



Научные записки НИЦ МКВК

№25

2024

М.Н. Рахимова

Изучение современного гидрологического и гидрохимического режима реки Амударьи



Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

М.Н. Рахимова

**Изучение современного
гидрологического
и гидрохимического режима
реки Амударьи**

Ташкент 2024

Введение

В мире глобальное изменение климата привело к сокращению запасов пресной чистой воды, в связи с этим большое внимание уделяется эффективному и рациональному использованию водных ресурсов. В связи с этим, в шестой цели устойчивого развития ООН «Обеспечение наличия и рациональное использование водных ресурсов и санитария для всех»¹ отмечается, что «доступ к безопасной воде и рациональное использование пресноводных экосистем имеет огромное значение для здоровья человека и экологической безопасности». Это требует учета и анализа количества и качества поверхностных вод в аридных регионах в условиях постоянного увеличения потребности в пресной воде.

По всему миру и в Центральной Азии особое внимание уделяется исследованиям в этом направлении, в том числе, многолетнему изменению водности рек, изменению гидрологического и гидрохимического режимов как речных, так и коллекторно-дренажных вод, анализу водно-солевых балансов орошаемой территории, определению современных характеристик химического состава и качества коллекторов. В связи с этим, научные исследования, направленные на выявления современных гидрологических и гидрохимических режимов речного и коллекторного стоков являются актуальными.

Изученность вопроса исследования

Научно-методические и теоретические основы различных аспектов исследования гидрологических и гидрохимических особенностей речного и коллекторно-дренажного стоков, оценки их качества и методов их очистки рассмотрены в исследованиях ученых как О.А.Алекин, Е.М.Видинеева, И.Н.Степанов, Ю.Н. Иванов, Ф.Э.Рубинова, В.Е.Чуб, В.А.Духовный, Э.И.Чембарисов, М.А.Якубов, А.Б. Насрулин.

Е.М.Видинеева, изучая формирование химического состава различных водохранилищ Узбекистана, рассмотрела изменение качества вод некоторых рек региона. А.Б. Насрулин, исследуя закономерности пространственно–временного распределения загрязняющих веществ в воде Амударьи, рассмотрел динамику изменения некоторых химических ингредиентов. Ф.Э. Рубинова и Ю.Н. Иванов, изучая изменение минерализации и ионного состава речных вод бассейна Аральского моря, выделяют на его территории 13 гидрохимических районов.

¹Цели в области устойчивого развития до 2030 года,
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/>

Общая характеристика бассейна Амударьи

С севера на юг бассейн Амударьи протягивается на 1000 км, а с востока на запад почти на 1500 км. На севере бассейн Амударьи граничит с бассейном Сырдарьи, на востоке – с бассейном р. Тарим и на юге с бассейнами рек Инд и Гильменд. Границы бассейна четко определяются только в пределах горной области; в равнинной области водораздельная линия выражена неясно, поэтому общая площадь бассейна не может быть определена точно. Для створа, расположенного ниже устья его последнего притока р. Шерабад, площадь бассейна составляет 226 800 км². Водосборная (горная) часть бассейна, включая водосборы рек Зеравшан и Кашкадарья, занимает площадь 227 800 км², а без – 199 350 км². В пределах горного рельефа границами бассейна являются на севере Алайский, Туркестанский и Нуратинский хребты, на юге хребет Гиндукуш и на востоке Сырыкольский хребет (Чембарисов Э. и Баллиев А, 2023). Минерализация воды реки Амударья в 1970–1975 гг. изменялась 0,60-1,2 г/л к устью рек минерализация воды повышалась, при этом состав воды был хлоридно-натриевый, а в 1985-1990 гг. 0,67-1,23 г/л, состав воды был сульфатно-хлоридно-кальциево-натриевый (Чембарисов Э., 2015; Эшчанов О., 2021).

Методы исследования

В научной записке применены методы гидрологических и гидрохимических расчетов и оценок, включая методы водно- математической статистики, гидрологическое обобщение, графоаналитический метод.

Тип питания реки Амударьи

Сток этой реки в основном (68-69%) формируется стоком рек Пяндж и Вахш. Лишь несколько возрастает подземное питание, да в незначительной степени на режим и характер питания Амударьи оказывают влияние ее правые притоки Кафирниган и Сурхандарья (их суммарный сток не превышает 11 % стока Амударьи) и левый приток Кундуздарья (около 4%), несколько уменьшая в общем питании реки долю питания за счет таяния ледников и высокогорных снегов. Таким образом, Амударья является представительницей рек ледниково-снегового питания; основная масса ее стока обеспечивается снеговым питанием, причем роль таяния высокогорных снегов, снежников и ледников, в особенности первых, в ее пи-

тании значительна (Чембарисов Э. и др, 2019).

Анализ формирования речного стока в бассейне р. Амударьи

Годовой гидрологический цикл для горных рек бассейна Амударьи отчетливо делится на два периода: весенне-летнее половодье и межень. Осенью, зимой и ранней весной большая часть рек пребывает в состоянии межени. Уровень и расходы воды в них в этот период изменяются весьма незначительно, так как в это время по рекам стекают только грунтовые и частично дождевые воды. Затем в феврале—мае на реках начинаются весенне-летние паводки и половодье.

Согласно проведенным расчетам были также определены различия величин средних годовых расходов воды ($Q_{\text{ср.мес}}, \text{м}^3/\text{с}$) у створа Келиф в многоводные, средние по водности и многоводные годы по сравнению с средним многолетним расходом. При этом определено, что в многоводные годы проходит в среднем $2100 \text{ м}^3/\text{с}$, в средние по водности годы $1700 \text{ м}^3/\text{с}$, в маловодные годы $1300 \text{ м}^3/\text{с}$.

На рис.1 показаны многолетние изменения средних годовых расходов воды ($Q_{\text{ср.год}}, \text{м}^3/\text{с}$) за 1990 – 2022 гг. на створах р.Амударьи на постах: а) Келиф, Атамурат, Бир-Ата; б) Туямуюн, Кипчак, Саманбай. Из графика видно, что наиболее многоводными годами являются 1992, 1994, 1998, 2005, 2010, 2012 а наиболее маловодными: 1997, 2000, 2001, 2008, 2011. Эта же закономерность прослеживается не только на створе Келиф, но и на других перечисленных створах.

В створе Келиф наибольшие величины расходов воды наблюдались в 1998 г. – $2560 \text{ м}^3/\text{с}$ и в 1992 г. – $2524 \text{ м}^3/\text{с}$, наименьшие в 2008 г. – $1070 \text{ м}^3/\text{с}$ и в 2001 г. – $1320 \text{ м}^3/\text{с}$, в остальные годы величины расходов воды изменялись от $1360 \text{ м}^3/\text{с}$ (2011 г.) до $2422 \text{ м}^3/\text{с}$ (1994 г.).

В створе Атамурат наибольшие величины расходов воды наблюдались в 1998 г. – $2021 \text{ м}^3/\text{с}$ и в 1992 г. – $1994 \text{ м}^3/\text{с}$, наименьшие в 2009 г. – $668 \text{ м}^3/\text{с}$ и в 2001 г. – $883 \text{ м}^3/\text{с}$, в остальные годы величины расходов воды изменялись от $929 \text{ м}^3/\text{с}$ до $1891 \text{ м}^3/\text{с}$.

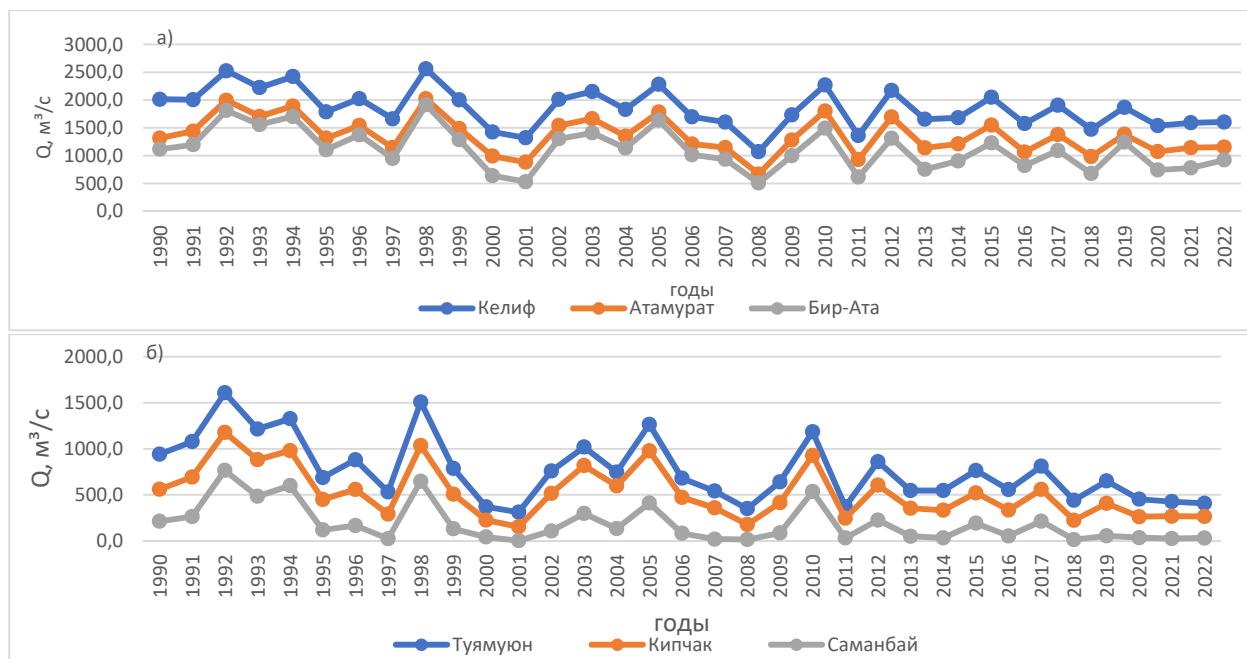


Рис. 1. Многолетние колебания средних годовых расходов воды бассейна р.Амударьи на постах: а) Келиф, Атамурат, Бир-Ата; б) Туямун, Кипчак, Саманбай

В створе Бирата наибольшие величины расходов воды наблюдались в 1998 г. – 1913 м³/с и в 1992 г. – 1811 м³/с, наименьшие в 2008 г. – 509 м³/с и в 2001 г. – 529 м³/с, в остальные годы величины расходов воды изменялись от 614 м³/с до 1704 м³/с.

В створе Туямун наибольшие величины расходов воды наблюдались в 1992 г. – 1607 м³/с и в 1998 г. – 1508 м³/с, наименьшие в 2001 г. – 312 м³/с и в 2008 г. – 350 м³/с, в остальные годы величины расходов воды изменялись от 370 м³/с до 1326 м³/с.

В створе Саманбай наибольшие величины расходов воды наблюдались в 1992 г. – 765 м³/с и в 1998 г. – 648 м³/с, наименьшие в 2001 г. – 3,0 м³/с и в 2018 г. – 14 м³/с, в остальные годы величины расходов воды изменялись от 15 м³/с до 600 м³/с.

Средний многолетний расход воды Амударьи в створе Атамурат (Жерки) за период 1911-1960 годы составил 2010 м³/с, а за 1990-2022 годы 1359,8 м³/с. В период март-сентябрь - 2800 м³/с, в период декабрь-февраль - 898 м³/с, и соответственно март-сентябрь - 1822 м³/с, декабрь-февраль - 741 м³/с.

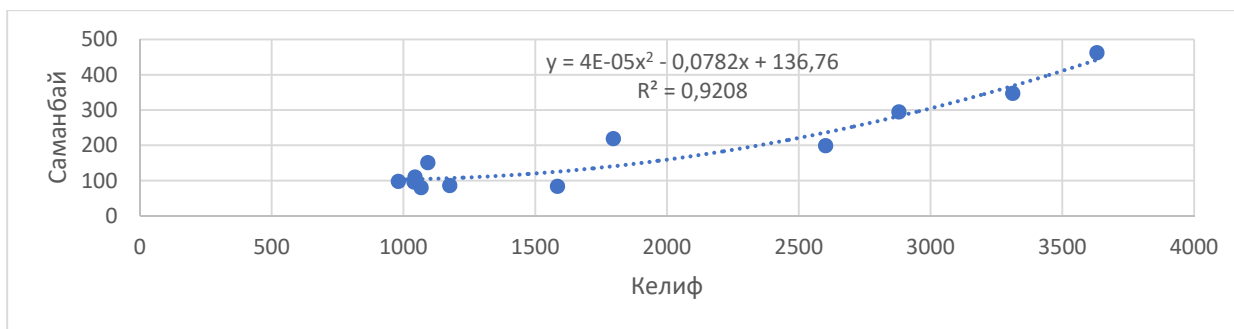


Рис. 2. График связи средних месячных расходов воды реки Амударья на гидростворах Келиф и Саманбай за 1991-2022 гг.

Приведенные данные позволяют также проследить за изменением водности р.Амударья по течению реки от створа Келиф до створа Саманбай: практически по всем годам водность реки на расстоянии названных створов уменьшается, это объясняется большим забором воды (каналы Каракум, Карши, Аму-Бухара), работой Нурекского водохранилища в гидроэнергетическом режиме, а также работой Туямуюнского водохранилища.

Был также построен график зависимости между средними многолетними средними месячными расходами воды для створа Келиф и створа Саманбай (рис.2). Данная зависимость получилась достаточно тесной ($R^2=0,92$) и ею можно пользоваться в практических расчетах, когда по известному расходу у створа Келиф можно судить о ожидаемой величине расходов воды в створе Саманбай.

Современный гидрологический и гидрохимический режим реки Амударья

Современные данные о гидрологическом и гидрохимическом режимах р.Амударья в створах Келиф, Атамурат, Бир-Ата, Туямуюн, Кипчак, Саманбай приведены в табл. и рис.3.

Как видно из графиков, в створах Келиф и Атамурат, в течение года наблюдаются резкие изменения расходов воды, если в летние месяцы они были равны соответственно 1170-3600 м³/с и 700-2900 м³/с то в осенне-зимний период они понижаются до 980-1100 м³/с и 650-760 м³/с. Главной причиной такого резкого понижения расходов воды следует считать водозаборы в оросительные каналы для полива сельскохозяйственных культур.

Величина минерализации на обоих створах в течение года изменялась незначительно: на створе Келиф от 420 до 753 мг/л, на створе Атамураг – от 440 до 800 мг/л, хотя тенденция увеличения ее величин при понижении расходов воды все же наблюдается.

В створах Бирата и Кипчак наблюдается обратно пропорциональная зависимость между водным и гидрохимическим режимом, когда с уменьшением расходов воды ее минерализация повышается, это объясняется подземным типом питания реки в эти месяцы, известно, что минерализация подземных вод обычно выше, чем минерализация речных вод.

Таблица

**Среднее многолетнее внутригодовое распределение стока и минерализации
в створах среднего течения р.Амударья за 1991-2022 гг.**

Показатели	месяца												Ср. годовой
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Келиф													
Q, м ³ /сек	1044,6	1067,4	1176,3	1584,9	2602,3	3312,2	3631,8	2880,5	1797,2	1093,2	981,6	1040,6	1851,0
W, млн.м ³	2799,6	2604,3	3152,4	4105,0	6974,0	8578,6	9733,1	7719,8	4654,8	2929,8	2542,2	2788,7	58374,5
%	4,8	4,5	5,4	7,0	11,9	14,7	16,7	13,2	8,0	5,0	4,4	4,8	100
M, мг/л	689,4	753,0	717,9	622,0	521,8	450,8	421,3	428,8	498,7	579,2	621,5	682,0	582,2
Атамурат													
Q, м ³ /сек	748,1	735,5	759,3	1066,8	1988,8	2613,9	2887,1	2176,4	1259,2	696,2	648,0	738,1	1359,8
W, млн.м ³	2005,0	1794,6	2034,8	2762,9	5330,0	6770,1	7737,5	5832,9	3261,5	1865,9	1678,3	1978,1	42882,4
%	4,7	4,2	4,7	6,4	12,4	15,8	18,0	13,6	7,6	4,4	3,9	4,6	100
M, мг/л	712,7	793,6	792,9	665,6	545,2	443,9	458,8	465,9	529,0	606,7	691,2	683,4	615,7
Бир-Ата													
Q, м ³ /сек	621,6	566,8	563,0	810,3	1605,5	2105,6	2442,2	1801,4	1037,4	599,2	546,8	645,9	1112,1
W, млн.м ³	1665,8	1382,9	1508,9	2098,6	4302,7	5453,5	6545,1	4827,9	2686,8	1605,7	1416,2	1731,1	35072,4
%	4,7	3,9	4,3	6,0	12,3	15,5	18,7	13,8	7,7	4,6	4,0	4,9	100
M, мг/л	944,6	1077,6	1136,0	1062,4	822,2	627,5	623,8	614,4	773,1	854,0	838,3	864,6	853,2
Кипчак													
Q, м ³ /сек	274,9	287,0	397,2	304,8	629,3	920,2	1162,7	916,3	520,9	282,1	215,4	327,2	519,8
W, млн.м ³	736,7	700,3	1064,6	789,4	1686,6	2383,3	3115,9	2455,7	1349,3	756,1	557,8	876,8	16393,5
%	4,5	4,3	6,5	4,8	10,3	14,5	19,0	15,0	8,2	4,6	3,4	5,3	100
M, мг/л	970,1	1076,2	1124,3	1160,0	1044,6	875,8	861,7	848,4	905,3	950,8	969,3	1054,2	986,7
Саманбай													
Q, м ³ /сек	109,7	79,8	85,7	83,3	198,5	346,9	462,2	294,5	218,5	150,5	97,4	95,3	185,2
W, млн.м ³	293,9	194,6	229,6	215,8	532,1	898,5	1238,7	789,3	565,8	403,4	252,3	255,5	5840,2
%	5,0	3,3	3,9	3,7	9,1	15,4	21,2	13,5	9,7	6,9	4,3	4,4	100,5
M, мг/л	1024,8	1087,6	1170,4	1185,1	1134,2	925,3	952,5	887,3	888,4	995,5	1020,5	994,5	1022,2

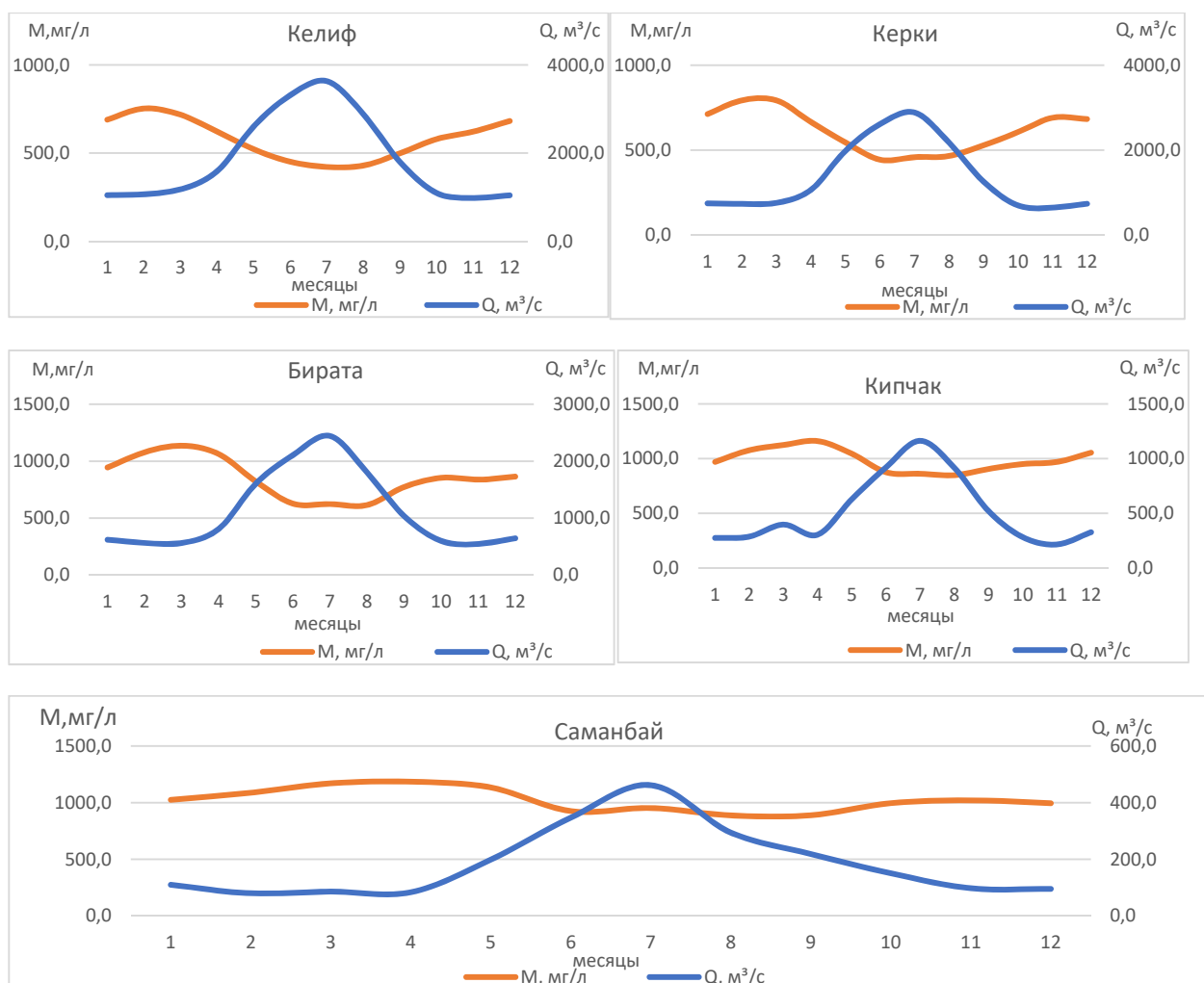


Рис. 3. Внутригодовое изменение расходов воды ($Q_{\text{ср.мес}}, \text{м}^3/\text{с}$) и минерализации ($M, \text{мг}/\text{л}$) реки Амударьи за 1990-2022 гг.: Келиф, Атамурат, Бир-Ата, Туямуюн, Кипчак, Саманбай

На обоих створах в течение года наблюдаются резкие изменения расходов воды, если в летние месяцы они были равны соответственно $800-2400 \text{ м}^3/\text{с}$ и $300-1160 \text{ м}^3/\text{с}$ то в осеннее-зимний период они понижаются до $540-650 \text{ м}^3/\text{с}$ и $215-400 \text{ м}^3/\text{с}$, а величина минерализации изменялась в следующем порядке: на створе Бирата от 615 до 1140 мг/л, на створе Кипчак – от 850 до 1160 мг/л.

В створе Саманбай расходов воды изменяется в летние месяцы $100-470 \text{ м}^3/\text{с}$, а в осеннее-зимний период были равны $80-150 \text{ м}^3/\text{с}$, величина минерализации изменялась от 890 до 1185 мг/л. Таким образом, можно сделать вывод о том, что у всех створов р.Амударьи в течение всего рассматриваемого периода (1990-2022 гг.) наблюдается обратно пропорциональная зависимость между гидрологическим и гидрохимическим режимом.

В верхней части бассейна наблюдается тенденция к уменьшению минерализации речных вод с ростом ее расходов. Как правило, у створов, расположенных в среднем и нижних течениях рек, изменение минерализации по месяцам протекает сложнее. Здесь наблюдается несколько ее подъемов и спадов, объясняющихся поступлением в русло рек возвратных вод с орошаемых полей во время их промывок и поливов. В реке Амударья возвратные воды коллекторов ГЛК, Парсанкульский, Дарганатинский, Самотечный Фарабий и др. непосредственно влияют на увеличении минерализации в воде.

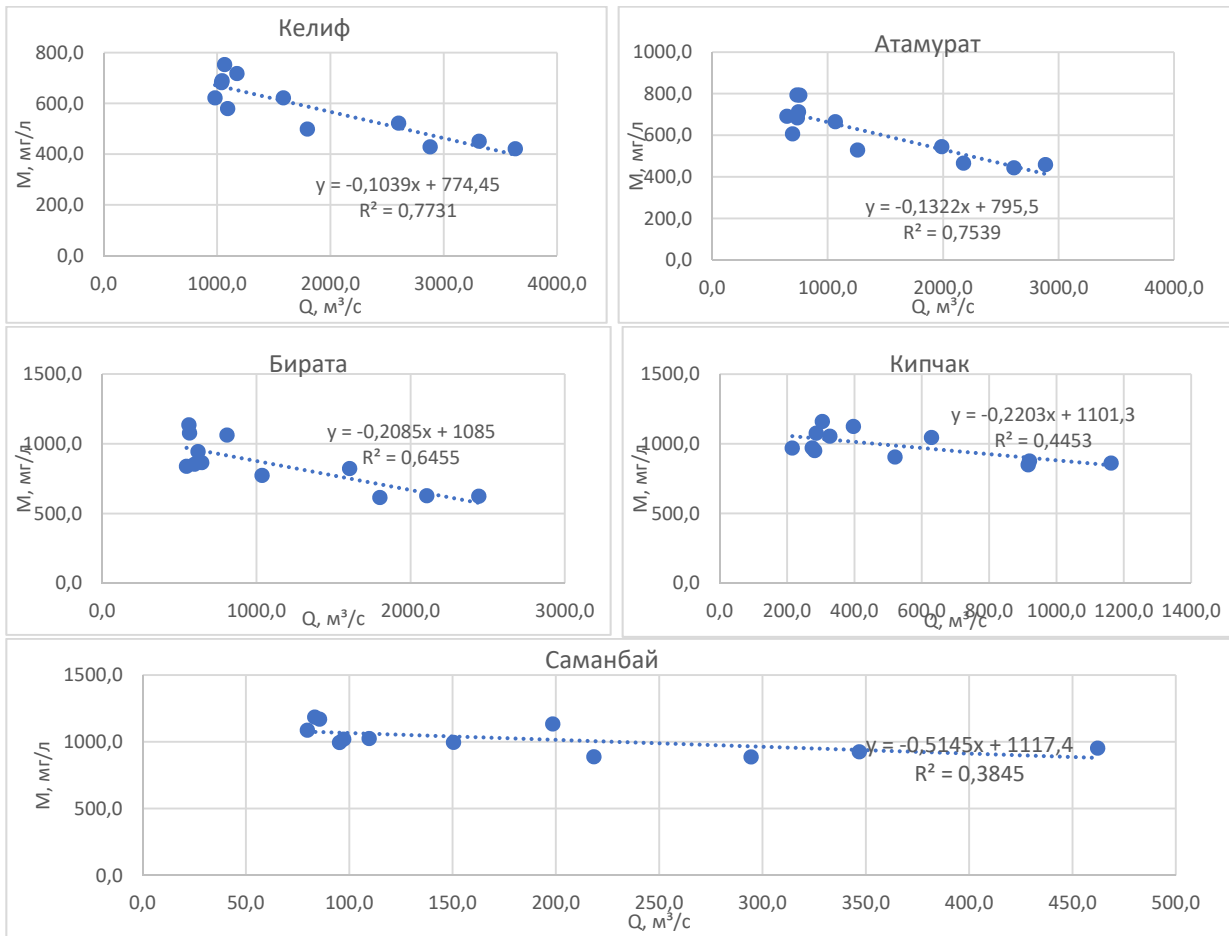


Рис. 4. Зависимости средних многолетних месячных величин минерализации (M, мг/л) от средних многолетних величин месячных расходов воды (Q_{ср.год}, м³/с) реки Амударья за 1990-2022 гг: а) Келиф, б) Атамурат, в) Бирата, г) Кипчак, д) Саманбай.

Наличие обратно пропорциональной зависимости между водными гидрохимическим режимами свидетельствует о том, что на графиках между средними многолетними месячными величинами минерализации и средними многолетними месячными расходами воды будет достаточно тесная связь (рис.4).

Как видно из графиков в створах Келиф, Атамурат и Бирата эта связь оказалось достаточно тесной (коэффициент корреляции 0,81-0,88), а в створах Кипчак и Саманбай этот коэффициент корреляции был равен 0,62-0,67. Эти графики можно использовать в практических расчетах, когда при известной величине расходов воды ($Q, \text{м}^3/\text{с}$) можно определить величину минерализации ($M, \text{мг/л}$).

Выводы

Гидрологический и гидрохимический режимы реки Амударьи оценивались путем анализа данных за 1990-2022 гг. пяти пунктов наблюдения. По результатам исследования наблюдается обратно пропорциональная зависимость между гидрологическим и гидрохимическим режимом. Средняя годовая средняя многолетняя величина минерализации у створа Келиф в среднем за 1991-2022 гг. равна 582 мг/л (внутри года изменяется от 421 до 753 мг/л), у створа Атамурат она равна 615 мг/л (внутри года изменяется от 443 до 793 мг/л), Бир-Ата она равна 853 мг/л (внутри года изменяется от 614 до 1136 мг/л) и у створа Саманбай она равна 1022 мг/л (внутри года изменяется от 887 до 1185 мг/л).

Все собранные гидрологические данные по величинам средних годовых расходов воды у створа Келиф были разделены на три группы с учетом величин модульного коэффициента (K_0): а) маловодные годы – 7 лет; б) годы средней водности – 17 года; в) многоводные годы – 9 лет. Анализ внутригодового гидрологического и гидрохимического режимов речной воды по данным выше указанных створов, показал, что в реке Амударья, наибольшее количество стока (до 80%) проходит в реке за май-сентябрь месяцы. Причиной данного процесса является ледниково-снеговое питание реки Амударьи.

В результате исследования было выявлено, что влияние антропогенных факторов (забор воды из источников в большом количестве, сброс не очищенных сточных вод из разных отраслях экономики) увеличивается и на определенном уровне рациональное использование водных ресурсов невозможно без достоверных знаний об изменениях в гидрологическом и гидрохимическом режимах территории и стоке рек под их воздействием. Однако, начиная с водозаборов в Каракумский, Каршинский, Аму-Бухарский каналы и так до гидропоста Саманбай сток по стволу реки многократно сокращаются и теперь редко наполняет её протоки.

Интенсивно возрастающее использование в отраслях экономики водных ресурсов приводит к существенным изменениям стока рек, гидрологического и гидрохимического режимов. Для улучшения водной обста-

новки необходимо рациональное использования водных ресурсов: внедрять водосберегающие технологии во всех секторах экономики, соблюдать экологические попуски по всей длине реки, предотвратить сброс сточных вод промышленности и сельского хозяйства без предварительной очистки (механическая, физико-химическая, биологическая очистка, ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос, опреснение), изучать гидроэкологические параметры водных объектов.

Список использованной литературы

1. Чембарисов Э.И., Бахритдинов Б.А. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии. – Ташкент: «Укитувчи», 1989. – 232 с.
2. Чембарисов Э.И., Мирзакабулов Ж.Б., Рахимова М.Н. Гидроэкологический мониторинг качества речных вод бассейна реки Амударьи в пределах Узбекистана // Экология и строительство. – 2019. - №1. –С.12-17.
3. Чембарисов Э.И., Баллиев А.И. Современное изменение водоносности и минерализации реки Амударьи // Центральноазиатский журнал географических исследований. – 2023. - №3-4. – С.83-92.