О. Мирзохонова. // Респ. научно-теоретической конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «20-ой годовщине Дня национального единства» и «Году молрежи». Душанбе-2017. С 56-57.

47. Мирзохонова, С.О. Тенденция изменения режима увлажнения на Памире за период 1960-1990гг. [Текст] / С.О. Мирзохонова. // Мат. Респ. научно-теоретической конф. Совета молодых ученых и исследователей ТНУ. –Душанбе 2016. -С.281-284.

48. Хакимов, Ф.Х, Тенденция изменения температуры воздуха на Западного Памире в аспекте глобального потепления климата. [Текст] / Ф.Х. Хакимов // Доклады Академии наук Республики Таджикистан, 2007. -Т.50. -№9-10. -С. 776-785.

49. <http://biofile.ru> [Электронный продукт] /Причины глобального потепления.

50. Ясаманов, Н.А. Климат Земли в прошлом и в будущем [Текст] / Н.А. Ясаманов // Земля и Вселенная. М.: 1991. -№ 1. -С. 26-32.

51. <http://www.meteoinfo.ru> [Электронный продукт]

52. <http://www.ncdc.noaa.gov> [Электронный продукт]

53. <https://climate.nasa.gov> [Электронный продукт] /Global Climate Change.

54. Анисимов, О.А. Современные изменения климата в области высоких широт Северного полушария [Текст] / О.А.Анисимов, М.А. Белолуцкая, В.А. Лобанов // Метеорология и гидрология. –М., 2003. -№ 1. -С. 18-29.

55. Акатов, П. В. Реакция растений на рост концентрации углекислого газа в атмосфере [Электронный продукт] / П.В. Акатов // Живые и биокосные системы. -2013. -№5. URL: -С.27-38.

56. IPCC, 2007. Climate change 2007 Synthesis Report. [Электронный продукт] / In C.W. Team. R.K. Pachauri & A. Reisinger (Eds.). Geneva, Switzerland.

57. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. [Электронный продукт] / Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report. Technical Summary.

58. [www.climatereessio.ru](http://www.climatereessio.ru) [Электронный продукт] / Климат северного полушарие.

59. [www.wmo.int](http://www.wmo.int). [Электронный продукт] / Глобальное потепление.
60. Борисенков, Е.П. Климат и его изменения [Текст] / Е.П.Борисенков. - М.: Знание, 1976. - 64 с.
61. Борисенков, Е.П. Основные тенденции естественных и антропогенных изменений климата [Текст] / Е.П. Борисенков // Физические основы изменения современного климата. Всесоюз. симпозиум, -СПБ.: 23-25 апреля 1979. -Ч.1. -М.5 1981. -С. 4-41.
62. Винников, К.Я. Современные изменения климата Северного полушария [Текст] / К.Я. Винников // Метеорология и гидрология. -М.: 1980. -№ 6. -С.5-17.
63. Груза, Г. В. Климат на рубеже веков [Текст] / Г.В.Груза // М.: Земля и Вселенная. 2001. -№ 6. -С. 12-21.
64. Доклад об изменении климата в Таджикистане [Текст] / -Душанбе 2001г. 326 с.
65. Доклад об особенностях климата на территории Республики Таджикистан и ее изменение. [Электронный продукт] / Режим доступа: <http://www.meteo.tj>.
66. Переведенцев, Ю.П. Глобальные и региональные изменения климата на рубеже XX и XXI столетий. [Текст] / Ю.П.Переведенцев, Ф.В.Гоголь, Э.П. Наумов К.М. Шангалинский // Вестник Воронеж, гос. ун-та. Серия География. Геоэкология. 2007. -№2. -С. 5-12.
67. Будыко, М.И. Исследования современных изменений климата. [Текст] / М.И Будыко. // Метеорология и гидрология. 1977. -№11. -С.42-57.
68. Будыко, М.И. Глобальное потепление. [Текст] / М.И. Будыко, К.Я. Винников // Метеорология и гидрология. 1976. -№ 7. -С.16-26.
69. Будыко, М.И. Современные изменения климата. [Текст] / М.И. Будыко К.Я. Винников // Метеорология и гидрология. -1973. -№ 9. -С.3-13.
70. Будыко, М.И. Антропогенные изменения глобального климата. [Текст] / М.И.Будыко, Э.К. Бютнер, К.Я. Винников, Г.С. Голицын, О.А. Дроздов, И.Л. Кароль. // Метеорология и гидрология, 1981. -№ 8. -С.5-14.

71. Хакимов, Ф.Х, Климат Таджикистана в связи с глобальным изменением климата [Текст] / Ф.Х. Хакимов, С.О. Мирзохонова, Н.А. Мирзохонова // Вестник национального университета, 2006, -№2 (28). -С. 177-187.
72. Хакимов, Ф.Х, Проблема изменения климата в Таджикистана и его последствия. [Текст] / Ф.Х. Хакимов, С.О. Мирзохонова, Н.А. Мирзохонова.// Вестник национального университета, -2005, -№3.- С. 151-156.
73. Величко, А.А. Потепление климата: взгляд в будущее. [Текст] / А.А. Величко // Наука в России. 2002. -№ 3.- С. 44-52.
74. Винников, К.Я. Чувствительность климата. Эмпирические исследования закономерностей современных изменений климата [Текст]. / К.Я. Винников. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. -224 с.
75. Винников, К.Я. Изменение средней температуры воздуха Северного полушария за 1841- 1985 гг. [Текст] / К.Я. Винников, П.Я. Гройсман, К.М. Лугина, А.А. Голубев // Метеорология и гидрология. -1987. -№1. -С.45-55.
76. Винников, К.Я. Современные изменения термического режима Северного полушария. [Текст] / К.Я. Винников // Труды ГГИ. -1981. -Вып. 271. -С. 11-24.
77. Геденов, А.Д. Изменения температуры воздуха на Северном полушарии за 90 лет [Текст] / А.Д. Геденов. -Л.: Гидрометеиздат, 1973. -145 с.
78. Adler, R.F. The version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979-present) [Электронный продукт] / R.F. Adler // J. Hydrometeorol. - 2003. - 4 . - Pp. 1147-1167.
79. Beck, C, J. A new monthly precipitation climatology for the global land areas for the period 1951 to 2000 [Электронный продукт] / C Beck, J. Grieser, B. Rudolf // Climate Status Report 2004. - German Meteorological Service, 2005- - Pp. 181-190.
80. Braun, L.N. 2003. Glacial changes in the Pamir during the past 75 years and their effect on stream flow [Электронный продукт] / L.N. Braun, W.G. Hagg // Contribution to the Bielefeld Pamir Symposium -Pp.22.-25.

81. Adam, J.C. Implications of global climate change for snowmelt hydrology in the twenty first century [Электронный продукт] / J.C. Adam, A. P. Hamlet. D.P. Lettenmaier // Hydrological Processes. -2009. - .Ye 23. -Pp. 962-972.

82. Arheimer, B. Development and test of a new Swedish water quality model for small-scale and large-scale applications [Электронный продукт] / B. Arheimer, G. Lindstr "от, C. Pers, et.al // Proc. XXV Nordic Hydrological Conference, Reykjavik, August 11-13. -2008. -Pp. 105-111.

83. [www.dilog.tj](http://www.dilog.tj) [Электронный продукт] / Влияние изменение климата на ледники Центральной Азии и Памира.

84. Борзенкова, И.И. Пространственная и временная изменчивость осредненной по широте средней месячной температуры воздуха Северного полушария [Текст] / И.И.Борзенкова, К.Я.Винников // Труды ГГО. -1975. - Вып. 364. -С. 163-177.

85. Гройсман, П.Я. Оценки изменчивости средней годовой зональной температуры воздуха / П.Я. Гройсман // Метеорология и гидрология. -1987. - № 3. -С. 103-105.

86. Груза, Г.В. Об изменении температуры воздуха и осадков на территории СССР за период инструментальных наблюдений [Текст] / Г.В.Груза, Л.К.Клещенко, Э.Я. Ранькова // Метеорология и гидрология, -М.: 1977. -№ 1. -С. 13-25.

87. Груза, Г.В. Об изменчивости температурного и циркуляционного режима атмосферы Северного полушария [Текст] / Г.В.Груза, Л.К.Клещенко, Т.П. Тимофеева // Метеорология и гидрология, -М.: 1982. -№ 3. -С. 8-20.

88. Груза, Г.В., Ранькова Э.Я. Некоторые характеристики температурного режима Северного полушария и особенности текущих изменений климата [Текст] / Г.В.Груза, Э.Я. Ранькова // Труды ВНИИГМИ-МЦД. -1980. -Вып. 68. -С.23-31.

89. Груза, Г.В. Анализ глобальных данных об изменениях приземной температуры воздуха за период инструментальных наблюдений [Текст] /

Г.В.Груза, Э.Я. Ранькова, Э.В. Рочева // Метеорология и гидрология, -М.: 1989. -№ 1. -С. 22-31.

90. Груза, Г.В. Структура и изменчивость современного климата [Текст] / Г.В.Груза, Э.Я. Ранькова, Э.В.Рочева, Л.В. Лапаева // Метеорология и гидрология. -М.: 1990. -№7. -С.14-18.

91. Дроздов, О.А. Влияние термического режима на увлажнение суши [Текст] / О.А. Дроздов // Труды ГГИ. -1983.- Вып.280. -С. 3-14.

92. Дроздов, О.А. Исследование колебаний увлажнения [Текст] / О.А. Дроздов // Метеорология и гидрология. -М.: 1978. -№ 4. -С.109-115.

93. Дроздов, О.А. Исследование связи между глобальными температурой и увлажнением [Текст] / О.А. Дроздов // Труды ГГИ. -1985. -Вып. 317. - С.3-22.

94. Дроздов, О.А. О причинах и проявлениях естественных колебаний климата [Текст] / О.А Дроздова //Вестник ЛГУ. 1981. Вып. 2. -№ 12. -С.63-71.

95. Дроздов, О.А. О фазах векового цикла количества осадков на территории Евразии [Текст] / О.А. Дроздов // Труды ГГО. 1973. Вып. 299. -С.91-99.

96. Дроздов, О.А. Формирование увлажнения суши при колебаниях климата [Текст] / О.А. Дроздов // Метеорология и гидрология. 1981. -№ 4. -С. 17-24.

97. Дроздов, О.А. Возможные изменения влагооборота при потеплении климата [Текст] / О.А. Дроздов, И.В Малкова // Труды ГГИ. 1981. Вып. 271. - С. 3-10.

98. Большаков, А.А. Методы обработки многомерных данных и временных рядов [Текст] / А.А. Большаков, Р.Н. Каримов. -М.: Горячая линия - Телеком, 2006. - 520 с.

99. Изменение климата, 2013. Физическая научная основа. Резюме для политиков [Электронный продукт] // Источник: [http://meteoinfo.ru/media/books-docs/WG1AR\\_5SPM\\_brochure\\_ru.pdf](http://meteoinfo.ru/media/books-docs/WG1AR_5SPM_brochure_ru.pdf).



100. Кондратьев, К.Я. Новое в оценках изменения глобального климата [Текст] / К.Я. Кондратьев // Изв. Рус.геогр. общества. 1993. -Т. 125. Вып.4. - С. 1-11.
101. Малинин, В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации [Текст] / В.Н. Малинин. -СПб.: Изд. РГГМУ, 2008. -408с.
102. Многомерный статистический анализ в экономике [Текст] / Под ред В.Н. Тамашевича. -М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. - 598 с.
103. Пановский, Г.А. Статические методы в метеорологии [Текст] / Г.А.Пановский, Г.В. Брайер. -Л.: Гидрометиздат 1967. -242 с.
104. Полозова, Л.Г. Анализ цикличности колебаний средней месячной температуры воздуха в Северном полушарии [Текст] / Л.Г. Полозова // Труды ГГО. -1970. -Вып. 269. -С. 36-73.
105. Айвазяна, С.А. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности [Текст] / С.А. Айвазова. // Под ред. С.А.Айвазяна. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 606 с.
106. Рубинштейн, Е.С. Структура колебаний температуры воздуха на Северном полушарии [Текст] / Е.С.Рубинштейн. - Л.: Гидрометеоздат, 1977. - 25 с.
107. Шнитников, А.В. Внутривековая изменчивость компонентов общей увлажненности [Текст] / А.В.Шнитников. - Л.: Наука, 1969. - 246 с.
108. Научно-прикладной справочник по климату СССР: Сер. 3. Многолетние данные. Вып. 1, 2, 3, 8, 9, 12, 13, 15, 28, 29. Части 1-6 [Текст] / Гос. ком. СССР по гидрометеорологии (1988-1992гг.). -Л.: Гидрометеоздат, 1993. -241 с.
109. Национальный план действий республики Таджикистан по смягчению последствий изменения климата. [Текст] / под ред. Б.У. Махмадалиев. -Душанбе, 2003. -350 с.
110. Норматов, П.И. Мониторинг метеорологических условий зон формирования водных ресурсов трансграничной реки Пяндж (Таджикистан) [Текст]

/ П.И. Норматов, Г.Т. Фрумин, И.Ш. Норматов, А.О. Муминов // -ученые записки -№ 47. –С 9-15.

111. Мирзохонова, С.О. Тенденция изменения термического режима на влагообеспеченность на Памире за период 1960-2015 [Текст] / С.О. Мирзохонова. // Респ. научно-теоретической конф. ППС и сотрудников ТНУ, посвященной «25-летию Государственной независимости Республики Таджикистан». Душанбе -2016. -С. 71.

112. Хакимов, Ф.Х. Изменение температурного режима на территории Западного Памира [Текст] / Ф.Х. Хакимов, С.О. Мирзохонова // Мат. науч.-теорет. конф. «Современные проблемы физики конденсированных сред». -Душанбе, 2007. - С. 75-77.

113. Хакимов, Ф.Х. Изменение температурного режима по высотам на территории Западного Памира [Текст] / Ф.Х. Хакимов, С.О. Мирзохонова // Тез. докл. Научно-теоретической конф. «Современной проблемы физики конденсированных сред». ТГНУ. -Душанбе 2007. -С. 75-77.

114. Мирзохонова, С.О. Мониторинг метеорологических условий верховья трансграничной реки Амударья [Текст] / С.О. Мирзохонова // Наука и инновация. Научный журнал. -2017. -№1. -С. 207-212.

115. Мирзохонова, С.О. Мониторинг метеорологических условий трансграничной реки Пяндж [Текст] / С.О. Мирзохонова, Дж.Г. Шарипов, Н.А. Мирзохонова // Мат. межд. конф. «Перспективы развития физической науки», посв. памяти (80-летию) Заслуженного деятеля техники и Республики Таджикистан, члена-корреспондента АН РТ, доктора физико-математических наук, профессора Хакимова Ф.Х. - Душанбе, 2017 93-96.

116. Мургазаев, У.И. Адаптивные стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата, фиксируемого в Республике Таджикистан [Текст] / У.И. Мургазаев, Д.Ф. Бобиев // Сб. статей, посв. Междунар. десятилетию действий «Вода для жизни» (2005-2015).-Душанбе, 2015.-С. 90-94.

117. Переведенцев, Ю.П. Региональные проявления современного потепления климата в тропостратосфере Северного полушария [Текст] / Ю.П.

Переведенцев, М.А.Верещагин, Э.П. Наумов, К.М.Шанталинский, А.А. Николаев // Изв. РАН. Серия геогр. -2005. -№6. -С.6-16.

118. Переведенцев, Ю.П. Современные глобальные и региональные изменения окружающей среды и климата [Текст] / Ю.П. Переведенцев, М.А.Верещагин, Э.П. Наумов, К.М.Шанталинский, В.Д. Тудрий // Казань: УНИПРЕСС, 1999. -96 с.

119. Гидрологические данные расхода воды реки Гунт до 2015г. // Ежемесячники Агенства по гидрометеорологии РТ. –Душанбе, 2015. -102 с.

120. Гидрологические ежегодники (1940-1990гг). -Душанбе, 1991. -498 с.

121. Государственный Водный Кадастр. Многолетние Данные о Режиме и Ресурсах Поверхностных Вод Суши. Том XII. Таджикская ССР. –Л.: Гидрометеоздат, 1987. -350 с.

122. Ежегодник водных ресурсов. водного хозяйства и энергетики Таджикистана. (Памир) // Министерства энергетики и водных ресурсов РТ. –Душанбе, 2017. -167 с.

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

**More  
Books!**



yes  
**I want morebooks!**

Buy your books fast and straightforward online - at one of world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at  
**[www.morebooks.shop](http://www.morebooks.shop)**

Покупайте Ваши книги быстро и без посредников он-лайн – в одном из самых быстрорастущих книжных он-лайн магазинов! окружающей среде благодаря технологии Печати-на-Заказ.

Покупайте Ваши книги на  
**[www.morebooks.shop](http://www.morebooks.shop)**

KS OmniScriptum Publishing  
Brivibas gatve 197  
LV-1039 Riga, Latvia  
Telefax: +371 686 20455

[info@omniscryptum.com](mailto:info@omniscryptum.com)  
[www.omniscryptum.com](http://www.omniscryptum.com)

OMNIScriptum



FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY



FOR AUTHOR USE ONLY