

**ЦЕНТРАЛЬНОАЗИАТСКИЙ  
ЖУРНАЛ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Международный научный журнал**

---

**№ 3-4, 2022**

---

**\* \* \***

**CENTRAL ASIAN JOURNAL  
OF THE GEOGRAPHICAL  
RESEARCHES**

**International scientific journal**

---

**No 3-4, 2022**

---

**Чирчик  
Chirchik**

УДК 556.18

Хамзаева Ж.Т., Аденбаев Б.Е., Сагдеев Н.З.

Национальный университет Узбекистана, г. Ташкент, Узбекистан

### ОСАДКИ КАК СТОКОФОРМИРУЮЩИЙ ФАКТОР В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ АМУДАРЬИ

*Аннотация.* В статье рассмотрены статистические характеристики атмосферных осадков, выпавших на поверхность трех бассейнов, где происходит формирование стока реки Амударьи: бассейнов рек Таджикистана, Узбекистана и севера Афганистана. Изучена их роль как стокообразующего фактора. Получены зависимости распределения осадков по высотным зонам горных территорий, рассчитаны средняя величина суммы годовых осадков за отдельные годы по 8-ми метеостанциям Таджикистана и 8-ми метеостанциям Узбекистана, а для территории Афганистана использованы данные литературных источников. По рассчитанным значениям трендов на шести пунктах наблюдений отмечено незначительное увеличение сумм годовых осадков, а на двух – снижение, а на всех восьми пунктах наблюдений на территории Таджикистана произошло незначительное возрастание годовых сумм осадков. Получена зависимость стока р. Амударьи в створе Керки от средних годовых сумм осадков в бассейне Сурхандарьи, и по ней выполнен расчет стока в Керки.

*Ключевые слова:* осадки, внутригодовое распределение осадков, тренды осадков, антропогенное воздействие, естественные потери, испарение, инфильтрация, коэффициент стока.

Khamzaeva J.T., Adenbaev B.E., Sagdeev N.Z.

National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

### PRECIPITATION AS A RUNOFF-FORMING FACTOR IN THE UPPER AMUDARYA

*Abstract.* The article considers the statistical characteristics of atmospheric precipitation that fell on the surface of three basins where the flow of the Amudarya River is formed. River basins of Tajikistan, Uzbekistan and northern Afghanistan. Their role as a runoff-forming factor has been studied. Dependences of the distribution of precipitation over the altitudinal zones of mountainous territories were obtained, the average value of the total annual precipitation for individual years was calculated for 8 meteorological stations in Tajikistan and 8 meteorological stations in Uzbekistan, and for the territories of Afghanistan, data from literary sources were used. According to the calculated trend values, at six observation points there was a slight increase in annual precipitation, and at two - a decrease, and at all eight observation points in Tajikistan there was a slight increase in annual precipitation. The dependence of the river runoff was obtained. Amu Darya in the Kerki section from the average annual precipitation in the Surkhandarya basin and the runoff in Kerki was calculated from it.

*Key words:* precipitation, intrannual precipitation distribution, precipitation trends, anthropogenic impact, natural losses, evaporation, infiltration, flow coefficient.

**Введение и постановка проблемы.** Водные ресурсы являются лимитирующим фактором в большинстве отраслей экономики. Спрос на воду будет возрастать, как для обеспечения потребностей развивающихся отраслей экономики, так и для быстрорастущего населения. Орошаемое земледелие уже потребляет более 93 % всего водозабора в Узбекистане. Поэтому в будущем будут возникать конфликты интересов между сельским хозяйством и другим отраслями экономики [18].

Для повышения качества и эффективности водопользования, рационального распределения водных ресурсов, достижения приемлемых договоренностей между государствами верхнего и нижнего течения рек, сохранения экологических систем, достаточного обеспечения потребностей водопользователей и водопотребителей необходимо всестороннее изучение водных ресурсов и их изменений с учетом ожидаемых изменений климата [11, 13, 18, 19].

**Изученность проблемы.** Исследованиями распределения атмосферных осадков по территориям бассейнов рек Средней Азии, в том числе реки Амударья, занимались известные ученые В.Л. Шульц, О.П. Щеглова, О.М. Житомирская, Г.Е. Глазырин, Н.А.Агальцева и другие.

Еще в 1884 году А.И. Воейковым [21] была высказана мысль что «при прочих равных условиях страна будет тем богаче текучими водами, чем обильнее осадки и чем меньше испарение, как с поверхности почвы и вод, так и растений». Все исследователи последующих лет дали подтверждение идей, высказанных А.И. Воейковым. Реки Средней Азии, в том числе Амударья, не являются в этом отношении исключением: у рек всех типов питания средний многолетний сток зависит от осадков и испарения [21, 22].

Под влиянием увеличения количества осадков и понижения температур воздуха с ростом абсолютной высоты в горных районах наблюдается резкое возрастание стока. Существует довольно много исключений из этой закономерности, обусловленных ориентировкой склонов гор к движению влагоносных масс воздуха, доступностью их для этих масс и особенностями синоптических процессов.

Из изложенного выше можно сделать вывод, что в условиях горных территорий количество осадков и величина стока являются функцией: а) высоты местности, б) ориентации хребтов по отношению к влагоносным массам воздуха, в) доступности их для этих масс, г) особенностей синоптических процессов.

При относительной однородности последних трех условий можно рассчитывать на наличие связи между количеством осадков и стоком. Выйдя из пределов горной области, реки Средней Азии благодаря аридному климату равнинных пространств не только не пополняют своего стока, но, наоборот, в результате интенсивного разбора на орошение и расхода стока на разного рода испарение резко уменьшают свою водоносность.

Исходя из этого, нами был выполнен поиск связи изменений стока реки Амударья в створе Керки с изменениями этих показателей климата. Основное внимание было обращено на осадки по трем бассейнам: бассейны рек Таджикистана, бассейны рек Сурхандарьи и бассейны рек северной и северо-восточной части Афганистана, так как осадки на территории этих бассейнов являются основным стокоформирующим фактором для гидрологического поста Керки, а дальнейшая динамика стока по длине реки Амударья зависит от расходов воды в створе Керки.

**Цель и задачи работы.** Целью работы является определение зависимости между стоком реки Амударья в створе Керки и атмосферными осадками данного бассейна, так как эти зависимости могут помочь выполнить оценку потери стока под влиянием антропогенных факторов в бассейне Амударьи.

Для достижения намеченной цели нами были решены ряд задач. В первую очередь, были выбраны метеостанции в указанных выше районах и вычислены годовые суммы осадков, а также их изменения во времени. В бассейне реки Сурхандарьи были выбраны 8 метеорологических пунктов, где велись наблюдения за осадками достаточно длительное время. В бассейнах рек Таджикистана были отобраны 8 станций. По бассейнам рек севера и северо-восточной части Афганистана таких сведений получить не удалось.

**Материалы и методы.** В статье использованы материалы гидрологических и метеорологических наблюдений по метеостанциям Таджикистана и Узбекистана, а

также литературные источники по атмосферным осадкам по территориям Афганистана. При исследованиях зависимости стока от атмосферных осадков были применены методы математической статистики, теорий вероятностей, географического подобия и ГИС технологий при картографированиях распределения осадков по территориям.

**Результаты и их обсуждение.** В результате исследований по наблюдательным пунктам бассейна реки Сурхандарьи были получены графики колебаний годовых сумм осадков. Тренды колебаний приведены в таблице 1.

Судя по данным таблицы 1, на шести пунктах наблюдений произошло незначительное возрастание годовых сумм осадков, а на двух – снижение.

Таблица 1  
Уравнения и тренды колебаний годовых сумм осадков по наблюдательным пунктам бассейна Сурхандарьи

№	Название пункта	Н, км	Уравнение	Тренд
1	Шурчи	0,45	$Y = 0,8651X - 1428,9$	0,8651
2	Шерабад	0,42	$Y = 0,1485X - 90,568$	0,1485
3	Денау	0,52	$Y = - 0,6414X + 1615,4$	- 0,6414
4	Байсун	1,24	$Y = - 0,6922X + 1837,4$	- 0,6922
5	Кингузар	0,80	$Y = 2,5217X - 4511,4$	2,5217
6	Дашнабад	0,77	$Y = 1,2938X - 1958,5$	1,2938
7	Зарчоб	0,69	$Y = 1,4221X - 2285,9$	1,4221
8	Термез	0,31	$Y = 0,0715X + 5,0752$	0,0715

Результаты уравнения и тренды по всем восьми пунктам наблюдений в бассейнах рек Таджикистана приведены в табл. 2.

Таблица 2  
Уравнения и тренды колебаний годовых сумм осадков по наблюдательным пунктам бассейнов Таджикистана

№	Название пункта	Н, км	Уравнение	Тренд
1	Федченко	4,17	$Y = 9,825X - 18213$	9,825
2	Дехавз	2,50	$Y = 0,3378X - 353,24$	0,3378
3	Анзоб	3,58	$Y = 4,9901X - 9389,4$	4,9901
4	Шахристан	3,20	$Y = 1,4834X - 2508$	1,4834
5	Ирхт	3,44	$Y = 0,3312X - 513,15$	0,3312
6	Хорог	2,08	$Y = 0,978X - 1652,4$	0,978
7	Искандеркуль	2,20	$Y = 0,9931X - 1675,6$	0,9931
8	Джавшангоз	3,50	$Y = 0,0711X + 0,195$	0,0711

Судя по приведенным графикам и данным таблицы 2, на всех восьми пунктах наблюдений произошло незначительное возрастание годовых сумм осадков.

Таким образом, на 14 пунктах наблюдений за осадками в бассейнах рек Сурхандарьи и Таджикистана произошло незначительное возрастание годовых сумм осадков за периоды наблюдений, а на двух – уменьшение.

Во всех зональных районах Афганистана осадки выпадают с ноября по май, причем в основном в период январь – май. В другие месяцы осадки практически отсутствуют.

Распределение осадков по территории страны крайне неравномерно. В равнинной и слабохолмистой зоне средние годовые осадки на юге и юго-западе страны составляют 50 – 150 мм, на севере – 150 – 200 мм. Осадки выпадают в основном в виде дождей, в среднегорных и высокогорных областях в зимние месяцы – в виде снега.

На севере страны, по старым данным, норма осадков постепенно снижается от Гиндукуша к Амударье. По уточненным данным складывается другая картина. Вся северная зона может быть разбита на две подзоны: восточную и западную.

В восточной зоне имеет место постепенное снижение нормы осадков от 500 мм до 200 мм. Район с нормой осадков 200 мм и ниже распространяется к югу от Амударьи. В западной зоне максимальная норма осадков порядка 300 мм в год. К югу и юго-востоку норма осадков снижается [6].

Расчет внутригодового распределения осадков представляет собой количественную оценку распределения осадков по сезонам года и по месяцам, а также по декадам и неделям внутри месяца. Выражается обычно в процентах или долях от годовой (при сезонном и месячном распределении) или месячной (при декадном или недельном распределении) сумм осадков. Это позволяет иметь данные об осадках за конкретные (календарные) отрезки времени.

Анализ многолетних гидрографов осадков в бассейнах рек различных географических зон и районов позволяет, несмотря на многообразие индивидуальных особенностей режима, установить их общие или близкие черты, присущие тем или иным группам рек отдельных районов, и дать классификацию рек по источникам питания и внутригодовому распределению стока.

Основные факторы, определяющие внутригодовое распределение осадков и его общую величину – климатические. Они определяют общий характер (фон) распределения осадков в году того или иного географического района.

Исходя из изложенного выше, был произведен анализ внутригодового распределения осадков в исследуемых районах. Анализ был произведен по средним многолетним суммам месячных осадков. Основные характеристики бассейна Сурхандарьи по всем восьми постам приведены в таблице 3.

Таблица 3

Внутригодовое распределение средних многолетних месячных сумм осадков по метеостанциям бассейна Сурхандарьи

	Название пункта	Н, км	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1	Шурчи, мм	0,45	42.9	42.7	64.3	41.2	21.6	2.6	0.4	0.0	0.6	7.3	21.5	34.3	279
	%		15.4	15.3	23.0	14.7	7.7	0.9	0.1	0.0	0.2	2.6	7.7	12.3	100
2	Шерабад, мм	0,42	34.4	32.6	46.4	29.2	12.1	2.6	0.3	0.3	0.1	4.0	14.4	26.3	202
	%		17,0	16.1	22.9	14.4	5.9	1.3	0.1	0.1	0.1	2.0	7.1	13.0	100
3	Денау, мм	0,52	52.3	55.4	74.5	56.1	28.9	3.5	0.2	0.3	0.6	9.3	28.3	42.4	351
	%		14.8	15.8	21.2	15.9	8.2	1.0	0.1	0.1	0.2	2.7	8.1	12.1	100
4	Байсун, мм	1,24	61.6	66.1	99.7	82.0	47.8	9.9	3.4	1.6	1.4	12.6	32.3	54.7	472
	%		13.0	14.0	21.1	17.4	10.0	2.1	0.7	0.3	0.3	2.7	6.8	11.6	100
5	Кенгузар, мм	0,80	68	77	101	71	41	9	2	0	2	17	40	58	485
	%		14.0	15.9	20.8	14.5	8.5	1.8	0.3	0.1	0.4	3.6	8.3	11.9	100
6	Дашнабад, мм	0,77	80.2	88.7	139.6	95.6	48.3	5.4	1.0	0.3	1.1	21.4	41.1	61.8	584
	%		13.7	15.2	23.9	16.4	8.3	0.9	0.2	0.0	0.2	3.7	7.0	10.6	100
7	Зарчоб, мм	0,69	70.7	75.8	117.3	87.9	42.0	5.5	2.3	0.1	1.2	16.9	34.4	55.2	509
	%		13.9	14.9	23.0	17.3	8.3	1.1	0.4	0.0	0.2	3.3	6.8	10.8	100
8	Термез, мм	0,31	23.9	22.3	33.0	23.1	9.9	1.2	0.0	0.0	0.2	2.7	10.2	18.8	145
	%		16.5	15.3	22.7	15.9	6.8	0.8	0.0	0.0	0.2	1.8	7.0	12.9	100

Анализируя полученные результаты можно сделать следующие выводы:

- основная часть осадков за год выпадает в периоды январь – май и ноябрь – декабрь. Доля осадков за этот период колеблется от 97 % по посту Термез до 94 % по посту Кингузар. То есть распределение осадков по всем восьми постам одинаковое;

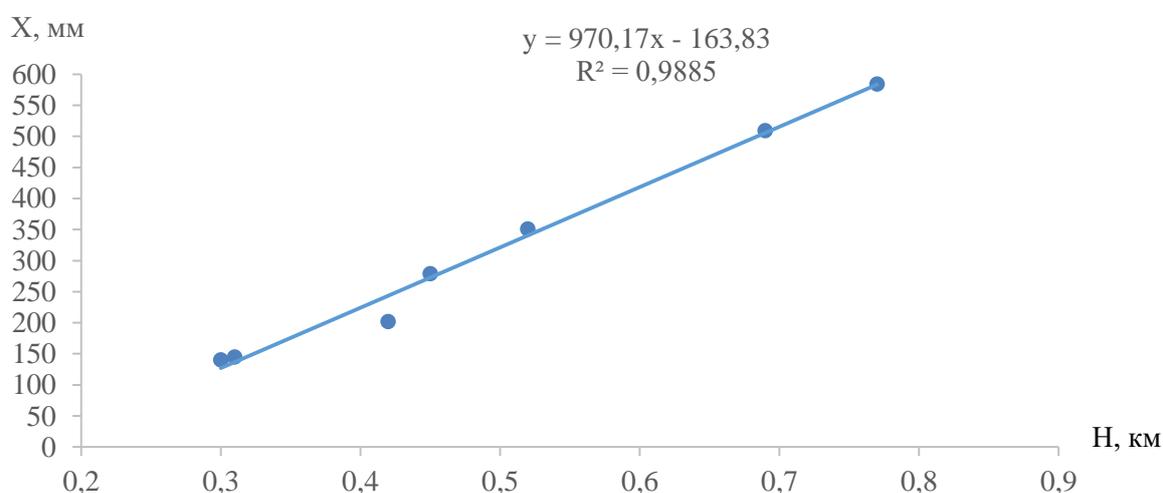
- доли осадков за периоды январь – май и ноябрь – декабрь колеблются, соответственно, от 77% до 67 % и от 20 % до 15 %;

- в количественном отношении средние многолетние годовые суммы осадков изменяются от 140 мм в нижних частях бассейна до 584 мм в верхних частях бассейна;

- наибольшее количество осадков наблюдается в марте – апреле и составляет от 140 до 33 мм;

- внутригодовое распределение осадков носит естественный характер и зависит от сезонных колебаний метеорологических элементов и от атмосферных циркуляций воздушных масс;

- прослеживается зависимость средних многолетних годовых сумм осадков от абсолютной высоты пункта наблюдений (рис. 1).



**Рис. 1. Зависимость средней многолетней суммы осадков от абсолютной высоты для бассейна Сурхандарья**

Полученные результаты по бассейнам Таджикистана приведены на рис.2 (в качестве примера), основные характеристики по всем постам приведены в табл.4.

Таблица 4

Внутригодовое распределение средних многолетних месячных сумм осадков по метеостанциям бассейнов Таджикистана

№	Название пункта	H, км	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1	Федченко, мм	4,17	100	108	139	121	113	63	39	21	21	88	115	119	1047
	%		9,6	10,3	13,2	11,6	10,8	6,0	3,7	2,0	2,0	8,4	10,9	11,4	100
2	Дежауз, мм	2,50	9,9	12,9	30,6	49,7	54,2	38,5	27,3	13,5	10,8	21,8	16,1	12,6	299
	%		3,3	4,3	10,3	16,7	18,2	12,9	9,1	4,5	3,6	7,3	5,4	4,2	100
3	Анзов, мм	3,58	35,6	35,7	54,1	56,0	63,4	34,1	23,3	11,2	8,4	25,7	32,1	36,4	416
	%		8,6	8,6	13,0	13,4	15,2	8,2	5,6	2,7	2,0	6,2	7,7	8,7	100
4	Шахристан, мм	3,20	22,6	28,9	50,6	65,7	69,2	44,9	29,0	12,9	9,6	24,0	25,2	23,4	406
	%		5,6	7,1	12,5	16,2	17,0	11,1	7,1	3,2	2,4	5,9	6,2	5,8	100
5	Ирхт, мм	3,44	13,3	14,5	22,0	21,4	18,0	9,2	6,0	5,9	2,5	5,8	7,2	11,8	137
	%		9,7	10,6	16,0	15,5	13,0	6,7	4,3	4,3	1,8	4,2	5,3	8,6	100
6	Хорог, мм	2,08	30,4	39,2	52,5	45,7	27,0	6,9	2,8	0,4	0,9	15,4	18,1	30,3	269
	%		11,3	14,5	19,5	16,9	10,0	2,6	1,0	0,2	0,3	5,7	6,7	11,2	100

7	Искандер-куль, мм	2,20	15,9	21,5	45,2	567	42,9	18,3	10,7	5,9	3,8	16,6	14,6	18,9	270
	%		5,9	7,9	16,7	20,9	15,8	6,8	3,9	2,2	1,4	6,1	5,4	7,0	100
8	Джавшан-гоз, мм	3,50	11,4	15,6	21,9	23,9	21,0	8,1	4,6	3,9	1,9	6,0	7,6	13,9	139
	%		8,1	11,2	15,6	17,1	15,0	5,8	3,3	2,8	1,4	4,3	5,4	10,0	100

Исследуя полученные результаты, мы можем сделать следующие выводы:

- основная часть осадков за год выпадает в периоды январь – июнь и октябрь – декабрь. Доля осадков за этот период колеблется от 98,5 % по посту Хорог до 87 % по посту Шахристанский перевал. Необходимо отметить, что внутригодовое распределение осадков по бассейнам Таджикистана более равномерное, чем в Сурхандарье. В бассейнах Таджикистана осадки выпадают круглогодично;

- доли осадков за периоды январь – июнь и октябрь – декабрь колеблются, соответственно, от 75% до 62 % и от 31 % до 17 %;

- в количественном отношении средние многолетние годовые суммы осадков изменяются от 138 мм по посту Хорог до 1047 мм по посту Федченко, что объясняется различиями в физико-географических условиях;

- наибольшее количество осадков наблюдается в марте – апреле и составляет от 140 мм на посту Федченко до 21 мм по посту Ирхт;

- внутригодовое распределение осадков носит естественный характер и зависит от сезонных колебаний метеорологических элементов и от атмосферных циркуляций воздушных масс;

- в количественном отношении в бассейнах Таджикистана прослеживается некоторое отставание сумм осадков по абсолютной высоте, чем в бассейне Сурхандарьи. К примеру, на посту Ирхт с высотой 3,44 км сумма осадков равна 138 мм, что соответствует сумме осадков по посту Термез с высотой 0,31 км;

- так же, как в бассейне Сурхандарьи, в бассейнах Таджикистана прослеживается зависимость средних многолетних годовых сумм осадков от абсолютной высоты пункта наблюдений. К сожалению, нам не удалось получить материалы наблюдений по станциям бассейнов Таджикистана, расположенных в низкогорной зоне. График зависимости сумм осадков от абсолютной высоты местности приведен на рисунке 2.

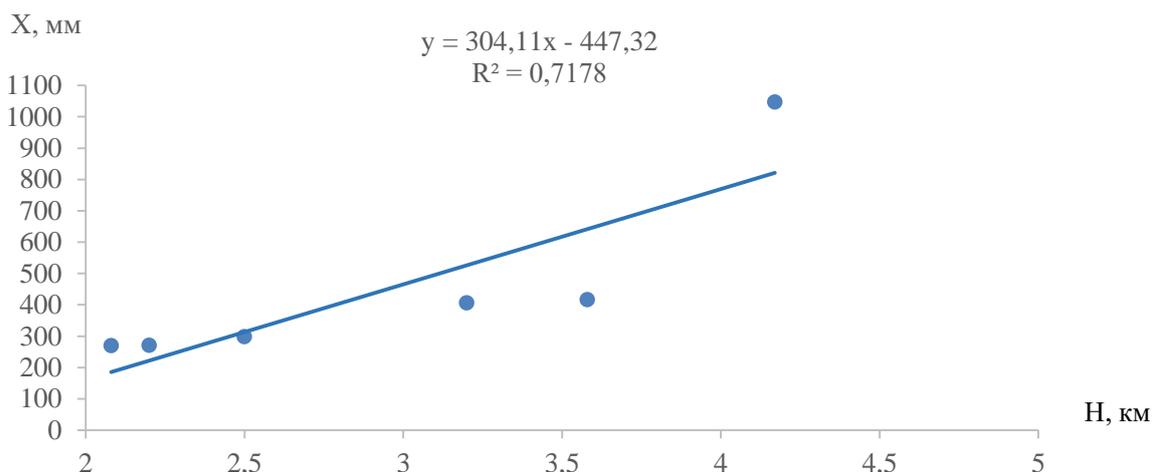
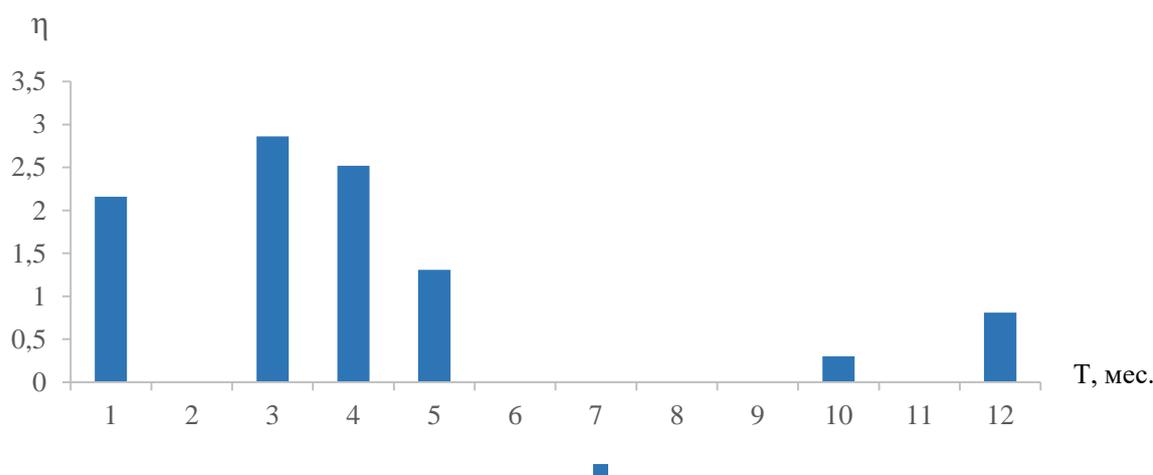
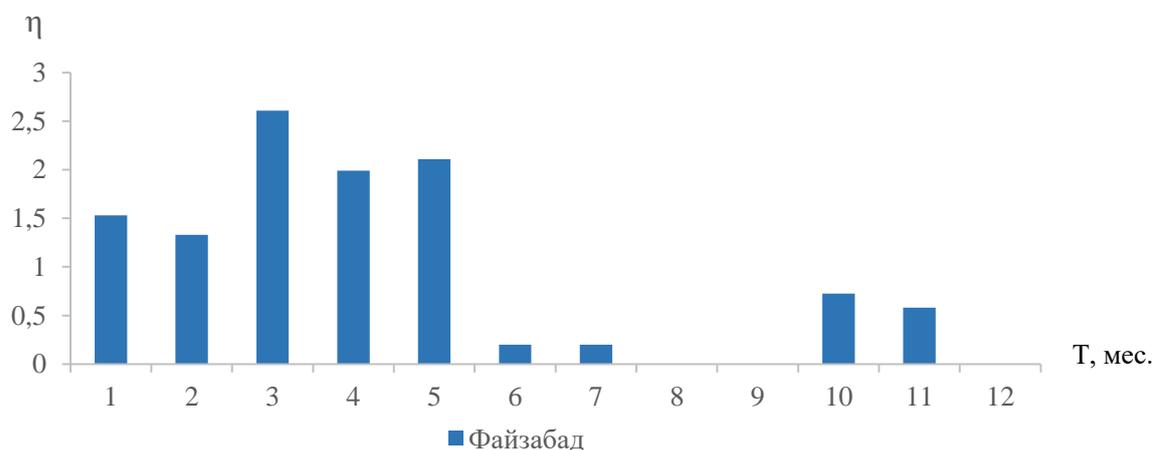


Рис. 2. Зависимость средней многолетней суммы осадков от абсолютной высоты для бассейнов Таджикистана

В виду отсутствия результатов наблюдений за осадками по бассейнам рек Афганистана мы воспользовались отрывочными данными, приведенными в работе [6]. На рис. 3 и 4 показано внутригодовое распределение осадков в северо-восточной и

северо-западной зонах Афганистана. Графики построены в относительных величинах  $\eta = \frac{P_M}{P_{CM}}$ , где  $\eta$  – отношение слоя осадков данного месяца  $P_M$  к среднему месячному  $P_{CM}$  ( $P_{CM} = \frac{P_{Г}}{12}$  – средняя месячная норма, частное от деления годовой нормы  $P_{Г}$  на 12 месяцев).

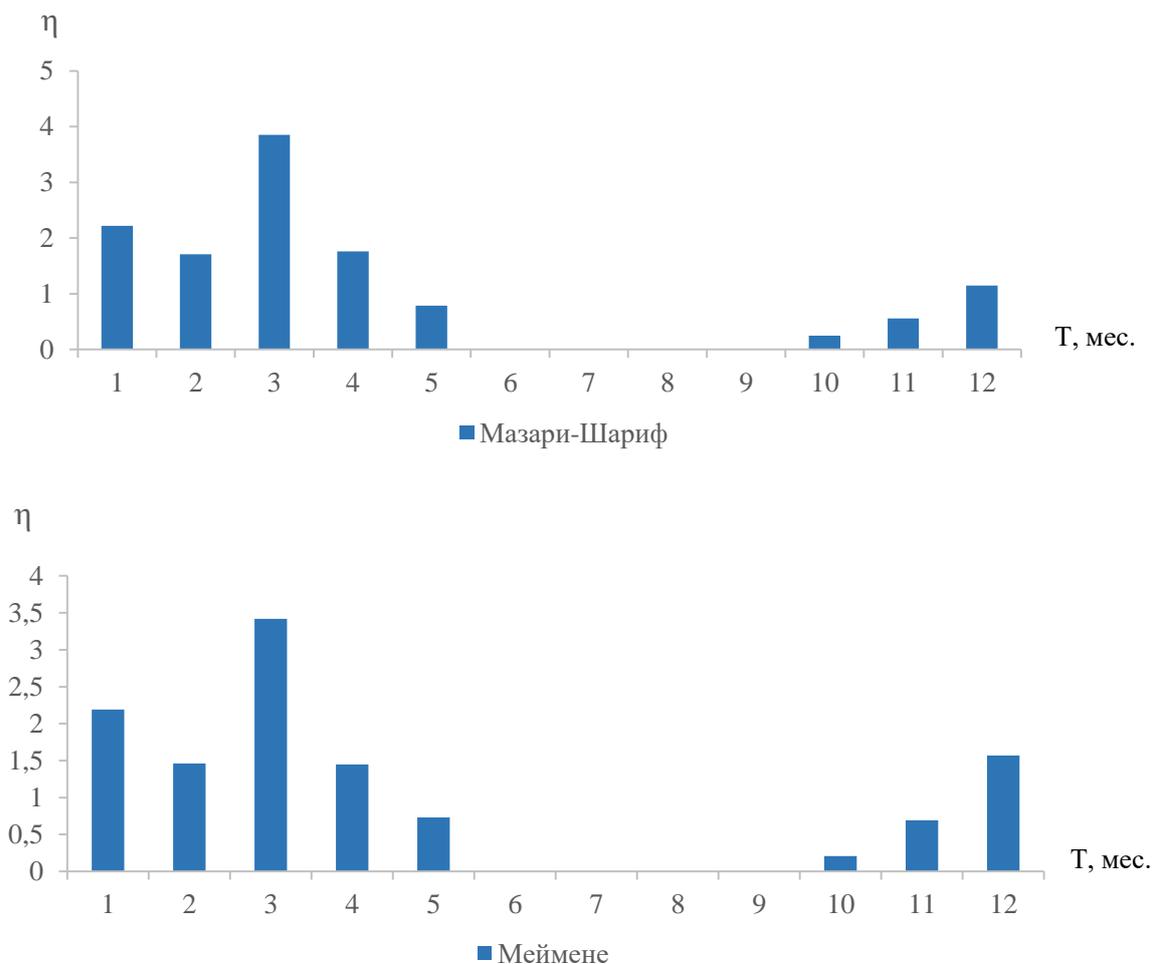


**Рис. 3. Внутригодовое распределение осадков (в относительных величинах) по северо-восточной зоне Афганистана [6]**

В северо-восточной зоне (рис. 3) осадки в марте количественно преобладают над выпадающими в другие месяцы. Их количество постепенно уменьшается до июля (почти до нуля) с полным прекращением в августе. Затем слой месячных осадков увеличивается и стабилизируется в размере 0,7 – 0,8 средних месячных в ноябре – декабре.

В северо-западной зоне (рис. 4) характер внутригодового распределения осадков аналогичен предыдущему, за исключением того, что с июня по сентябрь включительно осадков нет, а в осенне-зимний период происходит постепенное их нарастание с сентября по январь.

Как отмечалось выше, из-за отрывочности данных наблюдений об осадках и коротких рядах построение зависимости осадков от высоты невозможно.



**Рис. 4. Внутригодовое распределение осадков (в относительных величинах) по северо-западной зоне Афганистана [6]**

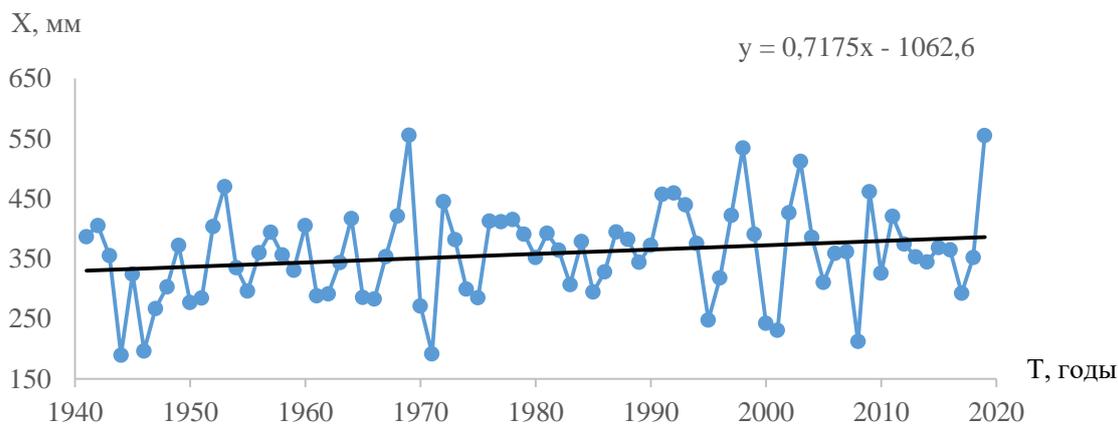
Далее нами были произведены расчеты среднегодового количества осадков, выпавших в бассейне реки Амударья. В гидрологии существует определение, что осадки, выпавшие на территории бассейна реки, исключая потери на испарение, инфильтрацию, транспирацию и прочее, формируют сток реки в замыкающем бассейн створе. Отсюда возникает одна из основных формул характеристики стока – коэффициент стока, который показывает, какая доля осадков, выпавших на бассейн реки, сформировала сток или  $\eta = \frac{Y}{X}$ . Из приведенной формулы логически следует, что, при прочих равных условиях, между стоком и осадками должна существовать определенная связь.

Исходя из приведенного выше предположения, перед нами возникла задача о подсчете среднего количества осадков, выпавших на исследуемые три бассейна: бассейн Сурхандарьи, бассейны Таджикистана и бассейны северной зоны Афганистана.

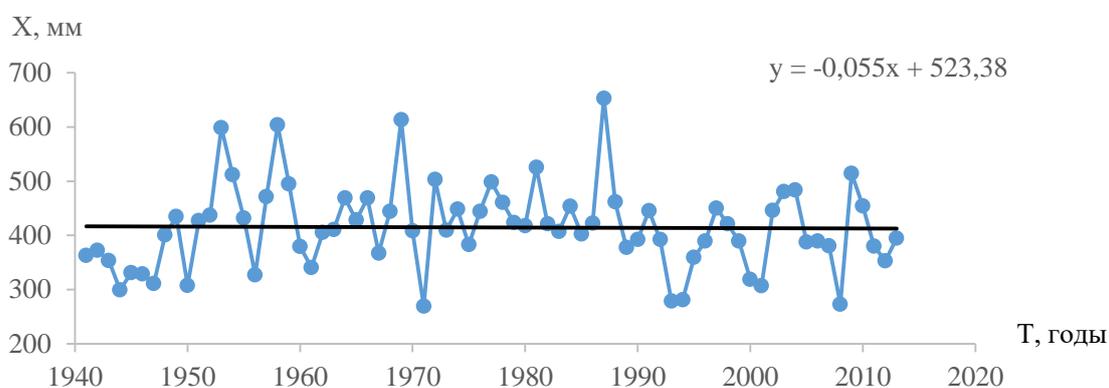
Вычисление среднего количества осадков, выпавших в бассейне реки, выполняется несколькими общеизвестными способами. Мы при выполнении поставленной задачи остановились на двух способах: а) способ среднего арифметического и б) способ изогьет.

**Способ среднего арифметического.** Для 8 постов бассейна Сурхандарьи (таблица 1) и 8 постов бассейна Таджикистана (таблица 2) были подсчитаны для каждого года наблюдений суммы осадков за год и из них подсчитаны средние значения. По полученным данным были построены графики колебаний средних

годовых сумм осадков за период наблюдений (рисунки 5 и 6). При анализе графиков было установлено, что изменения в значениях осадков, незначительные колебания их за период наблюдений вызваны естественными причинами: годовыми, сезонными колебаниями метеорологических элементов и циркуляцией масс атмосферного воздуха.



**Рис. 5. График колебаний средних годовых сумм осадков по наблюдательным пунктам бассейна Сурхандарьи**



**Рис. 6. График колебаний средних годовых сумм осадков по наблюдательным пунктам бассейнов Таджикистана**

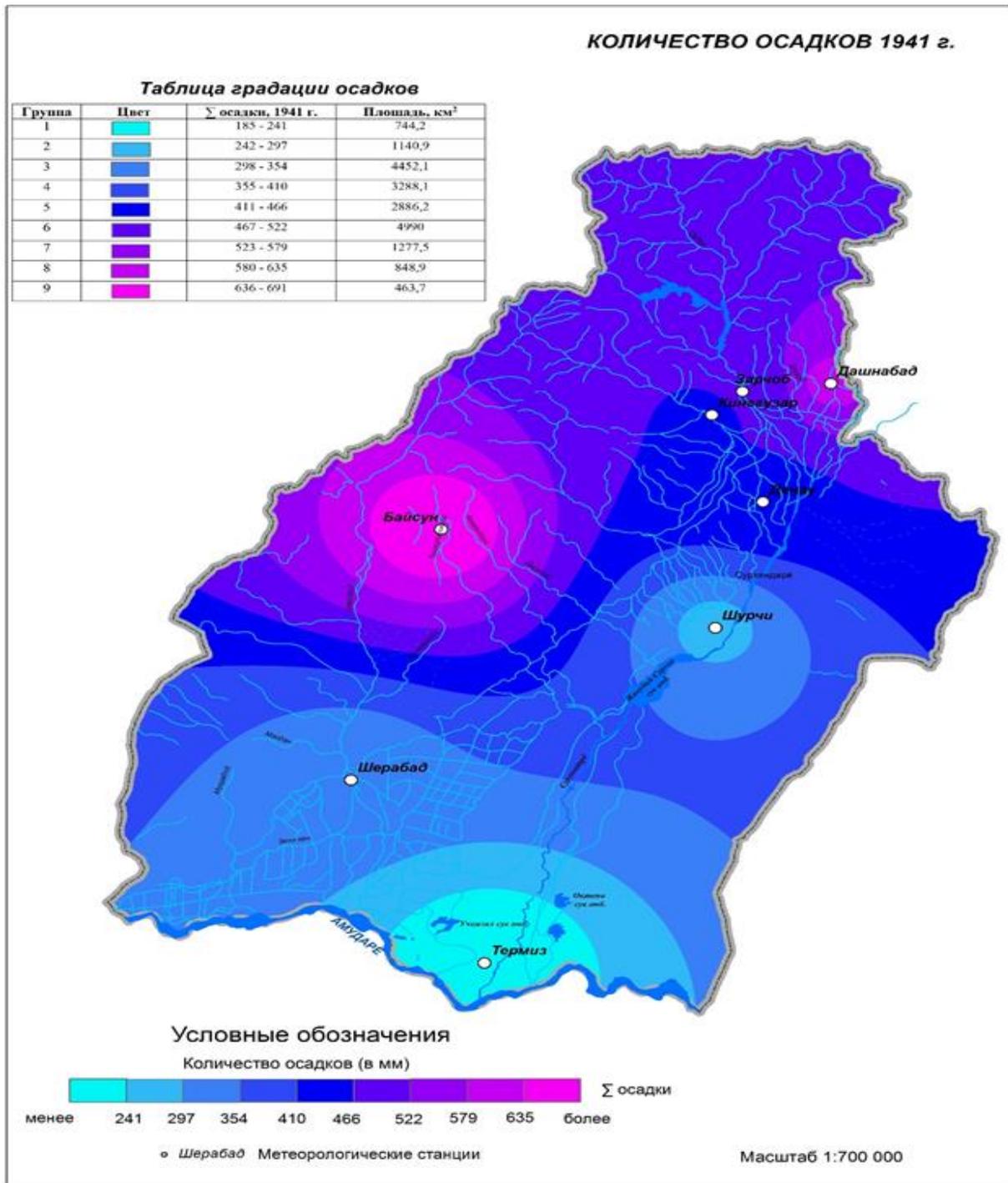
Для бассейнов севера Афганистана подсчеты не велись ввиду отсутствия информации.

**Способ изогьет.** При традиционном подсчете среднего количества осадков на бассейн, изогьеты строятся по данным станций в ручном варианте. Учитывая развитие IT-технологий и применение при построении карт различного назначения ГИС технологий, мы использовали новые направления при решении нашей задачи.

Для бассейнов Сурхандарьи и Таджикистана были построены карты изогьет и подсчитаны средние многолетние годовые суммы осадков, выпадающие на исследуемые бассейны. Подсчёты велись по общеизвестной формуле:

$$X_0 = X_1 * f_1 + X_2 * f_2 + \dots + X_n * f_n / F,$$

где  $X_1, X_2, X_n$  – среднее значение осадков между соседними изогьетами;  $f_1, f_2, f_n$  – частные площади между соседними изогьетами;  $F$  – общая площадь бассейна. Исходя из логики исследований, карты были построены для условно-естественного периода, то есть для периода до строительства Каракумского канала – с 1941 по 1955 годы, что дает нам возможность производить сравнительные оценки стока на гидрологическом посту Керки при условно-естественном состоянии и последующими этапами антропогенной нагрузки на сток Амударьи. Результаты построения изогьет в качестве примера приведены на рисунках 7 и 8.



**Рис. 7. Карта изогьет за 1941 год по бассейну Сурхандарьи**

В результате проведенных работ нами были получены средние годовые суммы осадков, выпавших в пределах исследуемых бассейнов. Необходимо отметить, что по бассейну Сурхандарьи годовые суммы осадков, полученные двумя способами, показали практическую сходимость. По бассейнам Таджикистана результаты значительно различаются. Объяснением этому факту может служить то обстоятельство, что левобережные бассейны Таджикистана освещены результатами наблюдений слабее. На столь сложной в орографическом плане, со значительно пересеченным рельефом территории мы смогли использовать только три станции. К тому же на всей территории бассейнов Таджикистана не было возможности использовать данные станций, расположенных в низкогорьях.

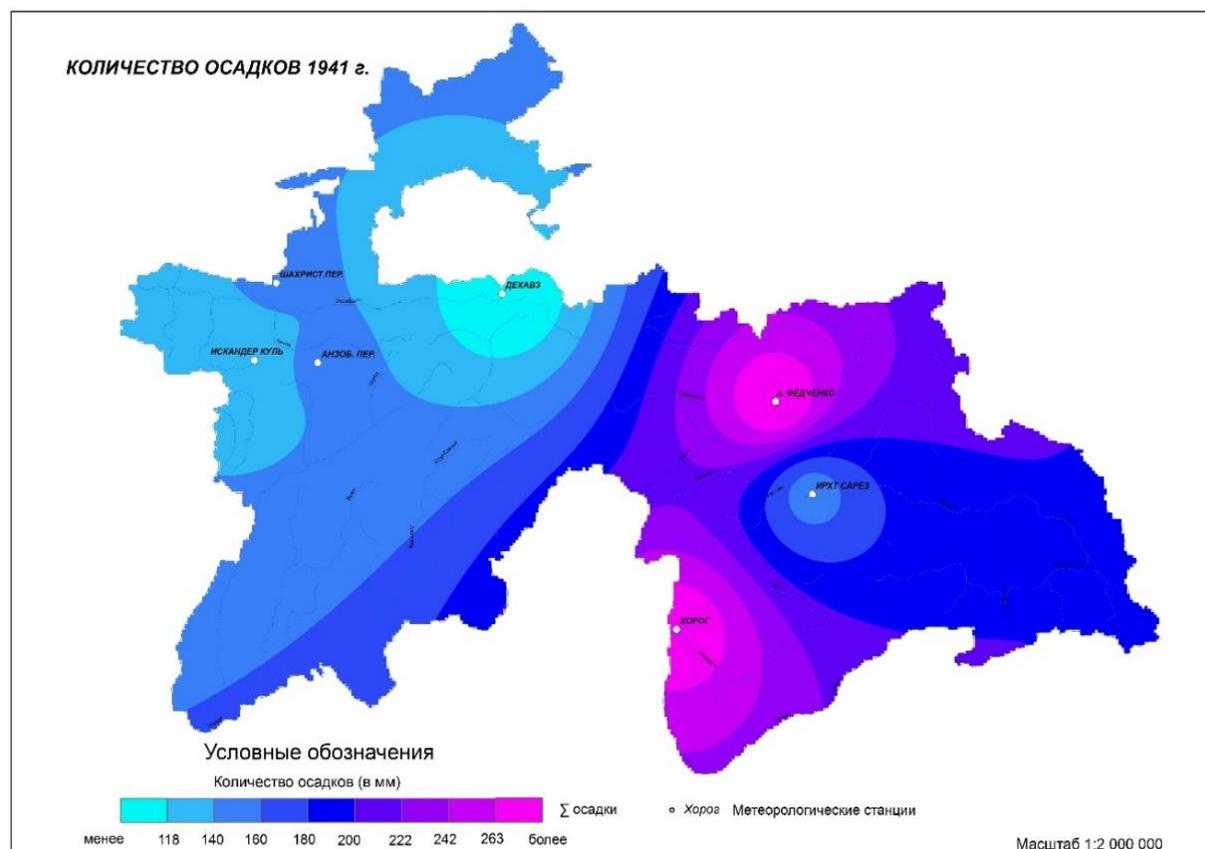


Рис. 8. Карта изогьет за 1941 год по бассейнам Таджикистана

После выполнения перечисленных выше задач мы подошли к решению основной проблемы: выявлению связи между осадками, выпавшими на изучаемые бассейны и стоком реки Амударья в гидростворе Керки за условно-естественный период.

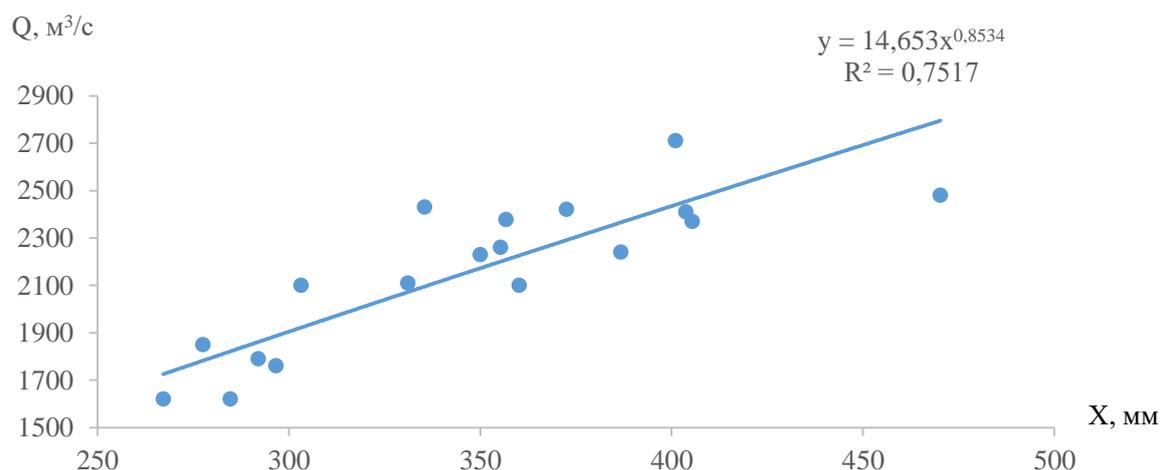
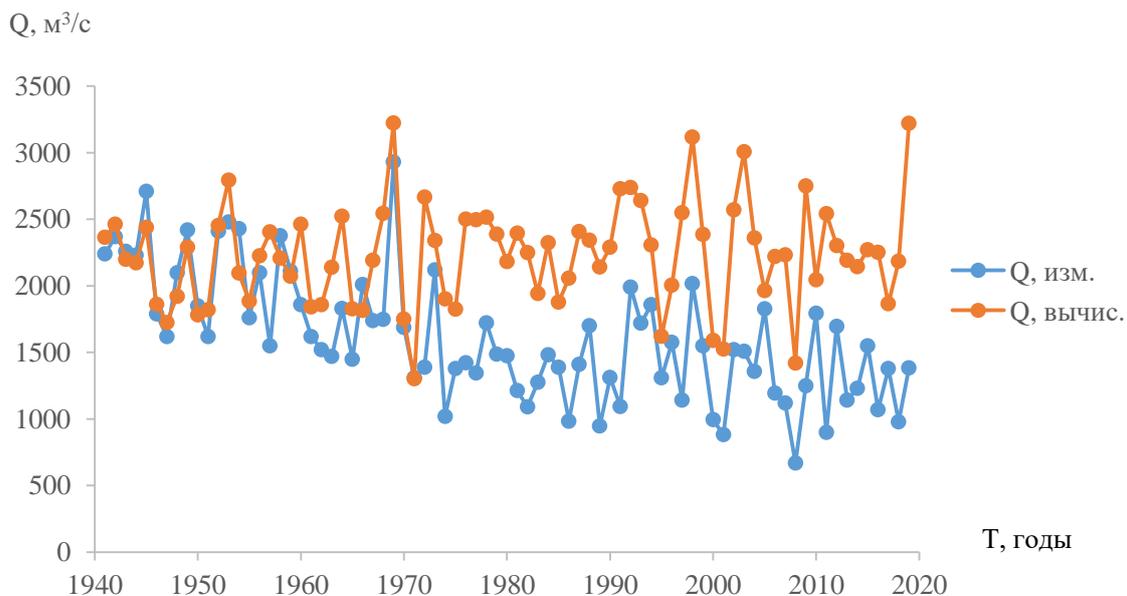


Рис. 9. График зависимости стока по гидроству Керки от средних годовых сумм осадков по бассейну Сурхандарьи

Далее нам представилось интересным выявить суммарные потери по результатам антропогенного вмешательства и от воздействия естественных факторов в створе гидроства Керки. Результаты вычислений представлены на рис.10 и в табл. 5. Разница между значениями расходов дает потери.



**Рис. 10. График колебаний расходов измеренного и вычисленного на гидропосту Керки**

Таблица 5

Средние характеристики стока на гидропосте Керки и потерь в результате антропогенного вмешательства и воздействия естественных факторов по периодам

№	Период	Расходы ( $Q$ м <sup>3</sup> /с) по Керкам		Потери в %	Средние потери в %
		$Q_{\text{измер.}}$	$Q_{\text{вычис.}}$		
1	1941 - 1960	2114	2183	+ 14 - -55	- 4,64
2	1961 - 2019	1444	2058	+ 33 - -258	- 55,0
3	1941 - 2019	1619	2232	+ 14 - -182	-47,8

**Выводы.** Анализируя полученные результаты можно сделать следующие выводы:

- потери за условно-естественный период 1941 – 1960 годы составили – 4,64 %, что находится в пределах допустимой ошибки при измерениях расходов воды;
- потери за период эксплуатации Каракумского канала с 1961 по 2019 год колеблются от + 33 до -258 % и в среднем составляют –55,0 %;
- потери за весь исследованный период с 1941 по 2019 год составили в среднем –47,8%.

Полученные в данной работе результаты предполагается использовать при изучении динамики стока и потерь стока в низовьях реки Амударья. Эти вопросы будут рассмотрены в дальнейших наших исследованиях.

**Использованная литература:**

1. Агальцева Н.А., Боровикова Л.Н. Комплексный подход к оценке уязвимости водных ресурсов в условиях изменения климата // Информация об исполнении Узбекистаном своих обязательств по Рамочной конвенции ООН, Бюл. №5. «Оценка изменений климата по территории Республики Узбекистан, развитие методических положений, оценки уязвимости природной среды». Ташкент: САНИГМИ, 2002. С. 26-35.
2. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. Ленинград: Гидрометеиздат, 1988. 312 с.
3. Владимирова А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 365 с.

4. Владимиров А.М. Сток рек в маловодный период года. Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. 295 с.
5. Второе национальное сообщение Республики Узбекистан по рамочной конвенции ООН об изменении климата // Под ред. Т.А. Ососковой. Ташкент, 2008. 205 с.
6. Гарбовский Э.А. Инженерная гидрология рек Афганистана. Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. 278 с.
7. Глазырин Г.Е., Группер С.Р., Глазырина М.Г. Изменение климата на разных высотах в Узбекистане // Труды НИГМИ Узгидромета. 2007. Вып. 8 (253). С. 5-14.
8. Житомирская О.М., Балашова Е.Н., Семенова О.А. Климатическое описание республик Средней Азии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1960. 106 с.
9. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф., Калинин Г.П., Быков В.Д. Об исследовании многолетних колебаний речного стока // Многолетние колебания стока и вероятностные методы его расчета. Москва: Издательство МГУ, 1967. С. 9-23.
10. Львович М.И. Мировые водные ресурсы и их будущее. Москва: Мысль, 1974. 440 с.
11. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. 638 с.
12. Никулина С.П., Спекторман Т.Ю. Использование сценариев изменения глобальной температуры воздуха для оценок термического режима Узбекистана // Труды САНИГМИ. 1998. Вып. 156 (237). С. 103-108.
13. Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы / Под ред. Б. Болина, Б.Р. Дееса, Дж. Ягера, Р. Уоррика. Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. 555 с.
14. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 14, Средняя Азия, вып. 3, бассейн р. Амударья. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. 472 с.
15. Рубинова Ф.Э. Развитие антропогенной гидрологии в Средней Азии. Москва: Гидрометеиздат, 1991. 55 с.
16. Спекторман Т.Ю., Никулина С.П. Мониторинг климата, оценка климатических изменений по территории Республики Узбекистан. Информация об исполнении Узбекистаном своих обязательств по Рамочной конвенции ООН, Бюл. №5. «Оценка изменений климата по территории Республики Узбекистан, развитие методических положений, оценки уязвимости природной среды». Ташкент: САНИГМИ, 2002. С. 17-25.
17. Чанышева С.Г. Температура воздуха // Изменчивость климата Средней Азии. Ташкент: САНИГМИ, 1995. С. 59-78.
18. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы республики Узбекистан. Ташкент, Voris-Nashriyot, 2007. 132 с.
19. Шерфединов Л.З., Пак Е.Л., Давранова Н.Г. Вода – лимитирующий стратегический ресурс социально экономической и экологической безопасности Узбекистана // Водохранилища, чрезвычайные ситуации и проблемы устойчивости. Ташкент, Университет, 2004. С. 123-133.
20. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. 333 с.
21. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1965. 692 с.
22. Щеглова О.П. Питание рек Средней Азии. Ташкент: Издательство СамГУ, 1960. 245 с.
23. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change, Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (1995)* / Edited by J.T. Houghton, L.G. MeiraFilho, B.A. Callender, N. Harris, A. Kattenberg, K. Maskell, Cambridge, 572 p.
24. Khamzaeva J.T., Sagdeev N.Z. (2021), Relationship Between Variations Of Flow Of Small Low-Mountain Rivers In Uzbekistan And Climate Changes, *Nature and Science*, Volume 19, Number 12, pp. 8-12.
25. Khamzaeva J.T., Sagdeev N.Z., Adenbaev B.E. (2022), Changes of air temperature in the Amudarya river basin, *Nature and Science*, Volume 20, Number 5, pp. 26-39.

#### References:

1. Agaltseva N.A., Borovikova L.N. (2002), Complex approach to assessment of vulnerability of water resources in conditions of climate change, *Information on execution of obligations on the UN*

*Framework Convention by Uzbekistan, Bull. №5. "Assessment of climate changes on the territory of the Republic of Uzbekistan, development of methodical clauses, assessment of vulnerability of environment"*, Tashkent, pp. 26-35 (In Russ.).

2. Vinogradov Yu.B. (1988), *Mathematical modeling of processes of flow formation*, Leningrad, 312 p. (In Russ.).

3. Vladimirov A.M. (1990), *Hydrological calculations*, Leningrad, 365 p. (In Russ.).

4. Vladimirov A.M. (1976), *River flow in a low-water period*, Leningrad, 295 p. (In Russ.).

5. *Second National Report of the Republic of Uzbekistan on UN Framework Convention on Climate Change (2008)*, Edited by T.A.Osokova, Tashkent, 205 p. (In Russ.).

6. Garbovskiy E.A. (1989), *Engineering hydrology of the rivers of Afghanistan*, Leningrad, 278 p. (In Russ.).

7. Glazyrin G.E., Grupper S.R., Glazyrina M.G. (2007), Climate change at different elevations in Uzbekistan, *Proceedings of NIGMI of Uzgidromet*, Issue 8 (253), pp. 5-14. (In Russ.).

8. Zhitomirskaya O.M., Balashova E.N., Semenova O.A. (1960), *Climate description of republics of Central Asia*, Leningrad, 106 p. (In Russ.).

9. Kritskii S.N., Menkel M.F., Kalinin G.P., Bykov V.D. (1967), On the studies of the long-term variations of river flow, *Long-term flow variations and probabilistic methods of its calculation*, Moscow, pp. 9-23. (In Russ.).

10. Lvovich M.I. (1974), *World water resources and their future*, Moscow, 440 p. (In Russ.).

11. *World water balance and water resources of the Earth (1974)*, Leningrad, 638 p. (In Russ.).

12. Nikulina S.P., Spektorman T.Yu. (1998), Application of scenarios of change of the global air temperature for the assessment of thermal regime of Uzbekistan, *Proceedings of SANIGMI*, vol. 156 (237), pp. 103-108. (In Russ.).

13. *Greenhouse effect, climate change and ecosystems*, Edited by B.Bolin, B.R.Dees, G.Yager, R.Yorrik, Leningrad, 555 p. (In Russ.).

14. *Surface water resources of USSR, Vol. 14, Central Asia. Issue 3, The Amudarya River basin (1971)*, Leningrad 472 p. (In Russ.).

15. Rubinova F.E (1991), *Development of anthropogenic hydrology in Central Asia*, Moscow, 55 p. (In Russ.).

16. Spektorman T.Yu., Nikulina S.P. (2002), Climate monitoring, assessment of climate changes on the territory of the Republic of Uzbekistan, *Information on execution of obligations on the UN Framework Convention on Climate Change by Uzbekistan, Bull. No.5. "Assessment of climate changes on the territory of the Republic of Uzbekistan, development of methodical clauses, assessment of vulnerability of environment"*, Tashkent, pp. 17-25. (In Russ.).

17. Chanysheva S.G. (1995), Air temperature, *Variability of climate of Central Asia*, Tashkent, pp. 59-78. (In Russ.).

18. Chub V.E. (2007), *Climate change and its influence on hydrometeorological processes, agroclimatic and water resources of the Republic of Uzbekistan*, Tashkent, 132 p. (In Russ.).

19. Sherfedinov L.Z., Pak E.L., Davranova N.G. (2004), Water as limiting strategic resource of the social-economic and ecological safety of Uzbekistan, *Water storages, emergency situations and problems of sustainability*, Tashkent, pp. 123-133. (In Russ.).

20. Shiklomanov I.A. (1989), *Impact of economic activities on the river flow*, Leningrad, 333 p. (In Russ.).

21. Schultz V.L. (1965), *Rivers of Central Asia*, Leningrad, 692 p. (In Russ.).

22. Scheglova O.P. (1960), *Alimentation of Central Asian rivers*, Tashkent, 1960, 245 p. (In Russ.).

23. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change, Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (1995)* / Edited by J.T. Houghton, L.G. MeiraFilho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, K. Maskell, Cambridge, 572 p.

24. Khamzaeva J.T., Sagdeev N.Z. (2021), Relationship Between Variations Of Flow Of Small Low-Mountain Rivers In Uzbekistan And Climate Changes, *Nature and Science*, Volume 19, Number 12, pp. 8-12.

25. Khamzaeva J.T., Sagdeev N.Z., Adenbaev B.E. (2022), Changes of air temperature in the Amudarya river basin, *Nature and Science*, Volume 20, Number 5, pp. 26-39.

*Сведения об авторах:*

**Хамзаева Жанат Темирбековна** – Национальный университет Узбекистана (Ташкент, Узбекистан), базовый (PhD) докторант. E-mail: xamzayeva.j@mail.ru

**Аденбаев Бахтиёр Ембергенович** – Национальный университет Узбекистана (Ташкент, Узбекистан), доктор географических наук, доцент. E-mail: bahtiyor.adenbayev@mail.ru

**Сагдеев Наил Завдятович** – Национальный университет Узбекистана (Ташкент, Узбекистан), старший преподаватель. E-mail: nailsagd@mail.ru

*Information about the authors:*

**Khamzaeva Janat** – National University of Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan), basic doctoral student. E-mail: xamzayeva.j@mail.ru

**Adenbaev Bakhtiyor** – National University of Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan), Doctor of Geography, Assistant Professor. E-mail: bahtiyor.adenbayev@mail.ru

**Sagdeev Nail** – National University of Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan), senior teacher. E-mail: nailsagd@mail.ru

**Для цитирования:**

Хамзаева Ж.Т., Аденбаев Б.Е., Сагдеев Н.З. Осадки как стокоформирующий фактор в верховьях реки Амударьи // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2022. № 3-4. С. 58-72.

**For citation:**

Khamzaeva J.T., Adenbaev B.E., Sagdeev N.Z. (2022), Precipitation as a runoff-forming factor in the Upper Amudarya, *Central Asian journal of the geographical researches*, No 3-4, pp. 58-72.