

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА
ИМ. МИРЗО УЛУГБЕКА**

На правах рукописи
УДК 556.532:226.16

Страхова Наталья Юрьевна

**ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БАССЕЙНА Р. КАШКАДАРЬИ
И ИХ МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ**

5А440606 – Гидрология озер и водохранилищ

ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

**Научный руководитель:
д.г.н., проф. Глазырин Г.Е.**

Ташкент – 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава I	
Условия формирования стока в бассейне р. Кашкадарьи	
1.1. Физико-географическое описание района	4
1.2. Климатические условия	7
1.3. Почвенный и растительный покров	9
1.4. Оледенение	11
Глава II	
Гидрологические характеристики и сеть наблюдений в бассейне р. Кашкадарьи	
2.1. Общее гидрологическое описание	13
2.2. Сеть наблюдений	20
Глава III	
Расчет водных ресурсов бассейна р. Кашкадарьи	
3.1. Выбор опорных постов для расчета водных ресурсов	26
3.2. Методика расчета водных ресурсов	32
3.3. Объективный расчет зональных модулей стока	34
3.4. Расчет общих средних многолетних ресурсов	36
Глава IV	
Многолетние изменения стока рек бассейна р. Кашкадарьи	
4.1. Методика	39
4.2. Результаты по периодам	46
Заключение	48
Список использованной литературы	49

ВВЕДЕНИЕ

Водные ресурсы являются основой всей жизни в Узбекистане. Их исследованиям посвящены сотни книг и статей. Еще одним подтверждением актуальности этой проблемы является издание Атласа поверхностных вод, подготовленного на географическом факультете НУУз. В нем приведен картографический материал о многих гидрологических характеристиках для всей территории Узбекистана.

Водные ресурсы области изучались неоднократно, однако, учитывая быстрые изменения климата, требуют дополнительного анализа. Воды Кашкадарьи и ее притоков интенсивно используются на орошение. Забор воды осуществляется многочисленной сетью каналов, в результате чего сток многих рек по выходе из гор периодически прекращается.

В нашей работе были использованы данные гидрологических измерений на реках в бассейне р. Кашкадарьи вплоть до 2009 года. Эти измерения были проанализированы. Кроме того, была усовершенствована методика расчета зональных модулей стока, примененная затем к собранным данным, и рассчитаны общие водные ресурсы бассейна, что сделано впервые.

Еще одной важной задачей является оценка многолетних изменений стока. Ее необходимо выполнить, т.к. эти сведения должны служить основой рационального планирования использования вод в Кашкадарье.

В заключении считаю своим долгом поблагодарить научного руководителя проф. Г.Е.Глазырина за помощь и ценные советы.

ГЛАВА I

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА В БАССЕЙНЕ Р. КАШКАДАРЬИ

1.1. Физико-географическое описание района

Между западными оконечностями Зеравшанского и Гиссарского хребтов расположена обширная, но маловодная долина Кашкадарьи [23]. Длина реки 310 км, площадь водосбора – 8780 км² (рис. 1).

Почвенный и растительный покров характеризуется значительным распространением пустынного и полупустынного типов, наличием высотных поясов в горах, слабым развитием пояса влажных высокогорных лугостепей.

По природным условиям Кашкадарьинская область делится на две части: западную - равнинную и восточную – горную. Большую часть равнинной территории занимает Каршинская степь (абсолютная высота 200 – 400 м). Поверхность ее представляет чередование обширных древних террас р. Кашкадарьи с небольшими останцовыми горами и руслообразными понижениями, занятыми солончаками. Выделяется современная дельта Кашкадарьи, на которой расположен Каршинский оазис[15].

На севере Каршинская степь переходит в Джамскую, представляющую волнистую равнину, сложенную лессами и лессовидными суглинками, с абсолютными высотами 500 – 600 м. С юга к Каршинской степи примыкает Нишанская степь, где плоские равнины чередуются с останцовыми возвышенностями и котловинами. На юго-западе области с территории Туркмении вклинивается пустыня Сундукли. Здесь грядовые и бугристые пески перемежаются с такырами и солончаками.

На севере, востоке и юго-востоке равнинные пространства обрамляются адырами. Адыры представляют собой системы холмов, сложенных лессами и лессовидными суглинками. Они расчленены долинами притоков Кашкадарьи и сухими руслами временных водотоков. Абсолютная высота их 500 – 800 м. Восточную часть Кашкадарьинской области занимают отроги Зеравшанского и Гиссарского хребтов.

Отроги Зеравшанского хребта, горы Каратепе и Чакылкалян, отделяют долину Кашкадарьи от бассейна Зеравшана [11]. Зеравшанский хребет соединяется с Гиссарским хребтом горами Сумсар и Шердаг. В пределы области заходит осевая часть Гиссарского хребта. Абсолютные высоты здесь достигают 4000 – 4300 м.

К юго-западу от осевой части Гиссарского хребта отходят его многочисленные отроги – горы Османтараш, Бешнау, Эшак-Майдан, Хан-Тахта, Майдонон и другие, которые расчленяются долинами рек, составляющих Кашкадарью. Высоты этих хребтов достигают 2000 – 3500 м.

Крайний юго-восток области занимает среднегорный район (абсолютные высоты 1500 – 2000 м), также образованный отрогами Гиссарского хребта и расчлененный долинами рек, составляющих Гузардарью.

К западу горные хребты переходят в низкогорья (1000 – 1500 м), сливающиеся с адырами и равнинами.

Отроги Зеравшанского хребта, осевая часть Гиссарского хребта и высокогорья его юго-западных отрогов сложены древними плотными породами. Реки здесь выработали глубокие долины, а склоны хребтов слабо расчленены.

Среднегорья и низкогорья сложены более молодыми, пестрыми по составу породами. Эти породы легко разрушаются, поэтому рельеф среднегорий и низкогорий характеризуется значительным расчленением.

1.2. Климатические условия

Климатические условия являются важнейшей характеристикой, определяющей водные ресурсы и режим стока любого бассейна. Поэтому так важны сведения о климате. Здесь мы приведем общие сведения о климате бассейна р. Кашкадарьи.

В формировании климата области существенную роль играет ее южное положение, особенности атмосферной циркуляции, сложный рельеф [4].

Открытость территории с северо-запада и запада, наличие мощного горного барьера на востоке и юго-востоке области сказываются на пространственно-временном распределении метеорологических элементов, в особенности атмосферных осадков, а также на развитии ветрового режима.

Сочетание равнинных пространств с горными массивами приводит к заметным климатическим различиям внутри самой области. Засушливость и резкая континентальность – характерные черты климата, наиболее отчетливо проявляются на равнинной и низкогорной части территории. Горные районы области отличаются меньшей континентальностью и более увлажнены.

Температура воздуха. Метеорологической станцией, хорошо характеризующей изменения климата в зоне формирования стока р. Кашкадарьи, является станция Минчукур, расположенная на высоте 2,13 км над уровнем моря.

Средняя годовая амплитуда температуры воздуха для равнинной и низкогорной части территории составляет 29 – 30°C [3]. Абсолютная амплитуда температуры воздуха достигает 76 - 78°C. В горной восточной части области средняя годовая амплитуда уменьшается до 24 - 26°C и абсолютная амплитуда до 65 - 67°C.

Зима на равнинах и в предгорьях очень мягкая и короткая. Средняя месячная температура января на большей части территории положительная и изменяется от 1,1 до 2,3°C. На севере области и в горах, где зима носит более продолжительный и устойчивый характер, средняя месячная температура ян-

варя равна соответственно $0,1^{\circ}\text{C}$ (Мубарек) и $-1,7, -4,3^{\circ}\text{C}$ (Акрабат - Минчукур).

Периодические вторжения арктических и умеренных воздушных масс, проникающих на территорию области в процессе развития циклонической деятельности, вызывают большую неустойчивость погоды, приводят к значительным снижениям температуры до пределов, очень низких для этих широт.

Средний из абсолютных минимумов, характеризующий морозоопасность зимы, на большей части территории равен $-15, -17^{\circ}\text{C}$. Наиболее низкие его значения (-19°C) отмечаются на северо-западе области и в горных районах. Абсолютный минимум в равнинных и низкогорных районах составляет $-26, -28^{\circ}\text{C}$, понижаясь в горах до -30°C . Однако повторяемость таких низких значений абсолютного минимума для равнинной части территории невелика.

В большинстве лет зимы настолько мягкие, что многие растения вегетируют почти непрерывно или прекращают вегетацию только на короткий промежуток времени [1].

Безморозный период велик. Продолжительность его на равнинной части составляет 220 – 240 дней и 175 – 200 дней - в горных районах. В отдельные годы продолжительность безморозного периода может увеличиваться до 280 – 300 дней.

Атмосферные осадки. Распределение осадков по территории тесно связано с рельефом местности и характеризуется крайней неравномерностью. Наименьшие суммы осадков за год наблюдаются в наиболее низко расположенных западных частях территории. В низких предгорьях годовое количество осадков возрастает до 200 – 300 мм.

В горных районах увеличение осадков с высотой наблюдается в основном на западных и юго-западных склонах, открытых для влажных воздушных масс.

Значения годовых сумм осадков в отдельные годы могут значительно отклоняться от средних

В годовом ходе наибольшая доля осадков приходится на осенне-зимне-весенний период. Летом осадки выпадают в горах, на равнинной части они, как правило, не наблюдаются.

Снежный покров на равнинной территории неустойчивый, в отдельные годы он не образуется совсем[2]. Число дней со снежным покровом здесь невелико – от 11 до 34. В горах образуется устойчивый снежный покров. Продолжительность его залегания увеличивается с высотой.

1.3. Почвенный и растительный покров

По почвенному покрову территория Кашкадарьинской области также делится на две части: западную и восточную. На равнинных пространствах Каршинской и Нишанской степей распространены песчаные пустынные почвы и светлые сероземы.

Характерной чертой является малая мощность почвенных горизонтов и засоление. К древним останцовым возвышенностям и плато приурочены серо-бурые почвы. В понижениях рельефа распространены солончаки и такырные почвы, местами засоленные. Крайний юго-запад области занимают мощные пески пустыни Сундукли.

В Джамской степи развиты типичные сероземы незасоленные, имеющие значительную мощность. В полосе адыров сформировались типичные и темные сероземы, на лессах и лессовидных суглинках. Они также характеризуются значительной мощностью, незасоленные, издавна используются под богарное земледелие.

На востоке Кашкадарьинской области получает развитие высотная поясность почв. В низкогорьях, до высоты 1000 м, преобладают темные сероземы щебнистые, местами – с выходами коренных пород. В верхней части низкогорного пояса и в среднем поясе гор (1000 – 1800 м) распространены коричневые степные почвы, мелкоземистые – на склонах гор, щебнистые – на водоразделах. С высоты 1500 до 2800 м в среднем поясе гор развиты ко-

ричневые почвы арчевников и кустарниковых зарослей, мелкоземистые или щебнистые в зависимости от подстилающих пород, крутизны и экспозиции склонов. В верхней части среднегорного пояса и в высокогорьях, на высоте около 3000 м, преобладающими становятся горно-луговые почвы, на высотах более 3000 м появляются примитивные, маломощные почвы альпийских лугов.

Растительный покров. Особенности рельефа, климата и почв обуславливают своеобразие растительного покрова области. На западе области преобладает растительность пустынного и полупустынного типа. В пустыне Сундукли на бугристых и грядовых песках распространены джужгуновые, сингреновые, вьюнковые ассоциации с эфемерами. В межрядовых понижениях основную роль играют полынные, на засоленных участках – солянки.

На еще не освоенных равнинах Каршинской степи широко распространены полынные, в древней дельте Кашкадарьи – янчачники [14]. В Нишанской степи преобладают эфемероидные полынные и эфемерово-эфемероидные ассоциации.

На солончаках основным представителем солянок является сарсазан, такыры покрыты редкими однолетними солянками и эфемерами. В Джамской степи основной фон составляют эфемеры и эфемероиды.

Для адырного пояса области типична большая пестрота растительного покрова. Одной из наиболее характерных черт растительности является широкое распространение, наряду с эфемерами, видов кизинии (каррака), являющейся ценным кормовым растением. На высоких ступенях адырного пояса доминирующими в разнотравье становятся псоралея (аккурай), фломис (козикулак). По верхней границе адыров получают распространение пырейно-разнотравные группировки.

В юго-восточном низкогорном районе наиболее распространенным типом растительности являются эфемеровые полынные.

Пырейно-разнотравные ассоциации преобладают в среднем поясе гор. На щебнистых склонах пырей уступает место ковылю, на каменистых скло-

нах и водоразделах преобладают кустарники (миндаль, колючий, эфедра, дикая вишня) и нагорные ксерофиты. В верхней части среднегорного пояса в основном встречаются группировки деревьев и кустарников (клен, жимолость, миндаль, барбарис, шиповник) и арчевники, чередующиеся с пырейно-разнотравными ассоциациями.

По долинам рек распространены леса тугайного типа, поймы заняты луговой растительностью.

В высокогорьях, на высотах свыше 2000 – 2500 м, на мелкоземистых склонах и водоразделах формируются разнотравные луга с характерными для них крупными зонтичными. На высотах 3000 – 3200 м и выше, в приводораздельных частях хребтов преобладают разнотравно-типчаковые ассоциации и альпийские лужайки.

1.4. Оледенение

В высокогорье расположено несколько ледников, самый крупный из которых - ледник Северцева [10]. Литературное название ледникуу присвоено в честь известного исследователя Северцева. Местное название ледника – Ханака [19]. Ледник залегает в бассейне р. Кашкадарьи под перевалом Гава на северо-западном склоне западной части Гиссарского хребта, принадлежащего к Памиро-Алайской горной системе.

Оледенение в бассейне Кашкадарьи сосредоточено только в истоках рек Аксу и Яккабага [25].

Более развито оледенение в бассейне р. Аксу [27]. Наиболее крупными ледниками в бассейне Аксу являются ледники Северцева, Батырбай и Турт-Куйлюк.

Долины, занятые ледниками Северцева, Батырбай и Турт-Куйлюк, представляют широкие, до 400 м и симметричные отроги, дно и склоны которых покрыты альпийскими лугами [25]. По дну отрогов залегают каменистые завалы. Нередко эти завалы перекрывают все дно отрогов. Высота этих

образований 30 - 40 м, а ширина от 100 до 300 м. Возле завалов, на подветренной стороне, образуются очень большие снежники (мощность до 10 м и больше), которые долгое время подпитывают реку летом.

В последние годы появилось мнение, что на сток горных рек сильно влияет довольно быстрое сокращение горных ледников.

Инвентаризация ледников выполнялась дважды: на материалах аэрофотосъемок 1957 и 1980 годов [26]. За этот период суммарная площадь всех ледников бассейна уменьшилась с 18,2 до 15,5 км², а суммарный объем льда – с 0,42 до 0,34 км³, что обеспечивало дополнительный вклад в среднегодовой расход реки в размере 0,11 м³/с, то есть очень малую величину. В первом приближении можно принять, что оледенение в настоящее время сокращается с такой же скоростью. Следовательно, роль ледников в питании рек бассейна р. Кашкадарьи незначительна.

ГЛАВА II

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАССЕЙНА Р. КАШКАДАРЬИ

2.1. Общее гидрологическое описание

В бассейне развито интенсивное орошаемое земледелие [23], и поэтому как сама Кашкадарья, так и ее притоки практически полностью разбираются на орошение. Вся западная часть бассейна питается водами Амударьи, подаваемыми по Каршинскому магистральному каналу, и, частично, стоком Кашкадарьи. Схема расположения постов представлена на рис. 2.

Из всех притоков Кашкадарьи наибольшей высотой водосбора отличаются Яккабагдарья, Аксу и Танхизыдарья. Средние взвешенные высоты водосборов соответственно равны 2702, 2444 и 2170 м.

Несмотря на большую среднюю взвешенную высоту водосбора, Яккабагдарья [23] характеризуется существенно меньшим распространением значительных высот по сравнению с водосбором Аксу. В последней высоты более 4000 м занимают 2,2 % всей площади водосбора, а высоты более 3500 м – 11,8 %. В водосборе р. Яккабагдарьи высоты более 4000 м занимают всего 0,2 %, а высоты более 3500 м – 10,8 %. Не удивительно поэтому, что в водосборе Аксу отмечается хотя и незначительное, но все же большее оледенение, чем в водосборе р. Яккабагдарьи[24].

Отличаясь наиболее высоко расположенными водосборами, реки Аксу, Яккабагдарья и Танхизыдарья, вполне естественно, характеризуются наиболее поздней концентрацией стока и наиболее высокой удельной водоносностью[16]. Максимальных значений средние месячные расходы воды у всех трех рек достигают в июне, минимальных – в декабре – январе. Сток за июль – сентябрь р. Аксу составляет 72 % стока за март – июнь, р. Яккабагдарьи – 46 % и р. Танхизыдарьи – 39 %.

Эти три реки играют решающую роль в формировании режима Кашкадарьи в среднем течении, так как дают 78 % поверхностного притока воды в верхнюю часть долины Кашкадарьи.

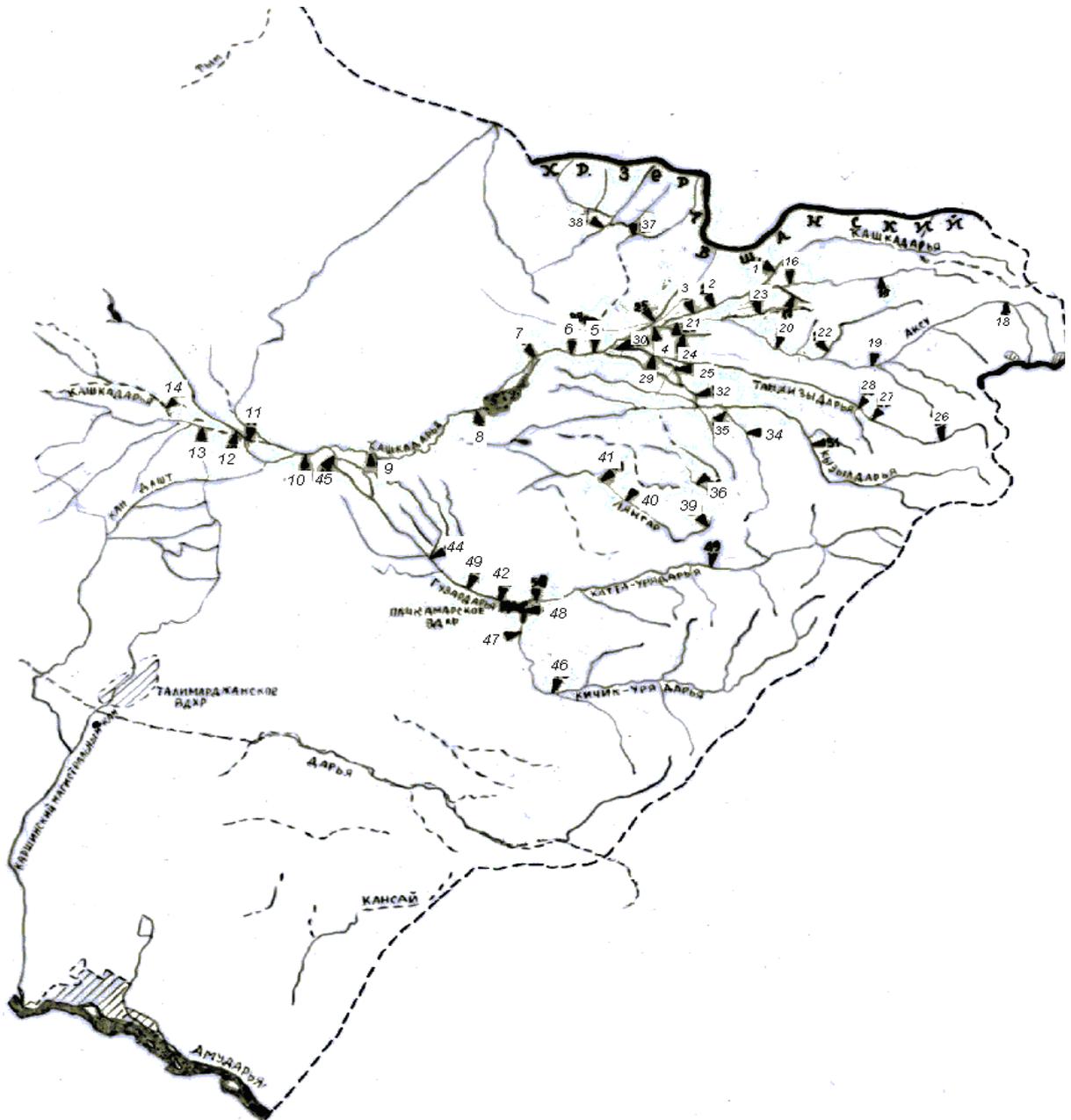


Рис. 2. Схема расположения гидрологических постов в бассейне р. Кашкадарьи.

Сток июля – сентября, почти исключительно обусловленный подземным питанием, ничтожен и составляет у Кашкадарьи 11,7 % годового стока.

Изменение режима и водононости Кашкадарьи по ее длине (в пределах равнинной области бассейна) в современных условиях зависит не столько от физико-географических факторов, сколько от хозяйственной деятельности человека. Наличие на ней и всех ее притоках орошаемых площадей отнимает у Кашкадарьи огромные массы стока в вегетационный период и вместе с тем способствует питанию грунтовых вод, выклинивание которых повышает водононость невегетационного периода. Сопоставление суммарных расходов рек Кашкадарья и Джиндыдырья, Аксу, Танхизыдарья и Яккабагдарья с расходами в створе Чиракчинской станции, расположенной непосредственно после впадения в Кашкадарью перечисленных притоков, указывает на:

а) резкое уменьшение расходов воды в мае – октябре, когда сток в створе Чиракчинской станции составляет всего 50 % суммарного стока перечисленных выше рек; особенно интенсивное уменьшение расходов реки имеет место в августе и сентябре. В эти месяцы расход воды у г. Чиракчи равен 25 и 29 % суммарных расходов составляющих Кашкадарью рек;

б) Увеличение стока реки у г. Чиракчи в ноябре – апреле по отношению к суммарному поверхностному притоку из горной области бассейна;

в) общее уменьшение стока Кашкадарьи у г. Чиракчи по сравнению с суммарным стоком собственно Кашкадарьи и ее притоков в размере 24 % последнего.

Из 51 поста лишь 14 расположены на самой р. Кашкадарье, причем только один из них ведёт наблюдения за естественным, не искаженным хозяйственной деятельностью стоком. Всего только 25 постов находится на водотоках с естественным режимом стока. На целом ряде постов ряды стока имеют перерывы, или учёт проводился не полный календарный год. Подробные сведения о гидрологических постах представлены в табл. 1.

Таблица 1

Список пунктов наблюдений за стоком воды в бассейне р. Кашкадарья

1. N - количество полных лет наблюдений. 2. L – длина реки. 3. F – площадь водосбора. 4. H – средняя высота водосбора.

Река – пост	L, км	F, км ²	H, км	Периоды наблюдений	N
1. Кашкадарья – кишл. Варганза	320,0	511	1,80	1926-2009	81
2. Кашкадарья – у моста БУТ	301,0	301	1,60	1942-1943, 1947-1963	17
3. Кашкадарья – кишл. Айранчи	297,0	1010	1,57	1939-1942	1
4. Кашкадарья – кишл. Парчикент	288,0	1030	1,57	1932-1938	5
5. Кашкадарья – кишл. Чиракчи (4 км выше кишл.)	270,0	4550	1,66	1927-1943	12
6. Кашкадарья – кишл. Чиракчи (0,2 км ниже устья р. Джар)	266,0	4970	1,72	1944-2009	62
7. Кашкадарья – кишл. Байли	235,0	5570	1,59	1930-1935	5
8. Кашкадарья – нижний бьеф Чимкарганского вдхр.		-	-	1963-2009	45
9. Кашкадарья – кишл. Каратикон	198,0	7900	1,35	1936-1987	47
10. Кашкадарья – кишл. Ханабад	188,0	8060	1,33	1929-1935	6
11. Кашкадарья – Искиангарская	168,0	1200	-	1956-1957	-
12. Кашкадарья – Больничный	166,0	1200	-	1938-1966, 1969-1973	32
13. Кашкадарья – вододелитель Камаша-Маймак	150,0	-	-	1928-1962	27
14. Кашкадарья – Майманак Сарыкский	139,0	-	-	1934-1962	24
15. Джиндыдарья – кишл. Джаус	29,0	152	1,97	1941-1990	44
16. Джиндыдарья – кишл. Паландара	6,3	328	1,63	1931-1974	24
17. Карабулак – кишл. Карабулак	1,6	22,0	-	1931-1936	5
18. Акдарья (Аксу) – 3,5 км к зап. от пер. Мухбель	93,0	64,1	3,50	1960-1992	28
19. Акдарья (Аксу) – кишл. Хисарак	52,0	755		1984-2009	18
20. Акдарья (Аксу) – кишл. Хазарнау	40,0	845	2,55	1927-2009	81
21. Акдарья (Аксу) – Парчикентская	1,0	1280	2,10	1929-1974	43
22. Карасу (верхняя) – кишл. Улян	0,2	139	1,83	1927-1987	43
23. Карасу (нижняя)-г. Китаб	1,3	-	-	1936-1970	34
24. Гараучашма – кишл. Парчакент	0,5	-	-	1931-1970	33
25. Шурабсай – кишл. Кумыртепа	3,9	169	0,94	1936-1970	34
26. Танхизыдарья – кишл. Касатараш	65,0	222	2,97	1941-1951	9
27. Танхизыдарья – кишл. Атчиги	47,0	401	2,30	1926-1940	13
28. Танхизыдарья – кишл. Каттаган	43,0	435	2,21	1951-2009	57
29. Танхизыдарья – Уртакурганский	13,0	697	1,67	1936-1962	24

Продолжение таблицы 1

Река – пост	L, км	F, км ²	H, км	Периоды наблюдений	N
30. Танхизыдарья– кишл. Нушкент	0,9	1910	1,80	1930-1974	35
31. Яккабагдарья – кишл. Татар	50,0	504	2,73	1930-2009	78
32. Якаабагдарья – Искикурганский	19,0	1080	2,14	1933-1962	30
33. Яккабагдарья – Янгинский	14,0	1100	2,12	1928-1974	43
34. Тырна-кишл. Ишкент	13,0	151	2,34	1930-1984	48
35. Тырна – Чучакайский	0,4	186	2,13	1930-1974	38
36. Гульдара – киш. Гульдара	32,0	24,4	2,34	1948-1966	16
37. Джар (Кичикджар) – кишл. Канжигалы	39,0	124	1,37	1941, 1946-1947, 1951-1991	41
38. Джар (Аякчисай) – кишл. Чиракчи	0,5	348	0,91	1930-1974	38
39. Лянгар – кишл. Уртадара	26,0	59,9	2,27	1947-1972	20
40. Лянгар – кишл. Калтатай	-	180	1,70	1976-1987	10
41. Лянгар – кишл. Таль	3,0	236	1,56	1932-1933, 1938-1974	31
42. Гузардарья – кишл. Пачкамар		3090		1965-2009	38
43. Гузардарья – кишл. Яртепа	70,0	3170	1,52	1928-1965	35
44. Гузардарья – 2 км выше с. Коштепа	50,0	3290	1,50	1935-1962	25
46. Кичикурядарья – кишл. Дехканабад	32,0	1170	1,56	1959-1968	7
47. Кичикурядарья – кишл. Гумбулак		1570		1968-2009	40
48. Кичикурядарья - кишл. Куль кишлак	1,0		1,42	1928-1962	29
49. Урядарья – кишл. Базартепа	9,5	1260		1965-2009	43
50. Урядарья – кишл. Кошулуш	3,9	1320	1,75	1928-1965	32
51. Кумдарья – кишл. Чамбил	77,0	357	1,18	1951-1991	31

Река Кашкадарья и ее приток Джиндыдарья относятся (по В.Л.Шульцу) к рекам снегового типа питания, очень близко приближаясь к снегово-дождевому типу, особенно это характерно для р. Джиндыдарья.

Наибольшие средние месячные расходы воды наблюдаются в апреле, минимальные в августе – сентябре. Средний многолетний годовой расход воды р. Кашкадарьи у кишл. Варганза $5,26 \text{ м}^3/\text{с}$ (рис. 3).

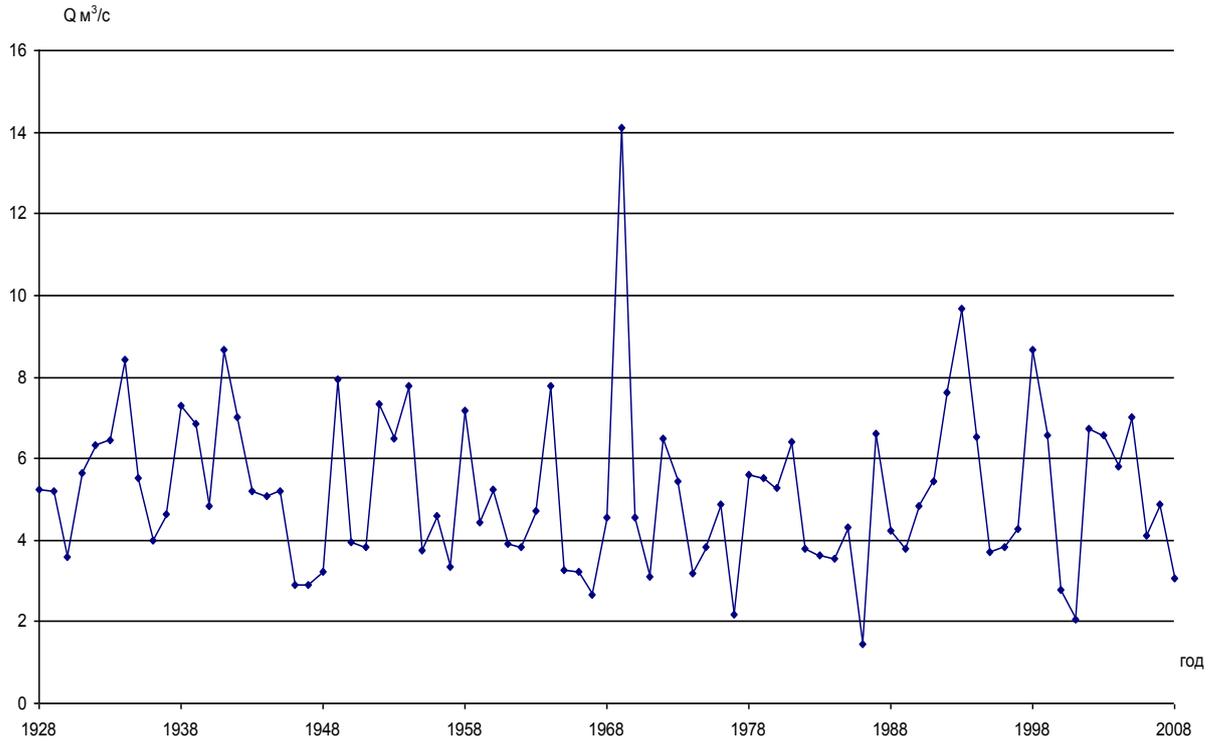


Рис. 3. Средние годовые расходы воды р. Кашкадарья – кишл. Варганза

Средняя продолжительность половодья р. Кашкадарьи у кишл. Варганза - 135 дней; средние даты: начало половодья 11 февраля, конец - 26 июня.

Максимальные расходы воды формируются при значительном участии ливней, поэтому паводки часто носят селевой характер.

Повышенный сток этого периода обуславливается низкими высотами водосборов, в результате чего здесь возможно выпадение жидких осадков и подтаивание снежного покрова при оттепелях. Кроме того, имеет место повышенное подземное питание. Выйдя из гор, р. Кашкадарья принимает слева ряд притоков, большинство из которых по водоносности превышает Кашкадарью. Самой водоносной рекой бассейна является Акдарья (Аксу). Вторая по водности река бассейна – Яккабагдарья, которая сама непосредственно не доходит до Кашкадарьи. Выйдя из гор, она разделяется на два равноценных рукава: Карабаг и Кызылсу. Кызылсу впадает в р. Танхиздарью и по ее руслу

воды р. Яккабагдарьи до Кашкадарьи. Последним левым притоком Кашкадарьи является Гузардарья.

Правобережные притоки Кашкадарьи, стекающие с южного склона невысокого хребта Каратепе, носят характер саев. Они или совсем не доносят своих вод до Кашкадарьи, или сбрасывают в нее ничтожное количество воды, за исключением периодов селей.

Отличаясь наиболее высоко расположенными водосборами, реки Акдарья, Яккабагдарья и Танхизыдарья относятся к рекам снегово-ледникового питания и характеризуются наиболее поздней концентрацией стока и наиболее высокой удельной водоносностью.

Максимальных значений средние месячные расходы воды у всех трех рек достигают в июне, минимальных – в декабре – январе.

Сток за июль – сентябрь у Акдарьи 49 %, за март – июнь 38 % годового объема. Такой высокий процент стока в июле – сентябре в бассейне Акдарьи объясняется наличием ледников.

Сток за июль–сентябрь рек Танхизыдарьи равен 23 %, Яккабагдарьи 27 % годового. Сток за март – июнь у них соответственно равен 67 и 62 % годового.

Средний многолетний годовой расход воды р. Акдарьи равен 12,2 м³/с, р. Танхизыдарьи - 4,47 м³/с и р. Яккабагдарьи - 6,30 м³/с.

Средняя продолжительность половодья р. Акдарьи у кишл. Хазарнова составляет 210 дней при средних датах начала 4 марта и конца 29 сентября; р. Яккабагдарьи у кишл. Татар - 169 дней, начало половодья - 22 марта, конец - 6 сентября; р. Танхизыдарьи у кишл. Катаган - 164 дня, начало половодья - 19 марта, конец - 28 августа. За время половодья проходит у р. Акдарьи 84 % годового стока, у р. Танхизыдарьи - 84 % и у р. Яккабагдарьи - 90 %. Эти три реки играют решающую роль в формировании режима Кашкадарьи в среднем течении.

Внутригодовое распределение стока правобережных притоков характеризуется наиболее ранней концентрацией стока. Наибольших значений рас-

ходы воды у них достигают в марте – апреле, минимальные значения в июле - августе. В ноябре наблюдается резкое увеличение расходов воды, обусловленное выпадающими дождями и подтаиванием снега во время оттепелей.

В горной и равнинной частях бассейна находится много родников. Родники горной части питают реки на горных участках, а родники равнинной области являются дополнительными водными ресурсами бассейна.

Воды Кашкадарьи и ее притоков интенсивно используются на орошение. Забор воды осуществляется многочисленной сетью каналов, в результате чего сток многих рек по выходе из гор периодически прекращается.

2.2. Сеть наблюдений

В бассейне Кашкадарьи всего 149 рек длиной 10 и более км, из них 33 имеют длину 20 и более км [7]. Однако в различное время наблюдения за стоком воды проводились или проводятся всего на 18 реках в 51 створе, причем реки Карасу-нижняя, Гараучашма и Шурабсай не являются реками как таковыми, а так называемыми в Средней Азии «карасу», то есть водными объектами, образовавшимися благодаря просачиванию оросительных вод в почвогрунты и выходу их на поверхность земли естественным путем ниже зон орошения, и имеющими все признаки естественных рек.

Из 51 поста 25 расположены на участках рек с ненарушенным хозяйственной деятельностью режимом стока (с учетом поста Акдарья – кишл. Хазарнау, который до создания водохранилища выше поста в 1984 г. также находился на реке с неискажённым стоком). Следовательно, только данные этих 25 постов и можно использовать для оценки естественных водных ресурсов бассейна (табл. 2).

Длительность наблюдений колеблется от 16 лет (р. Гульдара – кишл. Гульдара) до 81 года (р. Кашкадарья – кишл. Варганза и р. Акдарья - кишл. Хазарнау).

Данные по постам расположенным на участках рек
с ненарушенным хозяйственной деятельностью режимом стока

Река – пост	Н, км	Коэф. коррел.	F, км ²	Q _{ср} вост.	M, л/(с*км ²)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Кашкадарья – кишл. Варганза	1,80		511	5,19	10,1
Кашкадарья – кишл. Чиракчи (0,2 км ниже устья р. Джар)	1,72	0,92	4970	22,5	4,52
Джиндыдарья – кишл. Джаус	1,97	0,50	152		10,4
Ақдарья – 3,5 км к зап. От пер. Мухбель	3,50	0,49	64,1		31,7
Ақдарья – кишл. Хисарак		0,87	755	11,5	15,2
Ақдарья – кишл. Хазарнау	2,55	0,87	845	12,9	15,2
Ақдарья – Парчикентская	2,10	0,91	1280	9,26	7,23
Карасу (верхняя) – кишл. Улян	1,83	0,84	139	1,44	10,4
Шурабсай – кишл. Кумыртепа	0,94	0,61	169	0,62	3,68
Танхизыдарья – кишл. Каттаган	2,21	0,82	435	4,01	9,21
Танхизыдарья – кишл. Нушкент	1,80	0,85	1910	5,30	2,78
Яккабагдарья – кишл. Татар	2,73	0,87	504	5,98	11,9
Тырна-кишл. Ишкент	2,34	0,84	151	5,30	9,09
Тырна – Чучакайский	2,13	0,86	186	0,87	4,69
Гульдара – киш. Гульдара	2,34	0,67	24,4	0,19	7,75
Джар (Кичикджар) – кишл. Канжигалы	1,37	0,78	124	1,33	10,7
Джар (Аячисай) – кишл. Чиракчи	0,91	0,47	348		3,25
Лянгар – кишл. Уртадара	2,27	0,73	59,9	0,49	8,23
Лянгар – кишл. Таль	1,56	0,93	236	0,71	3,02
Гузардарья – кишл. Пачкамар		0,82	3090	5,48	1,77
Гузардарья – кишл. Яртепа	1,52	0,86	3170	5,72	1,80
Кичиқурядарья – кишл. Гумбулак		0,88	1570	1,39	0,89
Урядарья – кишл. Базартепа		0,70	1260	3,90	3,10
Урядарья – кишл. Кошулуш	1,75	0,92	1320	4,35	3,30
Кумдарья – кишл. Чамбил	1,18	0,95	357	2,17	6,08

Средние годовые наблюдаемые расходы воды бассейна р. Кашкадарьи представлены в табл. 3.

Таблица 3

Средние годовые наблюдаемые расходы воды бассейна р. Кашкадарья

	р. Кашкадарья – кишл. Варганза	р. Кашкадарья – кишл. Чиракч	р. Джиндыдарья – кишл. Джаус	р. Акдарья – 3,5 км к зап. от пер. Мухбель	р. Акдарья – кишл. Хазарнау	р. Акдарья – Парчикентская	р. Карасу (верхняя) – кишл. Улян	р. Шурабсай – кишл. Кумыртепа	р. Танхизыдарья – кишл. Каттаган	р. Танхизыдарья – кишл. Нушкент	р. Яксабагдарья – кишл. Татар	р. Тырна – кишл. Ишкент	р. Тырна Чучакайский	р. Гульдара – кишл. Гульдара	р. Джар (Кичикджар) – кишл. Кан-жигалы	р. Джар (Аякчисай) – кишл. Чиракчи	р. Лянгар – кишл. Уртадара	р. Лянгар – кишл. Таль	р. Гузардарья – кишл. Яртепа	р. Кичикурядарья – кишл. Гумбулак	р. Урядарья – кишл. Базартепа	р. Урядарья кишл. Кошулуш	р. Кумдарья – кишл. Чамбил	р. Акдарья – кишл. Хисарак	р. Гузардарья – кишл. Пачкамар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1928	5,24				10,7														6,90						
1929					12,6														6,07			4,92			
1930	3,60				11,0	8,06	1,11												3,99			3,50			
1931	5,63				12,5	11,7				7,91		0,83				0,80									
1932	6,34				14,3	10,5	1,29		4,82	6,70		0,90				1,10						4,22			
1933	6,46				12,6	9,82	1,68			6,77		0,76				1,22			5,94			4,77			
1934	8,42				16,2	16,2	2,07		10,9	9,40		1,74							9,43			7,07			
1935	5,54				13,0	11,3	1,46			7,82		1,03				0,73			5,40			4,52			
1936	4,00				12,6	10,4	1,23		6,22	6,82		0,71							3,99			3,17			
1937	4,65				11,1	9,20	1,28	0,42		5,85		0,68				0,62			4,08			3,26			
1938	7,30				11,7	12,6	1,92	0,66	6,77	6,54		1,29							5,10			4,51			
1939	6,84				10,6	12,4	1,91	0,64	6,38	7,10		1,63						1,32	5,93			4,49			
1940	4,84				11,0	11,1	1,75	0,46	5,16	5,51		1,02				1,15		0,78	3,92			3,57			

Продолжение таблицы 3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	
<i>1972</i>	6,47	25,3	1,63	1,71	11,0	9,25				4,70	5,60	1,24														
<i>1973</i>	5,46	30,1	1,54			8,93				4,55	6,52	1,06														
<i>1974</i>	3,20	17,8	1,08	1,68	6,99		0,83		2,36		3,57	0,63														
<i>1975</i>	3,82	14,6	1,08	1,72	8,77		0,72		3,06		4,25	1,17														
<i>1976</i>	4,88	23,2	1,46	1,74	11,2		0,99				6,00	1,76														
<i>1977</i>	2,19	11,7	1,00	1,28	8,01				2,38		3,39	0,86														
<i>1978</i>	5,61	26,3			12,9				4,67		6,69										1,25	3,96				
<i>1979</i>	5,51	27			14,2				3,83		6,48										1,23	4,75				
<i>1980</i>	5,26	22,7			9,71				2,54		4,86										1,16	3,66				
<i>1981</i>	6,39	32			14,7				3,67		7,11										1,73	4,44				4,82
<i>1982</i>	3,80	16,4			9,29						4,87										0,63					3,53
<i>1983</i>	3,64	15,7			10				0,99		4,71										0,32	2,92				3,62
<i>1984</i>	3,56	16,1			9,43				1,78		4,43										0,69	2,48				3,43
<i>1985</i>	4,30	16,9			10,8				2,72		5,3										0,93	3,01				3,8
<i>1986</i>	1,45	4,58			6,22				1,64		3,11										0,2	1,49				1,56
<i>1987</i>	6,60	28,3			14,3				4,77		7,9										0,84	5,59				3,91
<i>1988</i>	4,23	20,6			13,6				3,93		7,18										1,11	5,98				4,54
<i>1989</i>	3,80	10			11,5				2,01		4,79										0,27	3,09				3,67
<i>1990</i>	4,85	16,3			11,8				2,06		5,12										0,43	3,65				3,51
<i>1991</i>	5,46	20,4			11,3				2,36		4,72										1,44	5,08			9,89	3,98
<i>1992</i>	7,62	46,4			16,5				6,42		8,19										3,83	9,04			15,8	6,46
<i>1993</i>	9,68	45			17,9				4,77		8,45										3,44	7,95			14,9	10,4
<i>1994</i>	6,52	28,4			14,1				4,07		6,93										1,2	4,8			14,1	10,6
<i>1995</i>	3,69	11,1			11,1				2,82		3,63										0,73	3,14			9,31	4,49
<i>1996</i>	3,81	10			10,2				3,26		4,46										0,75	3,4			9,31	4,29
<i>1997</i>	4,26	12,4			8,68				3,43		5,26										1,48	3,89			10,8	5,1
<i>1998</i>	8,65	40,5			16,6				8,76		8,8										2,35	7,43				10,6
<i>1999</i>	6,56	20,9			13,2				4,52		4,69										0,67	2,08			11,6	8,51
<i>2000</i>	2,77	6,27			7,52				2,47		3,05										0,32	1,67			6,36	2,87
<i>2001</i>	2,06	3,15			7,64				1,63		2,15										0,238	0,901			5,37	1,15

Продолжение таблицы 3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>
2002	6,73	21,7			12,6				3,28		6,08									1,61	2,12			13,5	5,7
2003	6,58	25,8			13,8				4,88		5,94									2,00	3,59			14,1	6,98
2004	5,79	23,1			15,1				4,37		7,75									1,65	2,53			14,7	8,27
2005	7,01	26,9			19,3				5,66		8,89									3,92	2,12			17,6	10,3
2006	4,11	13,5			13,8				3,86		4,11									0,97	2			10,6	7
2007	4,89	16,1			14,2				4,15		5,15									0,981	1,92			12,3	4,13
2008	3,05	9,38			10,8				2,85		3,92									0,807	2,45			8,33	2,71
2009	3,40	10,4			11,2				3,15		4,26									1,18	2,63			10,6	3,46

ГЛАВА III

РАСЧЕТ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАССЕЙНА

Р. КАШКАДАРЬИ

3.1. Выбор опорных постов для расчета водных ресурсов

Как видно из таблицы 2, далеко не по всем постам бассейна имеются ряды наблюдений за длительный период. Часть постов переносилась по различным причинам (главным образом, из-за гидротехнического строительства, что приводило к искажению естественного стока или затоплению постов), а для расчетов многолетних характеристик стока и его изменчивости крайне необходимы возможно более длительные ряды неискаженных наблюдений.

В связи с тем, что периоды наблюдений на постах часто не совпадают, имеются перерывы в наблюдениях, появляется необходимость в приведении гидрологических рядов к одному расчетному периоду для получения однородных статистических характеристик стока [20].

Для рек, в бассейне которых хозяйственная деятельность человека существенно влияет на естественный речной сток, необходимо восстановление рядов данных [5].

Для восстановления естественного речного стока применяются:

- регрессионные методы с использованием парной и множественной корреляции;
- воднобалансовые методы с учетом изменения всех элементов водного баланса.

Выбор методов восстановления речного стока определяется наличием и качеством необходимой гидрометеорологической информации.

При комплексном учете влияния всех видов хозяйственной деятельности применяются регрессионные методы, а при дифференцированном –

воднобалансовые. Оценка надежности восстановленного ряда речного стока осуществляется статистическими методами [12].

Оценка влияния орошения на сток дополнительно включает использование проектных данных о размерах орошаемых площадей, водозаборах, коэффициентах полезного действия оросительных систем, а также данных о дефицитах водопотребления сельскохозяйственных культур, глубине залегания грунтовых вод.

Для оценки влияния осушения на сток в уравнении водного баланса дополнительно учитывается объем сработки вековых запасов грунтовых вод, изменение суммарного испарения на осушенных территориях, изменение гидрографической сети и регулирующей роли зоны аэрации.

На основе регрессионных методов восстановление естественного стока производится по данным о стоке рек-индикаторов, имеющих естественный режим за весь требуемый период.

Восстановление стока малых и средних рек допускается производить по основным стокообразующим метеорологическим факторам, а также по стоку бассейнов-аналогов, имеющих естественный режим за весь период наблюдений.

Чаще всего для восстановления стока используется обычная линейная множественная корреляция. Восстановленный ряд проверяется на однородность с использованием статистических критериев однородности.

Мы использовали этот метод для расчета зональных модулей стока в бассейне р. Кашкадарьи. Здесь в различное время действовало 25 гидрометрических постов [9], контролирующих водосборы с площадью от 24,4 км² до 4970 км². Их средняя высота – от 0,94 км до 3,5 км. Длительность наблюдений колебалась от 16 лет до 80 лет.

По разным причинам (короткие ряды наблюдений, искаженный сток) мы смогли использовать данные лишь 18 из них.

В нашей работе восстановление и удлинение рядов наблюдений было выполнено традиционным методом корреляции данных расчетного створа и

створа–аналога. Это было сделано для 18 гидрологических постов, совместные ряды наблюдений на которых превышали 10 лет.

При выборе рек-аналогов необходимы следующие условия:

- возможная географическая близость расположения водосборов;
- сходство климатических условий;
- однородность условий формирования стока, однотипность почв (грунтов) и гидрогеологических условий, по возможности близкая степень озерности, залесенности, заболоченности и распаханности;
- площади водосборов не должны различаться более, чем в 10 раз, а их средние высоты (для горных рек) более чем на 300 м;
- отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток (регулирование стока, сбросы, изъятие на орошение и другие нужды).

Для выбранных постов была построена корреляционная матрица (табл. 4) и по результатам расчетов в качестве аналога была выбрана р. Кашкадарья – пост кишл. Варганза с периодом наблюдений с 1928 по 2009 год.

Отметим, что пустые клетки в таблице оставлены в тех случаях, когда нет совместных рядов наблюдений или они очень коротки.

Из анализа матрицы можно сделать вывод, что сток подавляющего большинства рек связан со стоком на выбранном посту довольно тесно: коэффициенты корреляции от 0,61 до 0,95. Только для двух постов – р. Акдарья – 3,5 км к зап. от пер. Мухбель и р. Джар (Аякчисай) – кишл. Чиракчи, коэффициенты корреляции равны 0,49 и 0,47 соответственно, что, скорее всего объясняется короткими рядами совместных наблюдений.

Данные отобранных 25 постов были в дальнейшем использованы для оценки суммарных водных ресурсов бассейна р. Кашкадарья.

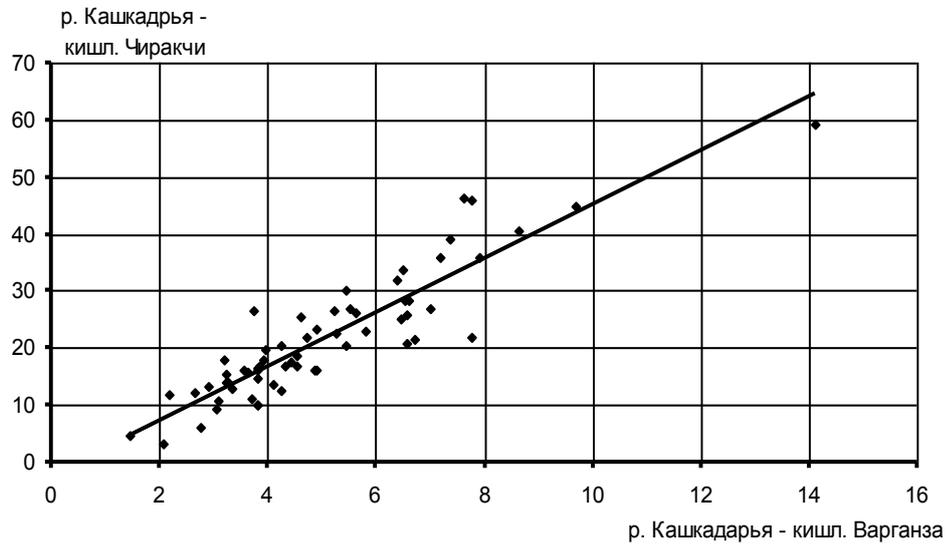
Таблица 4

Корреляционная матрица стока рек в бассейне р. Кашкадарьи

	р. Кашкадарья – кишл. Варганза	р. Кашкадарья – кишл. Чиракчи	р. Джиндыдарья – кишл. Джаус	р. Акдарья – 3,5 км к зап. от пер. Мухбель	р. Акдарья – кишл. Хазарнау	р. Акдарья - Парчикентская	р. Карасу (верхняя) – кишл. Улян	р. Шурабсай – кишл. Кумыртепа	р. Танхизыдарья – кишл. Каттаган	р. Танхизыдарья – кишл. Нушкент	р. Яккабагдарья – кишл. Татар	р. Тырна – кишл. Ишкент	р. Тырна Чучакайский	р. Гульдара – кишл. Гульдара	р. Джар (Кичикджар) – кишл. Кан-жигалы	р. Джар (Аякчисай) – кишл. Чиракчи	р. Лянгар – кишл. Уртадара	р. Лянгар – кишл. Таль	р. Гузардарья – кишл. Яртепа	р. Кичикурдарья – кишл. Гумбулак	р. Урядарья – кишл. Базартена	р. Урядарья кишл. Кошулуш	р. Кумдарья – кишл. Чамбил	р. Акдарья – кишл. Хисарак	р. Гузардарья – кишл. Пачкамар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
р. Кашкадарья – кишл. Варганза	1,00	0,92	0,50	0,49	0,87	0,91	0,84	0,61	0,82	0,85	0,87	0,84	0,86	0,67	0,78	0,47	0,61	0,93	0,86	0,88	0,70	0,92	0,94	0,87	0,82
р. Кашкадарья – кишл. Чиракчи		1,00	0,52	0,49	0,85	0,93	0,92	0,60	0,82	0,90	0,91	0,84	0,91	0,63	0,64	0,57	0,69	0,89	0,97	0,85	0,82	0,95	0,94	0,83	0,73
р. Джиндыдарья – кишл. Джаус			1,00	0,15	0,47	0,86	0,88	0,63	0,29	0,84	0,51	0,70	0,88	0,63	0,30	0,50	0,73	0,84	0,91	0,31	0,56	0,94	0,47	0,47	0
р. Акдарья – 3,5 км к зап. от пер. Мухбель				1,00	0,67	0,01	0,58	0,63	0,67	-0,05	0,53	0,14	-0,29	0,78	0,18	-0,17	0,53	-0,47	0,61	0,31	0,62	0,49	0,29		0,35
р. Акдарья – кишл. Хазарнау					1,00	0,83	0,81	0,64	0,84	0,83	0,88	0,85	0,77	0,51	0,60	0,58	0,69	0,78	0,87	0,83	0,56	0,91	0,81	0,91	0,81
р. Акдарья - Парчикентская						1,00	0,82	0,52	0,89	0,86	0,87	0,80	0,82	0,72	0,63	0,47	0,74	0,95	0,78	1,00	0,62	0,80	0,90		0,83
р. Карасу (верхняя) – кишл. Улян							1,00	0,39	0,74	0,87	0,82	0,76	0,85	0,56	0,50	0,84	0,82	0,81	0,83	0,97	0,50	0,82	0,84		-0,3
р. Шурабсай – кишл. Кумыртепа								1,00	0,70	0,49	0,48	0,64	0,49	0,56	0,51	0,30	0,22	0,60	0,42	1,00	0,88	0,42	0,53		
р. Танхизыдарья – кишл. Каттаган									1,00	0,85	0,84	0,73	0,81	0,51	0,60	0,46	0,65	0,84	0,70	0,83	0,62	0,78	0,81	0,89	0,77
р. Танхизыдарья – кишл. Нушкент										1,00	0,89	0,88	0,80	0,40	0,65	0,45	0,61	0,84	0,78	1,00	0,74	0,79	0,89		0,85
р. Яккабагдарья – кишл. Татар											1,00	0,82	0,82	0,45	0,61	0,44	0,69	0,82	0,89	0,85	0,71	0,88	0,84	0,96	0,75
р. Тырна – кишл. Ишкент												1,00	0,85	0,57	0,59	0,34	0,55	0,75	0,84	0,82	0,53	0,89	0,82		0,21
р. Тырна Чучакайский													1,00	0,51	0,48	0,46	0,87	0,80	0,87	0,96	0,89	0,89	0,90		0,54
р. Гульдара – кишл. Гульдара														1,00	-0,28	0,59	0,58	0,53	0,77			0,81	0,65		
р. Джар (Кичикджар) – кишл. Канжигалы															1,00	0,33	-0,19	0,76	-0,16	0,87	0,65	-0,01	0,75		0,71

Примеры графического выражения уравнений связи средних годовых расходов реки-аналога и конкретной реки приведены на рис. 4.

а)



б)

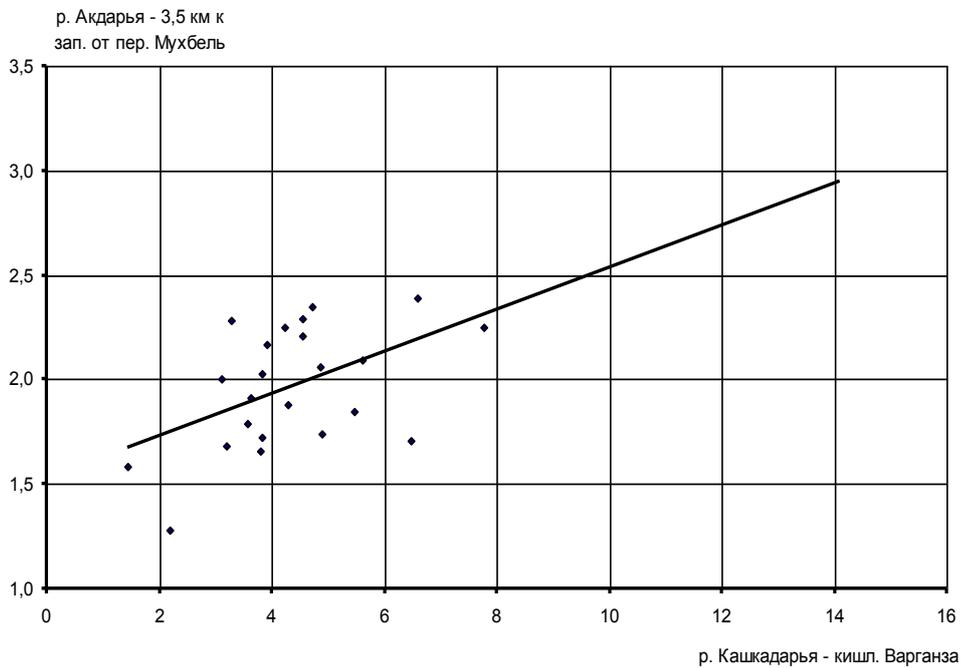


Рис. 4. Связь средних годовых расходов (Q_0 , м³/с) реки-аналога (р. Кашкадарья – кишл. Варганза) и рек: а) р. Кашкадарья – кишл. Чиракчи, б) р. Акдарья – 3,5 км к зап. от пер. Мухбель.

3.2. Методика расчета водных ресурсов

На основе обзора существующих исследований среднего годового стока горных территорий можно сделать вывод, что ведущим аргументом при описании территориальных изменений различных гидрологических характеристик является средняя взвешенная высота бассейна [23, 6].

Расчет стока горных рек во многих случаях невозможен из-за отсутствия гидрометрических наблюдений на них. В таких случаях для расчетов используются высотные зависимости модулей стока.

Однако, как правило, они строятся по данным средних модулей стока для целых речных бассейнов, не охватывая весь диапазон их высот [13].

Использование данных по стоку с высокогорных бассейнов, данных по ледниковому стоку и вычисление стока в самых нижних зонах по осадкам и радиационному балансу для экстраполяции зависимостей $M = f(\bar{H})$, где M - модуль стока, \bar{H} - средняя высота водосбора, в низко- и высокогорных частях бассейнов не всегда возможно из-за отсутствия гидрометеорологических наблюдений в исследуемых регионах.

На трудность и необъективность экстраполяции таких кривых обратил внимание М.Н. Большаков, и чтобы обойти их, предложил в 1950 году понятие зональных модулей стока и методику их расчета [6]. Эти модули позволяют, во-первых, без значительной экстраполяции вычислять средние модули стока неизученных рек, во-вторых, строить карты территориального распределения стока для горных районов, в-третьих, помогают оценить изменение с высотой элементов водного баланса. При этом, что очень важно, исходными являются лишь данные о средних многолетних расходах воды рек, на которых имеются наблюдения, и распределения площадей их бассейнов по высотным зонам, которые легко получить по картам.

Рассмотрим методику М.Н. Большакова подробнее.

Допустим, что в некотором «однородном» районе зональные модули стока m распределяются по высоте одинаково. Пусть в этом районе имеется N речных бассейнов, средние модули стока M которых известны. Тогда средний многолетний сток каждой j -ой реки равен

$$Q_j = M_j \cdot F_j = \sum_{i=1}^n m_i \cdot f_{ij},$$

где M_j - средний многолетний модуль стока с j -го бассейна; F_j - общая площадь бассейна; n - число высотных зон; f_{ij} - площадь i -ой высотной зоны в j -ом бассейне. Отсюда следует:

$$M_j = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \frac{f_{ij}}{F_j}. \quad (1)$$

Разность левой и правой части этого уравнения дает ошибку расчета среднего модуля по зональным.

Для группы из N бассейнов необходимо подобрать такие m_i , чтобы минимальной была метрика

$$\delta = \sum_{j=1}^N \left(M_j - \sum_{i=1}^n m_i \cdot \frac{f_{ij}}{F_j} \right)^2 \quad (2)$$

В этом и заключается идея М.Н. Большакова.

Очевидно, что если число бассейнов больше числа зон, то методом наименьших квадратов могут быть подобраны такие m_i , что δ окажется минимальной из всех возможных. М.Н. Большаков предложил следующий путь: на основании зависимости $M(\bar{H})$, наличие которой и определяет «однородность» района, производится подбор значений m_i . Кривые $m(H)$ подбираются «на глаз» так, чтобы они проходили среди точек $M(\bar{H})$, и рассчитывается δ , затем делается попытка изменить кривую, чтобы δ стала меньше. Здесь очевиден отход от объективности: кривые подбираются плавно возрастающими и проходящими среди точек зависимости $M = f(\bar{H})$. Причина, как мы пони-

маем, в том, что применение формального метода наименьших квадратов, хотя и дает автоматически наименьшую сумму квадратов отклонений (2), но найденные зональные модули изменяются с высотой бессистемно, что не соответствует реальности.

3.3. Объективный расчет зональных модулей стока

Методика была в дальнейшем усовершенствована с целью объективизации получения зависимостей $m(H)$ [8]. Предполагалось, что зависимость имеет полиномиальный вид: $m(H) = a_0 + a_1H + a_2H^2 + \dots + a_nH^n$. Таким образом, задача состоит в объективном поиске параметров $a_0 - a_n$ методом наименьших квадратов.

При этом оказалось, что построенные кривые имеют довольно причудливый вид, и пришлось вводить дополнительные ограничения, в частности, назначать минимальные модули стока внизу и предположить, что они имеют максимальные значения на высоте фирновой границы ледников.

Очевидно, что следовало бы подобрать какие-то более подходящие функции с меньшим числом параметров, но достаточно хорошо отражающие изменения зональных модулей стока с высотой. В качестве таких функций мы взяли следующие:

$$1) m(H) = a + b \cdot \exp(H), \quad (3)$$

$$2) m(H) = a \cdot \exp\left(-\frac{(H-c)^2}{b}\right). \quad (4)$$

Здесь a , b и c – параметры. Эти функции нелинейны, следовательно, параметры могут быть найдены только методом последовательных приближений. Критерием качества служила, как и ранее, минимальная сумма отклонений истинных средних модулей стока рек от вычисленных.

Были рассчитаны зависимости зональных модулей стока вида (3) и (4), то есть определены параметры этих функций. Они получились следующими:

$$m(H) = 2.095 + 0.635 \cdot \exp(H) \text{ и}$$

$$m(H) = 9575 \cdot \exp\left(-\frac{(H - 18.36)^2}{36.84}\right).$$

Эти функции, а также истинные средние для бассейнов модули стока показаны на рис. 5 и 6.

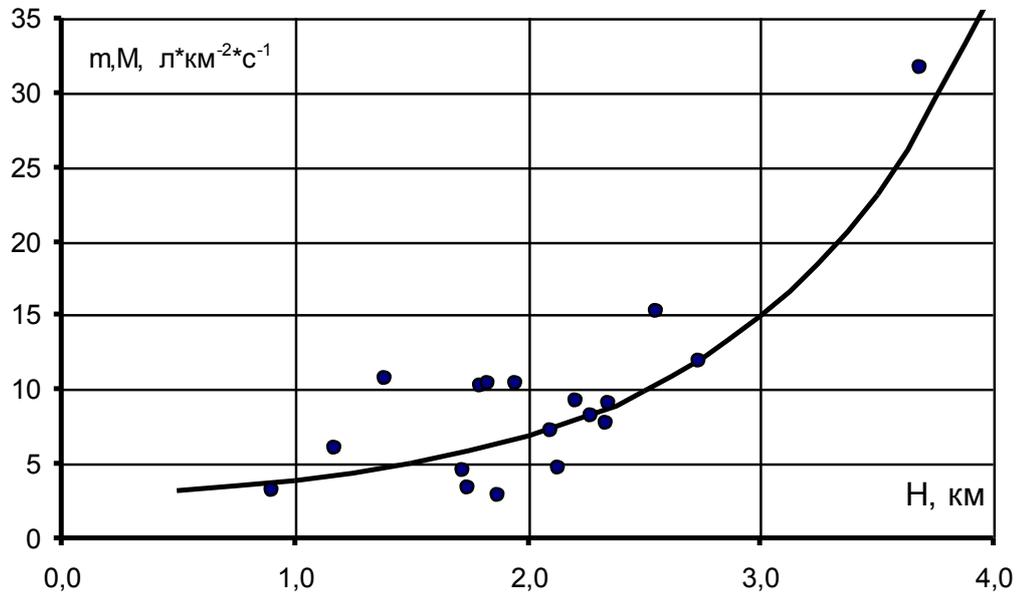


Рис. 5. Зависимость зональных модулей стока (m) от высоты (H), рассчитанная по уравнению (3). Точками показаны средние для бассейнов модули стока (M).

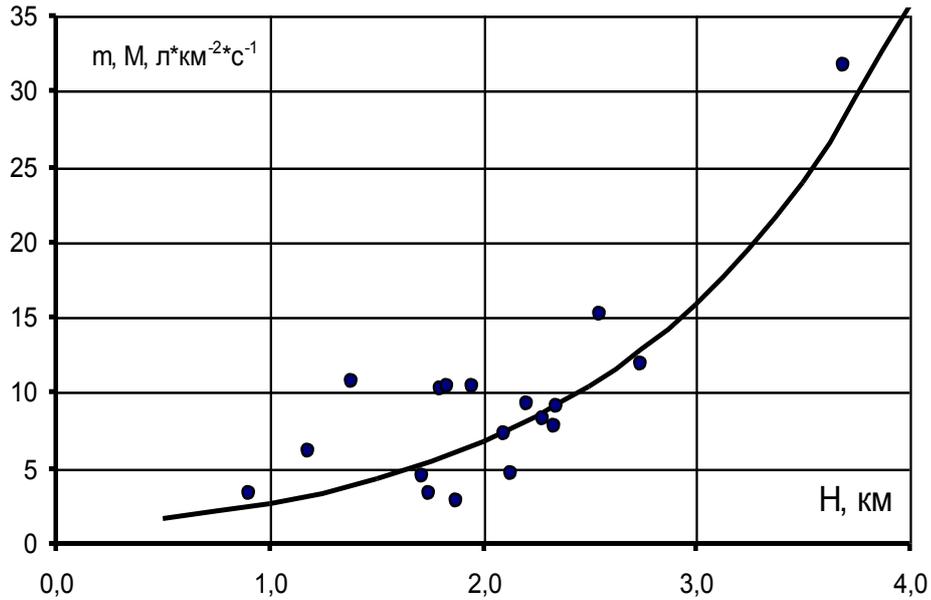


Рис. 6. То же, что на рис. 4, но кривая рассчитана по уравнению (4).

Таким образом, мы получили распределение зональных модулей стока для бассейна р. Кашкадарьи. Эти данные могут быть использованы, во-первых, для расчетов стока рек, на которых отсутствуют гидрометрические измерения, во-вторых, для восстановления естественного стока тех рек, воды которых в настоящее время разбираются на орошение. Результаты могут быть в дальнейшем несколько уточнены, если расчеты делать не для всего бассейна, а разбить его предварительно на районы, как это было сделано в работе [9]. Однако при этом уменьшится число постов в каждом районе и, следовательно, упадет надежность расчетов.

Найденные зависимости были использованы нами для расчета общих водных ресурсов бассейна р. Кашкадарьи.

3.4. Расчет общих средних многолетних ресурсов

Для расчетов общих средних многолетних ресурсов бассейна р. Кашкадарьи были рассчитаны площади высотных зон всего бассейна $f_i(H)$. Они приведены в таблице 5.

Распределение площади по высотным зонам

Высоты	Площади	Доля площади
0,4-0,8	3838	0,347
0,8-1,2	1980	0,179
1,2-1,6	1650	0,149
1,6-2,0	1442	0,131
2,0-2,4	1159	0,105
2,4-2,8	655	0,059
2,8-3,2	321	0,029
	11045	1,000

Суммарные ресурсы были рассчитаны с помощью уравнения:

$$W = \frac{31.54}{10^6} \sum_{i=1}^n m_i \cdot f_i, \text{ км}^3/\text{год}$$

где зональные модули стока имеют размерность [л*км⁻²*с⁻¹], а площади зон - [км²].

Суммарные водные ресурсы для территории бассейна, расположенные выше 0,6 км, оказались равными 1,70 км³/год при расчете по формуле (3) и 1,53 км³/год при расчете по формуле (4). Таким образом, расхождение в данных не превышает 5 %.

На рис. 7 показана зависимость зональных объемов годового стока, рассчитанная по этим двум формулам.

Как видим, наибольшее расхождение имеет место в нижних высотных зонах. Это вызвано, во-первых, тем, что здесь площади зон максимальны, а во-вторых, именно в нижних зонах расхождение зональных кривых максимальное, что хорошо видно на рис. 8.

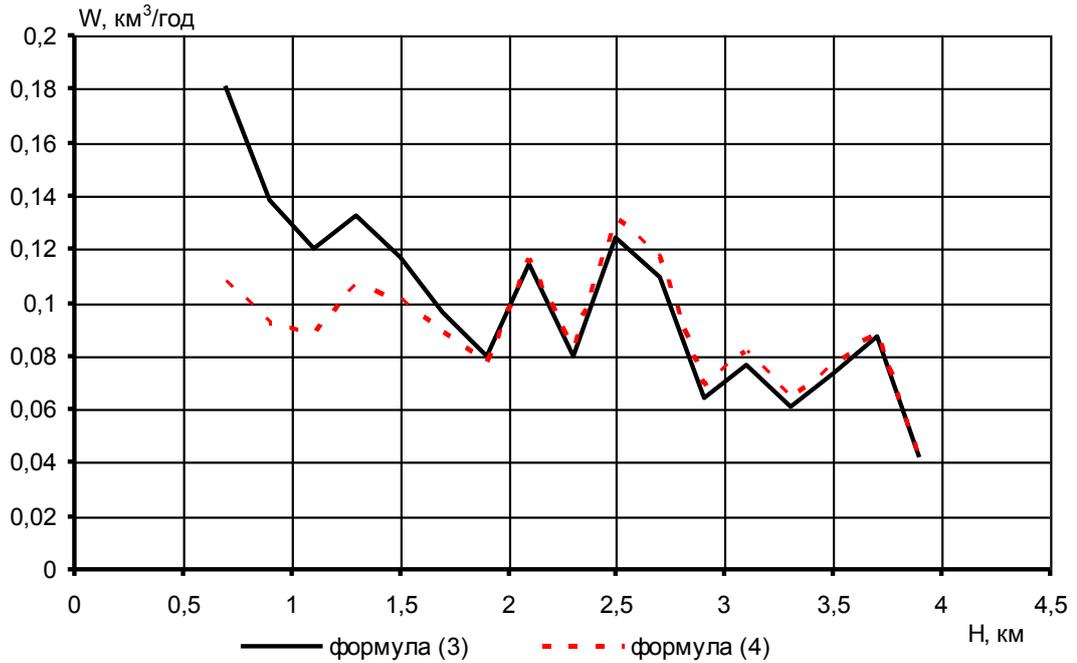


Рис. 7. Зависимость зональных объемов годового стока, рассчитанная по двум формулам (3) и (4).

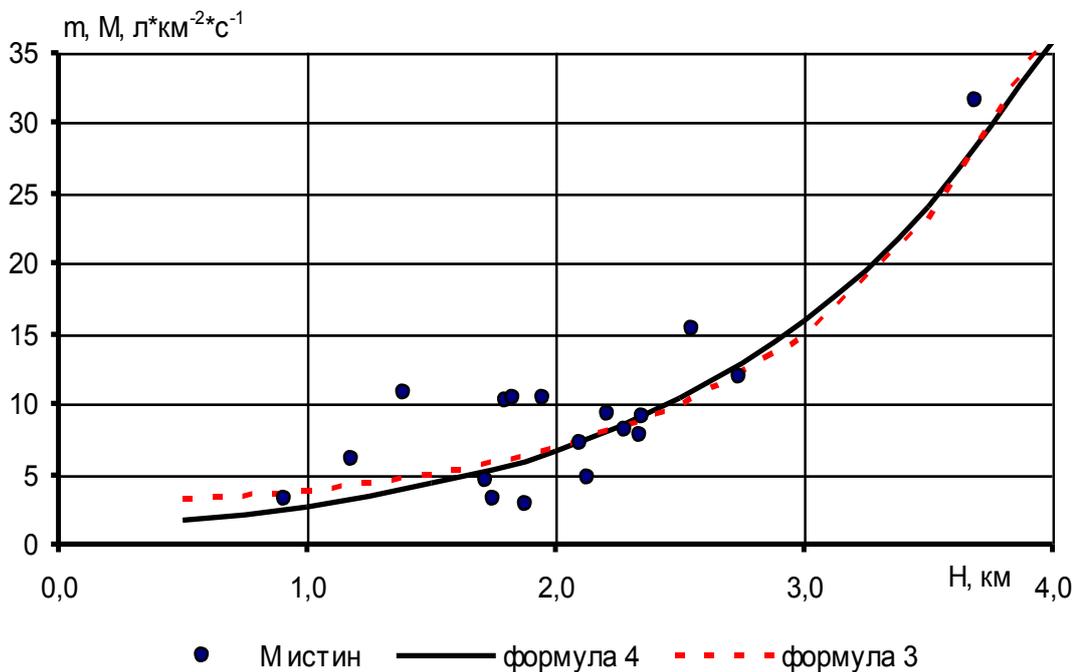


Рис. 8. Зависимость модулей стока (m) от средней высоты бассейна (H), рассчитанная по двум формулам (3) и (4). Точками показаны истинные средние для бассейна модули стока (M).

Видно также, что в верхних высотных зонах, где формируется значительная часть стока, расхождения невелики.

Таким образом, нам удалось оценить суммарные многолетние водные ресурсы всей горной части бассейна р. Кашкадарьи и их распределение по высоте.

ГЛАВА IV

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА РЕК БАССЕЙНА Р. КАШКАДАРЬИ

Водные ресурсы являются основой всей жизни в Узбекистане. Их исследованиям посвящены сотни книг и статей. Еще одним подтверждением актуальности этой проблемы является издание Атласа поверхностных вод, подготовленного на кафедре гидрологии суши географического факультета НУУз. В нем приведен картографический материал о многих гидрологических характеристиках для всей территории Узбекистана.

Изучение водных ресурсов является важной задачей, так как ими определяется все сельскохозяйственное производство Кашкадарьинской области [16, 17].

Водные ресурсы бассейна реки Кашкадарьи изучались неоднократно. Однако, учитывая быстрые изменения климата, требуются дополнительные исследования.

Цель этого раздела – оценить изменение водных ресурсов в последние годы.

4.1. Методика

Учитывая, что ряды наблюдений имеют разную длину, мы воспользовались данными только по 5 рекам с 1970 по 2009 год (табл. 6). У них одинаковый период наблюдений, неискаженный сток и довольно большие площади.

Таблица 6

Реки, данные о стоке о стоке которых использованы
для расчета многолетних изменений стока

Река	Пост	Н, км	Ф, км²	Период наблюдений
Кашкадарья	кишл. Варганза	1,80	511	1970-2009
Кашкадарья	кишл. Чиракчи	1,72	4970	1970-2009
Ақдарья	кишл. Хазарнау	2,55	845	1970-2009
Танхизыдарья	кишл. Каттаган	2,21	435	1970-2009
Яккабагдарья	кишл. Татар	2,73	504	1970-2009

Для сопоставимых расчетов был выбран единый период наблюдений и построены линейные и нелинейные тренды для каждой реки (рис. 9 - 13).

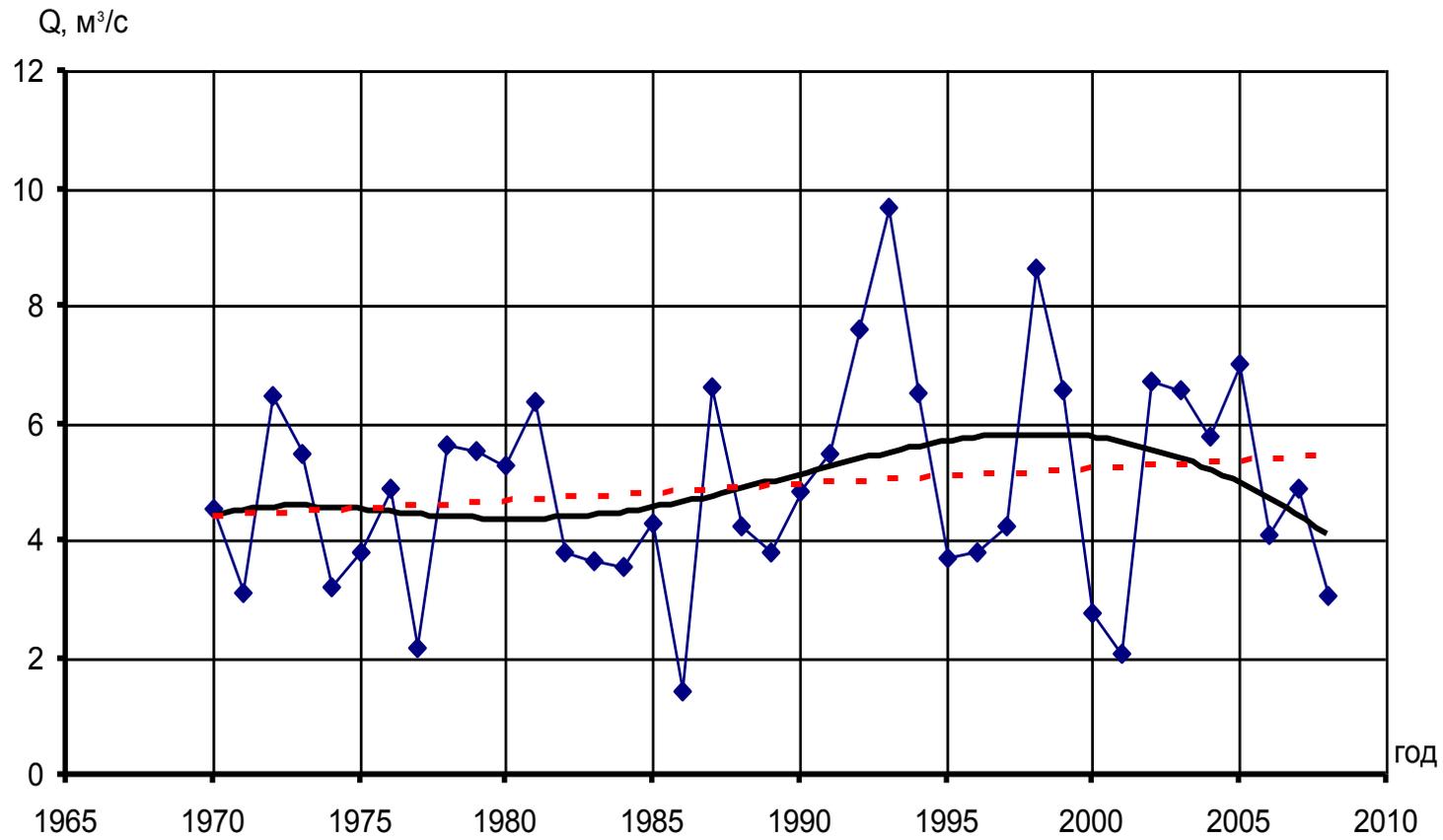


Рис. 9. Многолетние изменения среднегодовых расходов воды р. Кашкадарья – кишл. Варганза. Пунктиром показан линейный тренд, сглаженная линия – нелинейный тренд.

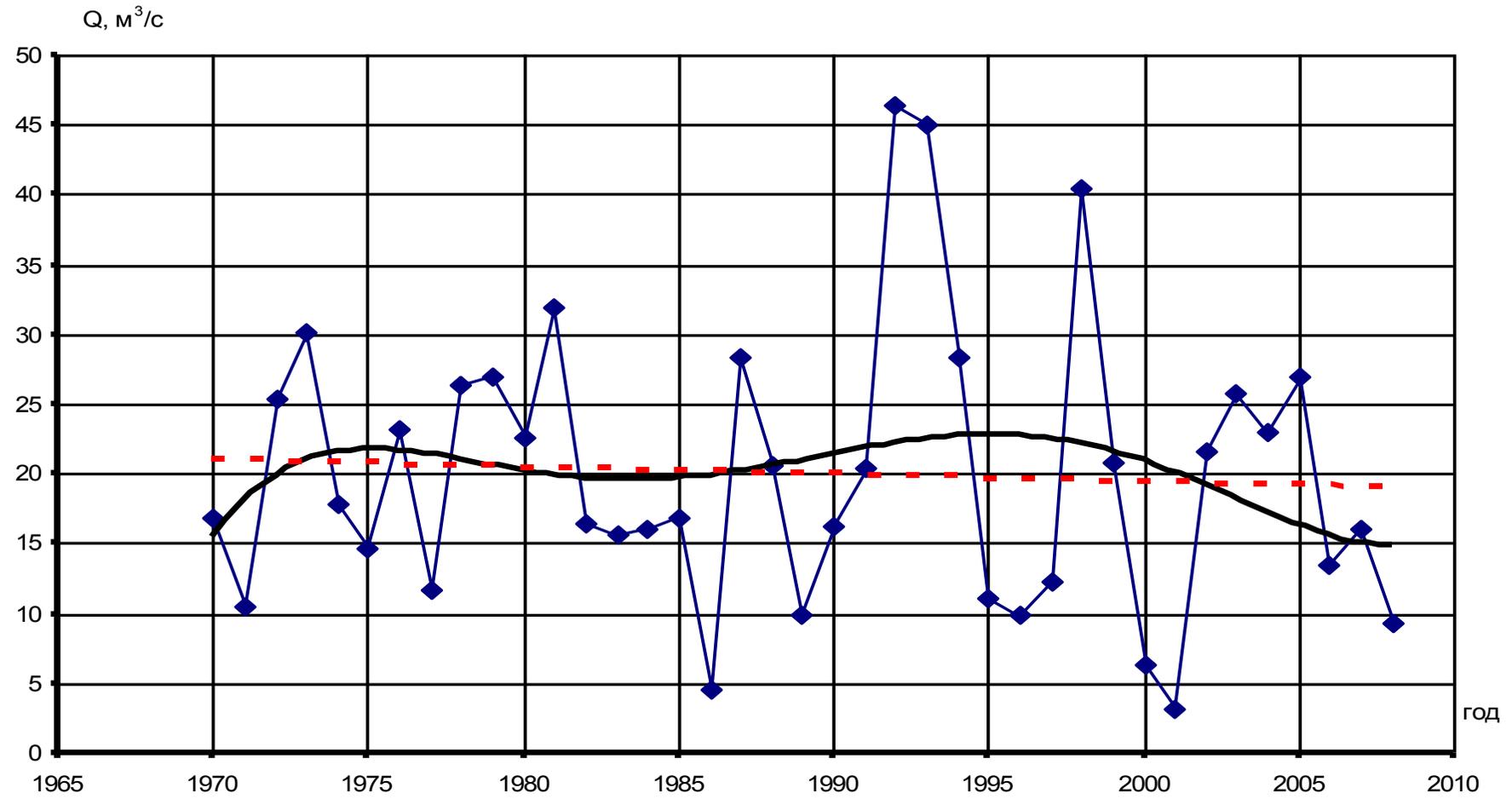


Рис. 10. То же, что и на рис. 9: р. Кашкадарья – кишл. кишл. Чиракчи

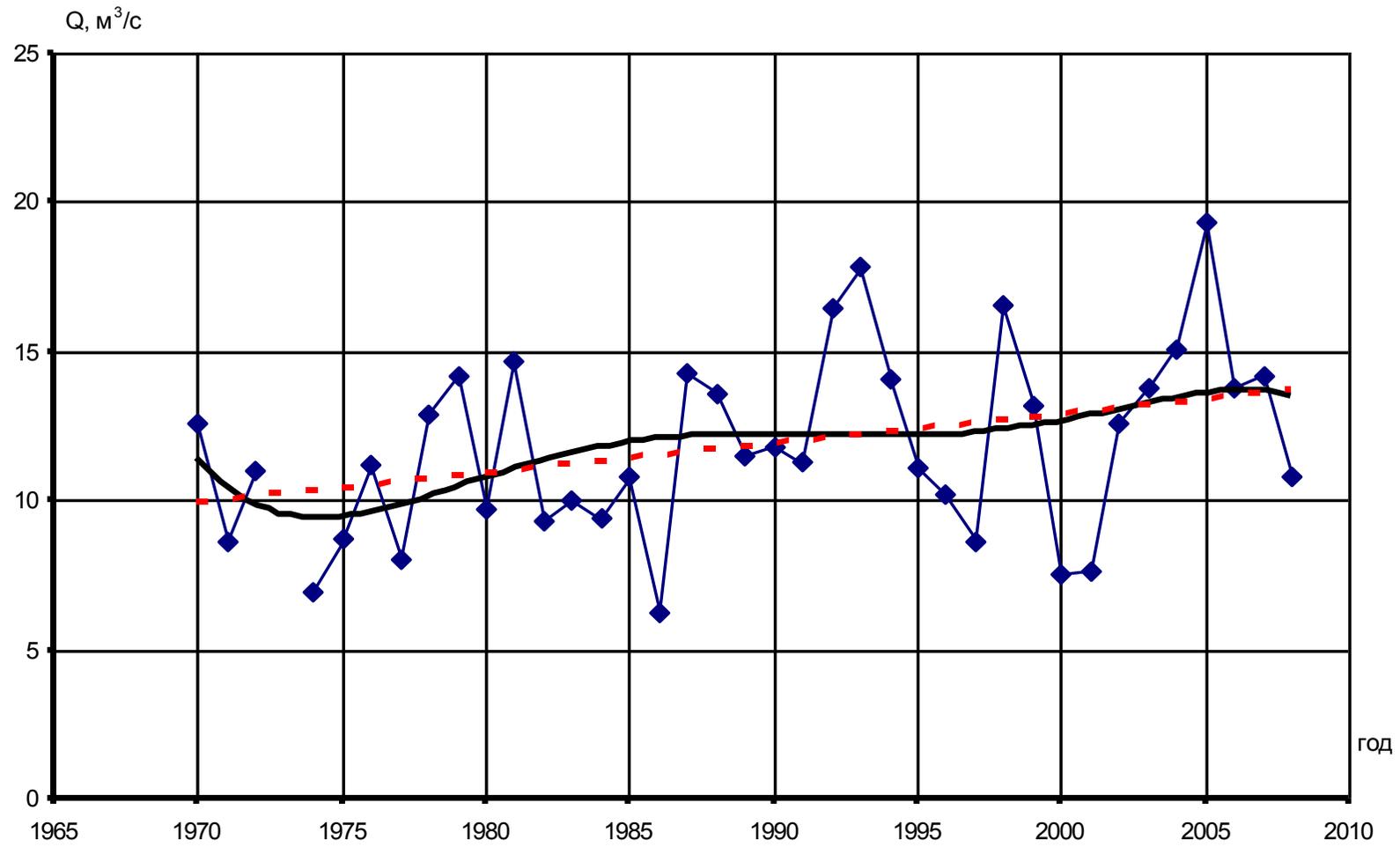


Рис. 11. То же, что и на рис. 9: р. Акдарья – кишл. Хазарнау

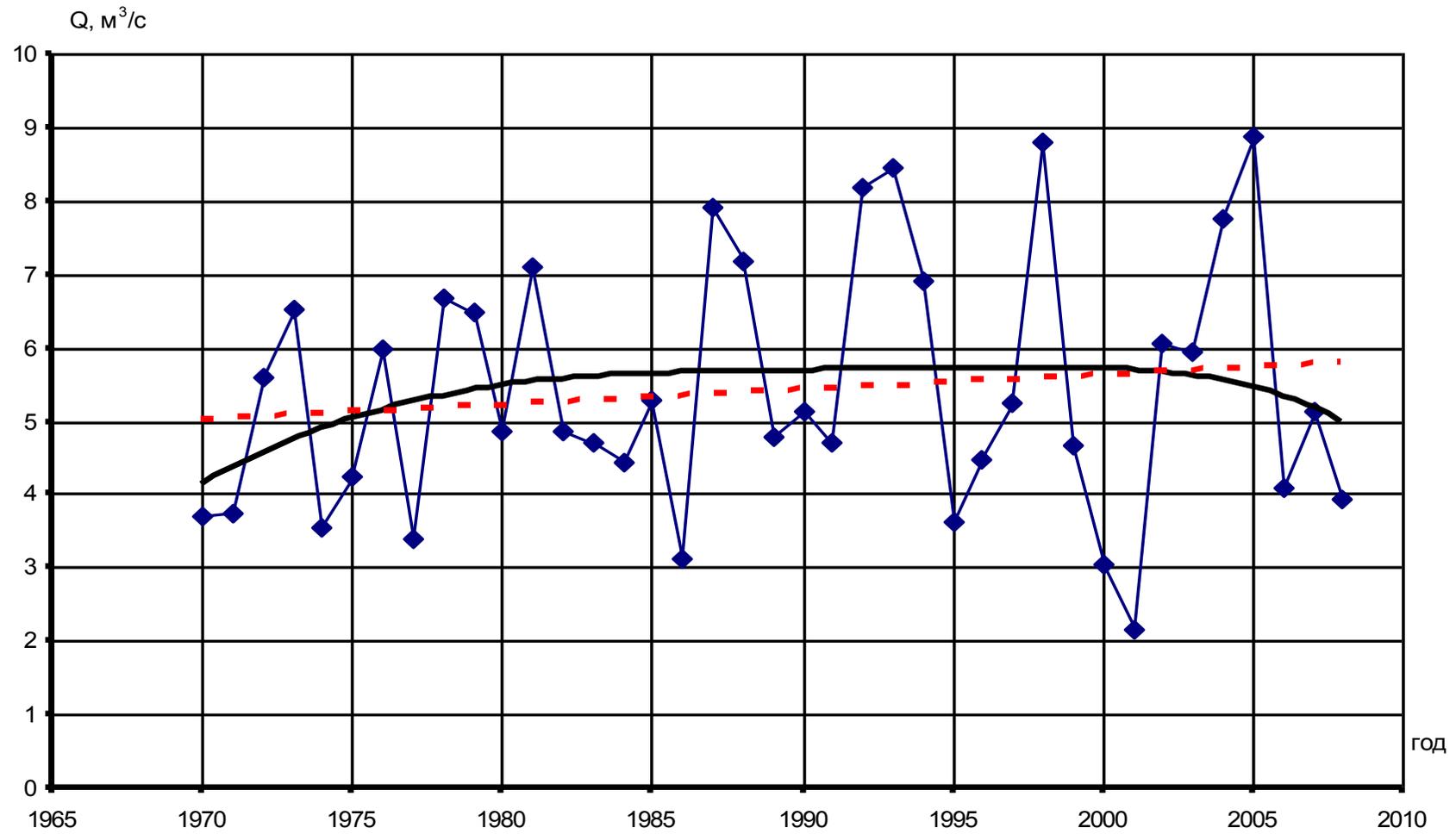


Рис. 12. То же, что и на рис. 9: р. Яккабагдарья – кишл. Татар

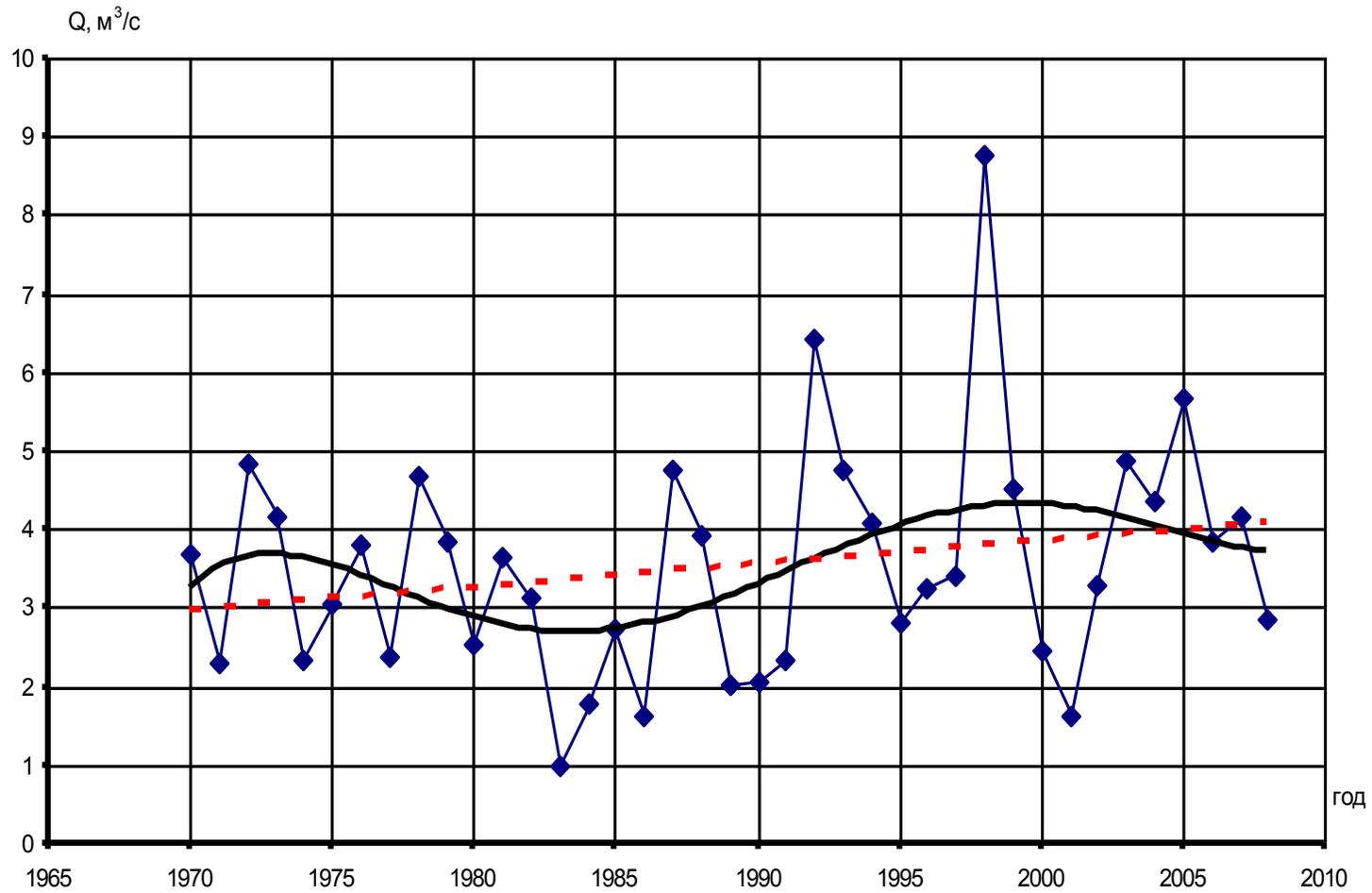


Рис. 13. То же, что и на рис. 9: р. Танхизыдаря – кишл. Каттаган

Из гидрографов видно, что все выбранные нами реки имеют сходство. Идет медленное возрастание стока, хотя и с разной скоростью в разные периоды.

4.2. Результаты по периодам

В таблице 7 приведены значения линейных трендов для выбранных пяти рек. Чтобы эти данные были сопоставимы, тренды приведены в абсолютных ($\text{м}^3/\text{с}$ в год) и относительных ($\%/в$ год) величинах.

Последние были рассчитаны как отношение абсолютных трендов к среднему многолетнему расходу воды.

Таблица 7

Тренды среднегодовых расходов воды по выбранным рекам зоны формирования стока в бассейне р. Кашкадарья.

Река	Пост	$Q_{\text{ср мног.}}, \text{м}^3/\text{с}$	Тенденция изменения	
			Тренд $\text{м}^3/\text{с}$ в год	Тренд $\%/год$
Кашкадарья	кишл. Варганза	4,92	0,0416	0,82
Кашкадарья	кишл. Чиракчи	20,1	-0,0574	-0,29
Акдарья	кишл. Хазарнау	11,8	0,1305	1,06
Танхизыдарья	кишл. Каттаган	3,54	0,0814	2,29
Яккабагдарья	кишл. Татар	5,42	0,0128	0,23

Нам представилось интересным выявить зависимость линейного тренда среднегодовых расходов ($\%/год$) от средней высоты водосборов. Эта зависимость приведена на рис. 14.

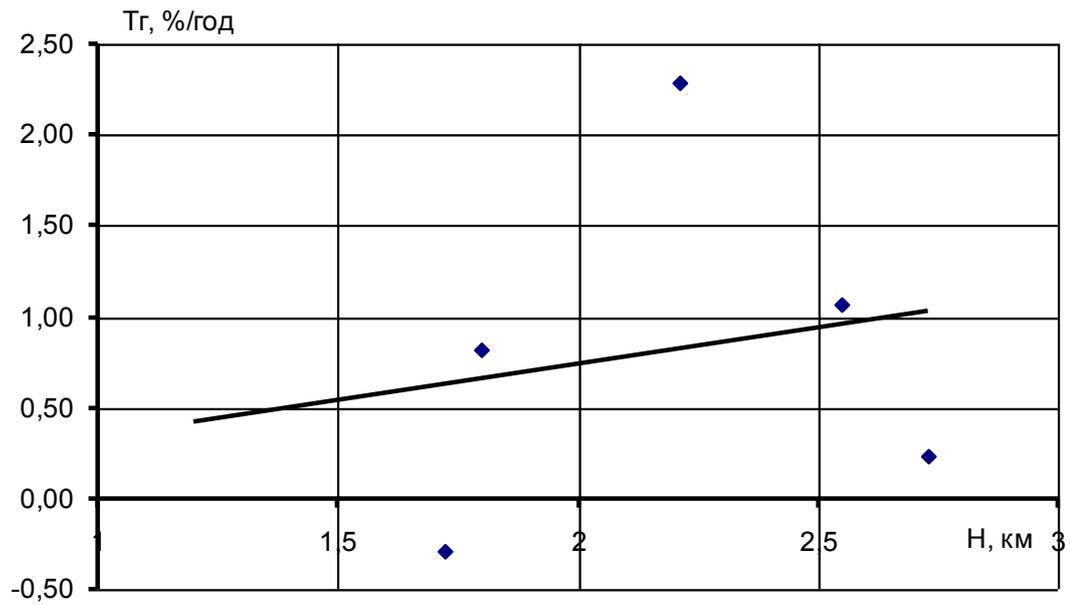


Рис. 14. График зависимости тренда (%/год) от средней высоты бассейна.

Как видим, тренды, оставаясь, в основном, положительными, имеют тенденцию к возрастанию с высотой местности. Очевидно, что это результат особенностей изменений климатических факторов с высотой местности. Однако, этот вопрос требует дополнительного изучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе тщательного анализа гидрометрических наблюдений за весь период в бассейне р. Кашкадарьи и использования разработанной методики расчета зональных модулей стока были оценены суммарные водные ресурсы бассейна.

Кроме этого были оценены многолетние изменения стока основных рек бассейна. Оказалось, что они или остаются постоянными, или медленно растут.

Таким образом поставленная нами задача решена.

В дальнейшем предполагается уточнить эти данные используя материалы наблюдений и на других постах. Эти данные должны быть полезны для водохозяйственных организаций при планировании водопользования.

Список использованной литературы

1. Антонов В.И. Водные ресурсы Узбекистана как часть общих водных ресурсов Аральского моря ...– В кн.: Водные ресурсы, проблемы Арала и окружающая среда.– Ташкент: Университет, 2000. – С.19– 39.
2. Атлас родников Узбекистана. – Ташкент, 2006. – 92 с.
3. Бабушкин Л.Н. Климатография Средней Азии.–Ташкент: 1981.–91с.
4. Балашова Е.Н., Житомирская О.М., Семенова О.А. Климатическое описание Республик Средней Азии. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 243 с.
5. Болгов М.В., Мишон В.М., Сенцова Н.И. Современные проблемы оценки водных ресурсов и водообеспечения. – М.: Наука, 2005. –318 с.
6. Большаков М.Н. Водные ресурсы рек Советского Тянь-Шаня и методы их расчета. – Фрунзе: Илим, 1974. – 308с.
7. Гидрологическая изученность. Т.14. Бассейны рек Средней Азии. вып.3. Бассейн р. Амударьи. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 323 с.
8. Глазырин Г.Е., Юнусова О.Ш. Объективизация методики расчета зональных модулей для горных районов // Гляциально-нивальные области Тянь-Шаня. – Фрунзе: Илим, 1990, с. 106-113.
9. Иванов Ю.Н. Водные ресурсы бассейна реки Кашкадарья // Труды НИГМИ, 2010, Вып. 12(257), с. 64-84.
10. Каталог ледников СССР. Т. 14. Средняя Азия. вып.3. Бассейн р. Амударьи. Часть 3. Река Кашкадарья.–Л.: Гидрометеиздат, 1969.–76 с.
11. Кашкадарьинская область. Природа.– Ташкент: САГУ, 1959.– 279 с.
12. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.
13. Рекомендации по рациональному использованию водных ресурсов бассейна р.Кашкадарья / Мурадов Ш.О., Мурадов О.Д., Валуконис Г.Ю. и др. – Карши, 1988. – 39 с.
14. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том IV. вып.3. Бассейн р. Амударьи.– Л.: Гидрометеиздат, 1971, 1978. –472с., 197 с.

15. Саидова С.Р., Сирлибаева З.С., Юнусов Г.Х. Об интенсивности смыва в бассейнах рек Сурхандарьи и Кашкадарьи // Материалы XIX пленарного межвузовского координационного совещания по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – Белгород, 2004. – С.228–229.
16. Сибукаев Э.Ш. Особенности формирования и преобразования стока малых горных рек Узбекистана (на примере бассейна Кашкадарьи): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Ташкент: 1996. – 28 с.
17. Средняя Азия / Под ред. Э.М.Мурзаева.–М.: Изд-во АН СССР, 1958.–648с.
18. Средняя Азия / Под ред. И.П.Герасимова.– М.: Наука, 1968. –484 с.
19. Труды Ташкентской геофизической обсерватории. Вып. 10 (11). – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 129 – 153.
20. Хамраев Н.Р. Водные ресурсы Средней и Южной Азии. –В кн.: Водные ресурсы, проблемы Арала и окружающая среда. – Ташкент: Университет, 2000. – С. 179– 206.
21. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. – Ташкент: САНИГМИ, 2000. – 252 с.
22. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. – Ташкент: Voris-nashriyot, 2007. – 132 с.
23. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Ч. 1,2. – Л.: ГМИЗ, 1965. – 691 с.
24. Щеглова О.П. Питание рек Средней Азии. – Ташкент: Изд-во СамГУ, 1960. – 243 с.
25. Щетинников А.С. Оледенение Гиссаро–Алая. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 119 с.
26. Щетинников А.С. Морфология и режим ледников Памира Алая по состоянию на 1980 год. – Ташкент: САНИГМИ. 1997. – 148 с.
27. Щетинников А.С. Морфология и режим ледников Памира Алая. – Ташкент: САНИГМИ, 1998. – 220 с.

28. Юнусов Г.Х. Оценка стока рек бассейна Кашкадарьи // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. – Ташкент, 2007. 29 – жилд. – Б. 149– 153.

29. Юнусов Г.Х., Трофимов Г.Н. Оценка основных характеристик стока рек бассейна Кашкадарьи в современных условиях // Фан техника тараққиёти ва география. Илмий-амалий анжуман материаллари. –Самарқанд, 2007.– Б.53– 55.

30. spacedigest.com.ru/index.php/Uzbekistan

31. <http://www.meteo.uz/rus>

32. <http://www.gismeteo.ru>

33. http://www.ziyo_net.uz