

### 3. Анализ наблюдаемых трендов стока и циклических колебаний

Анализ наблюдений за притоками в Чарвакское и Андижанское водохранилища показывает отсутствие линейных трендов, что соответствует выводам об отсутствии значимых изменений в рядах наблюдений за осадками [4]. В работах [1-3, 5 и др.] было показано, что годовые суммы осадков имеют значительные колебания во времени, можно выделить ряд очень сухих и очень влажных периодов. Например, наиболее сухое было десятилетие в 1941-1950 годы, наиболее влажные десятилетия - 1951-1960 и 1981-1990 годы. Многолетние колебания осадков в значительной мере связаны с изменениями общей циркуляции атмосферы, а крупные аномалии годовых сумм осадков наблюдаются синхронно по большой территории.

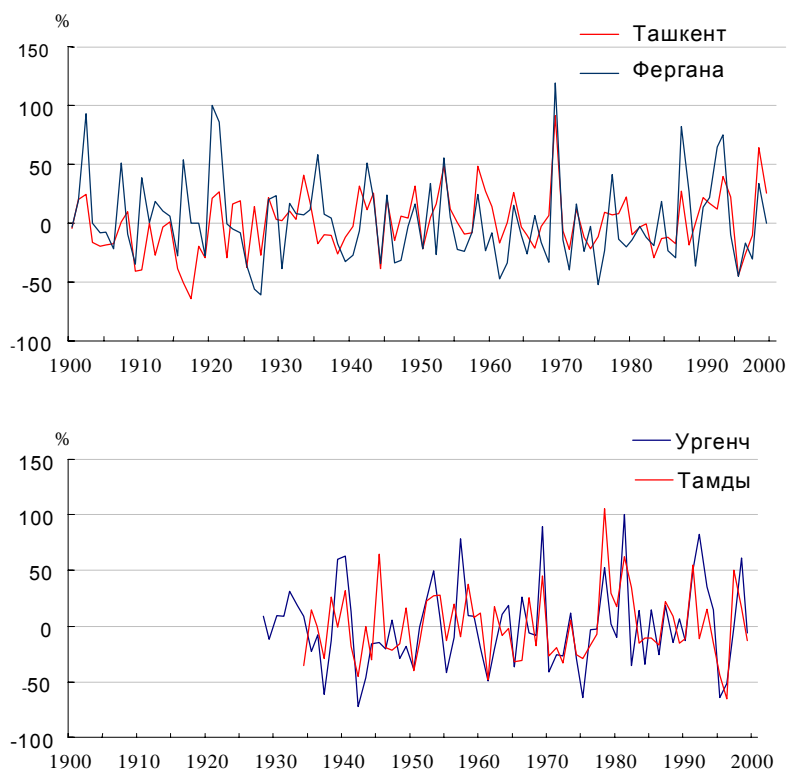
Анализ изменения средних значений и дисперсий месячных сумм осадков в различные 30-летние интервалы показал, что в Узбекистане в связи с изменением климата отмечается некоторое увеличение изменчивости осадков, однако сделать однозначный вывод о тенденциях изменения средних значений месячных и годовых сумм осадков в связи с изменением климата невозможно [4].

В работе [5] для отдельных сезонов года рассмотрен стандартизованный индекс осадков (*SPI*). Расчет индекса производился по среднемесячным данным метеорологических станций, характеризующих различные территории республики.

$SPI = [(p - \bar{p}) / \bar{p}] \times 100\%$ , где  $p$  - наблюдаемое количество осадков,  $\bar{p}$  - их среднее значение. Широкое применение этот показатель получил благодаря простоте его вычисления и доступности исходных данных для этой цели.

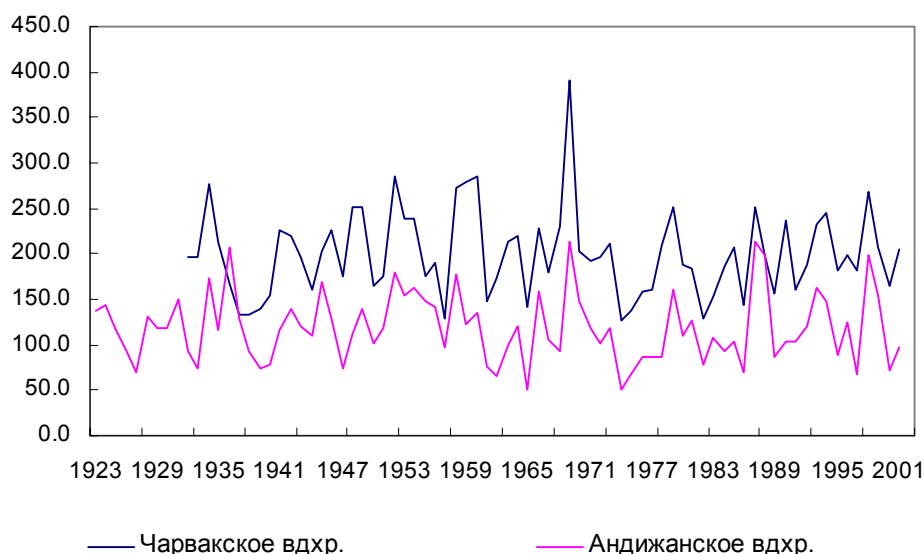
Расчеты показали, что существенных тенденций изменений стандартизованного индекса осадков, вычисленного для отдельных сезонов года по территории Узбекистана, не отмечается.

На рис. 14 приводятся ряды стандартизованного индекса весенних осадков (март-май), вычисленного для станций предгорной зоны (Ташкент, Фергана), низовьев Амударьи (Ургенч) и зоны пустынь (Тамды).



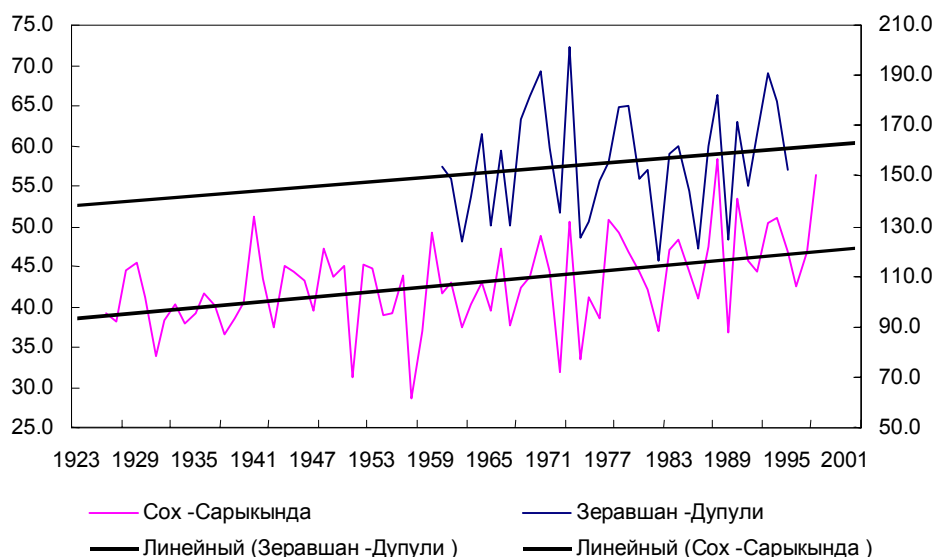
**Рис. 14 | Изменение стандартизованного индекса осадков по отдельным станциям Узбекистана (весенние месяцы)**

На рис. 15 представлены изменения среднегодовых притоков в Чарвакское и Андижанское водохранилища (календарный год), где отмечается высокая синхронность колебаний стока и отсутствие значимых долговременных тенденций изменения, поскольку основной вклад в формирование притоков в данные водохранилища вносят осадки.



**Рис. 15 | Изменение среднегодовых притоков в Чарвакское и Андижанское водохранилища (календарный год)**

Если рассмотреть изменение во времени стока рек, где доля ледникового питания больше, то можно отметить устойчивую тенденцию к увеличению стока, что вполне согласуется с выводом о возрастании вклада ледниковой составляющей в условиях наблюдаемого потепления климата региона.



**Рис. 16 | Изменение среднегодового стока в створах Сох-Сарыкында и Зеравшан-Дупули (календарный год)**

Аналогичный вывод можно сделать и при рассмотрении притока в Нурекское водохранилище (рис.17), где данные наблюдений также фиксируют некоторое возрастание

стока в связи с повышением температур воздуха в последние десятилетия, что можно считать следствием антропогенного изменения климата в регионе.



**Рис.17 | Изменение притока в Нурекское водохранилище за теплый период года**

Как известно, любое влияние деятельности человека на климат накладывается на фоновый "шум" естественной климатической изменчивости, связанной с изменениями и колебаниями атмосферной циркуляции, обусловленными как внутренними флуктуациями, так и с воздействием внешних факторов, таких, изменение солнечной активности, параметров вращения Земли, вулканических извержений и др.

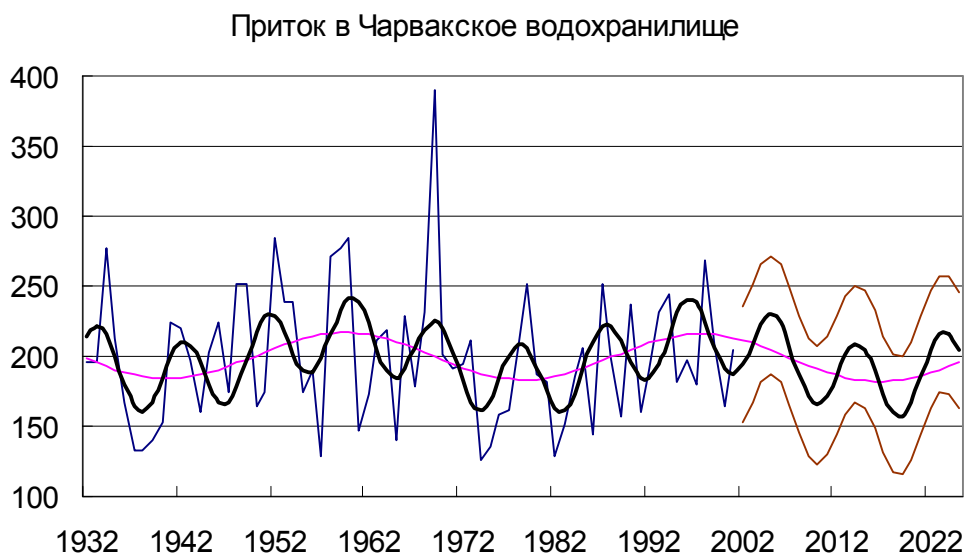
Исследования, проведенные по диагнозу и анализу существующих изменений климата Средней Азии, позволили выявить ряд циклических колебаний во временных рядах температуры воздуха. В изменениях среднегодовой температуры воздуха, средней температуры воздуха за холодное и теплое полугодия на фоне существующей тенденции к потеплению обнаружена квази 22-летняя цикличность, т.е. цикличность близкая к так называемому хейловскому циклу геомагнитной активности, связанному с магнитной полярностью солнечных пятен. Данная цикличность описывает соответственно 24, 19 и 12% дисперсии исходных рядов (см. раздел 1.1).

Изменения режима осадков связаны с изменением региональной циркуляции. В работе [3] изучались многолетние колебания годовых сумм атмосферных осадков, осредненных по равнинной и горной территории и на отдельных метеорологических станциях, а также их тенденции. Цикличности или периодичности выявлялись с помощью автокорреляционных функций. Была обнаружена периодичность в 30-35 лет, 2-3, 4-5, 6-7-летние циклы, что вполне согласуется с результатами работы [2]. В рядах осадков и стока обнаруживаются цикличности, близкие к периоду колебаний солнечной активности и различных индексов циркуляции, колебаний с периодом 4-6 лет и квазидвухлетней цикличности [1-3]. Низкочастотные колебания (порядка 35-40 лет) в рядах осадков и стока можно связать со сменой циркуляционных эпох [7].

В этой связи нами выполнен анализ рядов стока моделью циклических компонент [6], которая позволяет последовательно выделять сложные тренды, являющиеся суммой линейного тренда и одной или двух гармоник. Значимость выявленных трендов можно оценить с помощью коэффициенту корреляции и величинам описанной дисперсии. Экстраполяция выделенных трендов позволяет выполнить оценку возможных изменений стока на ближайшую перспективу.

**Таблица 21 | Параметры трендов, выделенных во временных рядах стока с преобладанием дождевого снегового питания**

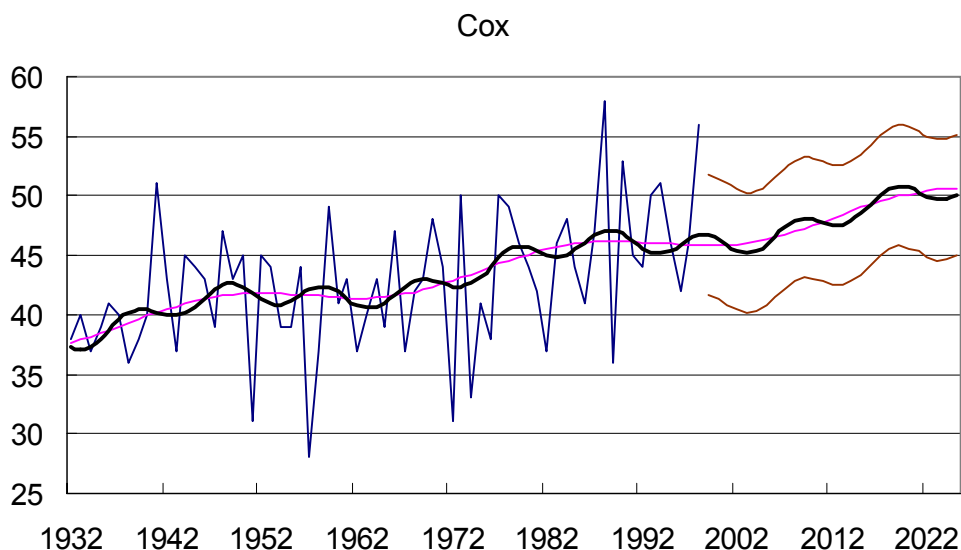
Периоды	Описанная дисперсия, %	Коэффициент корреляции	Длина ряда
Приток в Андижанское водохранилище			
37	3.7	0.21	70
9	13.1	0.37	70
Приток в Чарвакское водохранилище			
38	6.3	0.25	70
9	21.2	0.46	70
Сох-Сарыкында			
37	19.1	0.43	67
10	21.1	0.44	67



**Рис.18 | Изменение притока в Чарвакское водохранилище и выделенные тренды**



**Рис. 19 | Изменение притока в Андижанское водохранилище и выделенные тренды**



**Рис. 20 | Изменение стока в створе Сох-Сарыкында и выделенные тренды**

В табл. 21 приводятся параметры выделенных сложных трендов, а на рис 18-20 – сами тренды. Выделенный цикл 37-38 лет можно соотнести со сменой циркуляционных эпох, а цикл 9-10 лет сопоставим с периодом колебания солнечной активности, который в настоящее время близок к 10 годам. На рис. 20 отчетливо прослеживается линейный тренд.

Однако, следует иметь ввиду, что экстраполяция линейных положительных трендов, наблюдаемых во временных рядах стока, имеющих значительные ледниковые составляющие, будет давать реалистичную оценку только до тех пор, пока не исчерпаются компенсационные возможности ледников в горах.

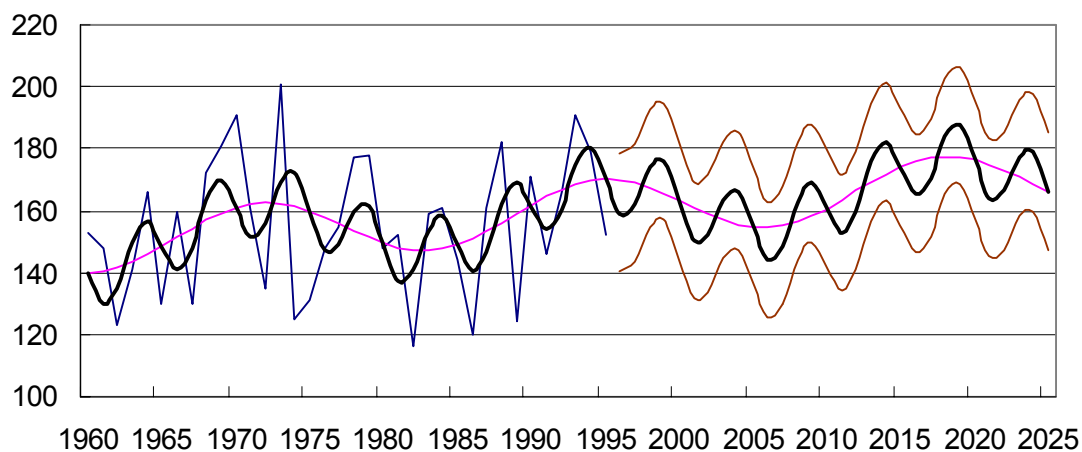
Анализ временных рядов стока, с существенной долей ледникового питания показал наличие колебаний 22-23 года, которые проявляются во временных рядах температуры воздуха и колебание с периодом 5 лет (табл. 22). Выделенный сложный тренд по-

зволил описать существенную долю дисперсии (до 36, 5% для временного ряда притока в Нурекское водохранилище за теплый период года).

**Таблица 22 | Параметры трендов, выделенных во временных рядах стока с преобладанием дождевого снегового питания**

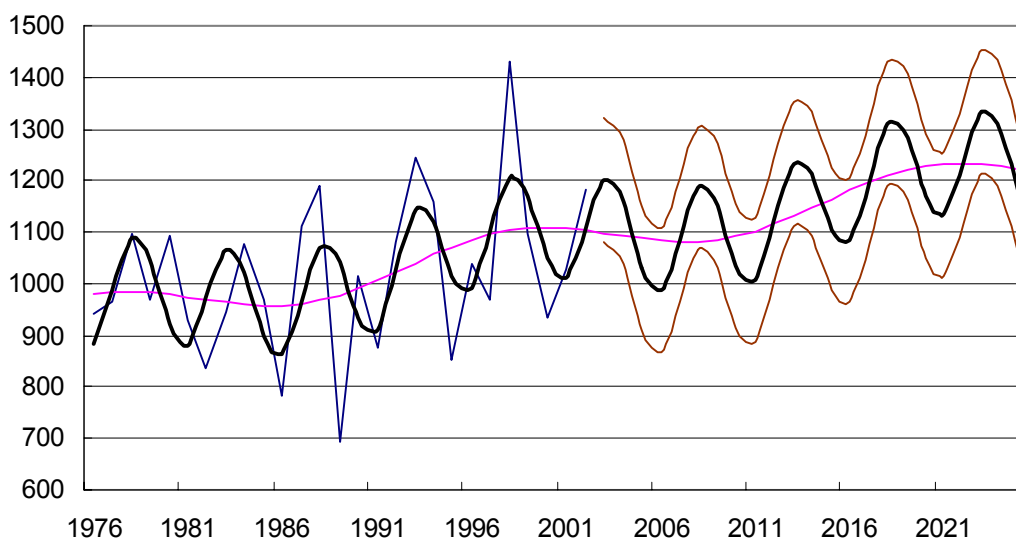
Периоды	Описанная дисперсия, %	Коэффициент корреляции	Длина ряда
Зеравшан-Дупули			
23	14.2	0.35	36
5	29.4	0.50	36
Приток в Нурекское водохранилище (апрель- сентябрь)			
22	14.3	0.35	27
5	36.5	0.60	27

Зеравшан - Дупули



**Рис. 21 | Изменение стока в створе Зеравшан-Дупули и выделенные тренды**

Приток в Нурекское водохранилище (апрель-сентябрь)



**Рис. 22 | Изменение притока в Нурекское водохранилище за теплый период года и выделенные тренды**

На графиках 18-22 также представлен диапазон возможных колебаний исследуемых рядов, как плюс и минус стандартное отклонение остатка ряда после удаления трендов.

Однако, учитывая, что все природные колебания стока имеют квазициклическую структуру, использовать выявленные гармонические тренды в прогностических целях не представляется возможным. Вместе с тем, выявленные колебания стока указывают на увеличение изменчивости стока в отдельные временные интервалы.

На основании проведенного анализа трендов можно заключить, что:

- для рек с существенным вкладом снегового питания значимых тенденций изменения не обнаружено. Выявленные квазипериодичности обусловлены изменением режима осадков;
- для рек с существенным вкладом ледникового питания отмечается некоторая тенденция увеличения стока, связанная с потеплением климата в регионе.

Следует иметь в виду, что экстраполяция линейных положительных трендов, наблюдаемых во временных рядах стока, имеющих значительные ледниковые составляющие, будет давать реалистичную оценку только до тех пор, пока не исчерпаются компенсационные возможности ледников в горах.