УДК 551.1+551.58(575.3)

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКИ КАФИРНИГАН В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Амирзода О.Х.[1], Мухибуллоев Н.М.[2]
[1]Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ,
[2]Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Аннотация: *В данной статье изучены гидрологические характеристики реки Кафирниган с учетом изменения объемов осадков, температуры и расхода воды, а также изменения водности бассейна реки в условиях климатических изменений. Исследования показывают, что на гидрологическую характеристику бассейна реки Кафирниган наряду с влиянием климатических изменений, влияет активное вмешательство человека в водную экосистему: урбанизация, освоение земель, строительство гидротехнических сооружений и т.д. В статье также определены основные гидрологические характеристики реки: среднегодовой расход воды Qср, коэффициенты вариации Cv, асимметрии Cs и расходы воды различной обеспеченности P, %.*

Ключевые слова: *гидрологическая характеристика, водность рек, изменение климата, расход воды, антропогенные факторы, речная экосистема, коэффициенты изменчивости и асимметрии.*

Введение. В современном мире человечество уже сталкивается с результатами прогнозов прошлого столетия, последствиями которого являются влияние климатических изменений. Сегодня можно наглядно оценить факторы воздействия климатических изменений, практически во всех секторах экономики, особенно сильно страдают от этого сельское и коммунальное хозяйства, где происходит снижение плодородности почвы, повышение уровня грунтовых вод, и нехватка чистой питьевой воды. Анализы подтверждают, что существенное влияние на природные ресурсы, особенно на состояние водных ресурсов, оказывают климатические изменения.

Исходя из постоянного мониторинга, водопользования и водопотребления, изучения гидрологического режима рек, и в целом состояния водных ресурсов, это всегда остается актуальной и важной задачей для ученых - исследователей.

Следует отметить, что в последние годы число опубликованных работ, посвященных исследованиям гидрологического режима с учетом влияния различных климатических факторов, значительно возросло как в Таджикистане, так и в других странах, чему способствовало накопление к этому времени результатов систематических наблюдений над русловым режимом рек.

Систематический сбор и анализ накопившихся научных работ по определению гидрологического режима, особенно в условиях климатических изменений, позволило выполнить ряд работ по обобщению руслового режима и водности рек. В этом отношении изучение динамики изменения водного бассейна реки Кафирниган, который составляет около 8,2% водных ресурсов бассейна трансграничной реки Амударьи, является одной из важнейших задач в решении социально-экономических проблем страны, тем самым обеспечивая надежное управление и рациональное использование водных ресурсов [1].

Цель и задачи исследования. Целью исследований является выявление особенностей и установление закономерностей изменения водной экосистемы реки Кафир-

ниган, а также оценка происходящего и прогнозирование будущих влияний климатических изменений.

Изучение тенденций климатических изменений, в том числе и их влияние на водные экосистемы, даёт возможность охарактеризовать прошедшие в прошлом явления и дать научно-обоснованную оценку в будущем. Также определение основных закономерностей изменения гидрологических характеристик под влиянием климатических изменений и оценка уже произошедших изменений является актуальной задачей современности.

Объект исследования. Река Кафирниган, приток Амударьи, подпитываемый ледниками, берет свое начало и в основном протекает по территории Таджикистана, формируя около 30 км естественной границы с Узбекистаном. Крупнейший трансграничный приток – Тартки. Река протекает по горной местности, на средней высоте над уровнем моря 4806 м. Площадь бассейна реки на территории Таджикистана составляет 9870 км2.

Средний расход воды в реках Кафирниган и Тартки на территории Таджикистана по результатам многолетних наблюдений составляет 5,33 км3/год и из них около 48 - 50% забирается на собственные нужды [2]. Ресурсы подземных вод в таджикской части бассейна по оценкам составляют 6,86 х 106 м3/год. Подземные воды используются в основном для бытовых и промышленных нужд. Суммарный водозабор по секторам в бассейне реки Кафирниган составляет 90 х 106 м3/год. Факторы воздействия существующие на территории Таджикистана: сброс неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод, сельскохозяйственная и промышленная деятельность, а также сброс отходов. В последнее время также вызывает озабоченность загрязнение подземных вод.

В связи с климатическими изменениями и динамичным изменением водности, река Кафирниган становится основным элементом природных и антропогенных факторов, характеризующиеся локальными и глобальными проблемами.

Методы исследований и используемые данные. На основе имеющихся данных, река Кафирниган активно влияет и реагирует на климатические изменения. Наблюдается нарушение количественного и качественного соотношения водных ресурсов, а также происходят ощутимые изменения в формировании и внутригодового распределения стока, что существенно оказывает влияние на состояние окружающей природной среды, экологического благополучия и тем самым воздействуют на самые уязвимые сферы экономики страны.

В таблице 1 приводятся метеорологические данные бассейна реки Кафирниган. Для восстановления пропущенных наблюдений (несколько лет) были использованы метод гидрологической аналогии в соответствии с нормативным документом СП 33-101-2003г. [3].

Таблица 1

Анализ изменения средних годовых осадков и температуры бассейна реки Кафирниган за 1998-2018гг.

Годы	**Гидрометеорологические станции**							
	«Душанбе»		«Исамбай»		«Файзабад»		«Хушёри»	
	осадки (мм)	Т, °С	осадки (мм)	Т, °С	осадки (мм)	Т, °С	осадки (мм)	Т, °С
1998	1075,0	14,8	454,0	16,6	1053,4	13,4	1728,0	11,2
1999	759,3	15,2	217,9	17,1	1228,9	13,9	1519,0	12,0
2000	421,8	15,7	214,5	17,5	595,1	14	992,5	12,1

2001	399,4	16,4	211,8	18,0	589,2	14,3	872,3	12,6
2002	710,2	15,5	330,6	17,4	866,5	13,9	1516,0	11,9
2003	1024,0	14,8	352,5	16,8	909,0	13,3	1580,0	11,4
2004	704,8	15,8	283,9	17,9	752,7	14,2	1615,0	12,1
2005	715,8	15,1	255,8	16,9	719,0	13,2	1215,0	11,2
2006	624,5	14,7	353,2	17,8	528,1	14	1222,0	12,5
2007	584,2	15,4	251,7	17,8	697,6	12,8	1354,0	12,0
2008	352,8	15,5	183,1	17,1	416,0	13,1	701,6	12,2
2009	972,6	15,1	390,8	17,1	1075,7	12,3	1486,0	12,0
2010	643,5	15,5	335,1	17,5	945,4	13,9	1198,0	12,2
2011	748,5	15,6	339,3	17,5	818,0	12,6	1385,0	12,0
2012	800,5	14,1	346,0	16,2	876,9	13	984,6	10,7
2013	743,6	15,5	335,0	18,3	512,0	13,5	1462,0	12,3
2014	823,9	15,2	351,3	16,7	825,4	12,4	нд	11,3
2015	835,4	15,4	337,0	17,7	641,7	13,1	нд	12,2
2016	734,9	16,0	304,5	17,9	754,0	14,1	нд	13,7
2017	797,1	15,9	287,8	19,1	нд	нд	нд	12,4
2018	845,6	15,9	262,5	18,0	нд	нд	нд	12,4

Источник: Агентство по гидрометеорологии, нд – нет данных.

Как видно из таблицы объем осадков в бассейне реки Кафирниган за последние годы заметно изменился. Значительные осадки зафиксированы на гидрометеорологических станциях «Душанбе», «Файзабад» и «Хушёри», где объем осадков достигает более 1000 мм. Среднегодовая сумма осадков на станции «Душанбе» составляет 653 мм. Для станции характерен годовой ход осадков с максимумом в марте-апреле, и почти их полным отсутствием в июне-сентябре. Основное их количество –51%- приходится на весенний период, зимой выпадает 34% , на летние и осенние месяцы приходится 3-12% осадков от годовой суммы. А для станции «Файзабад» годовая сумма осадков составляет 841 мм. Годовой ход осадков зафиксирован с максимумом в марте-апреле, и почти их полным отсутствием в июне-сентябре. Основное их количество –55%- приходится на весенний период, зимой выпадает 30% , на летние и осенние месяцы приходится 3-12% осадков от годовой суммы. Обильные осадки наблюдается на станции «Хушёри», где среднегодовая сумма осадков составляет 1188 мм. Для станции характерен годовой ход осадков с максимумом в марте месяце и минимумом в августе – сентябре. Основное их количество 45% - приходится на весенний период, зимой выпадает 35% , на летние и осенние месяцы приходится по 5-15% осадков от годовой суммы.

На рис.1 согласно метеорологическим данным приведены графики объема наибольших и наименьших осадков, а также колебания температуры за исследуемый период.

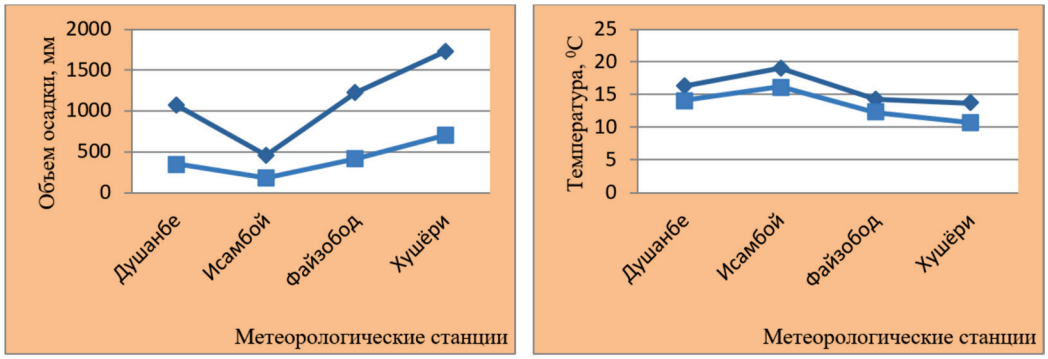


Рис. 1. – Колебания объема осадков и температуры.

Как видно из рис.1 наибольшие осадки наблюдается в 1998 г. (1728 мм, метеостанция Хушёри) и наименьшие осадки на 2008 г. (183мм, метеостанция Исамбой). Больших колебаний температуры не наблюдается, наибольшая температура составляет 19,1 °С (метеостанция Исамбой, 2017 г.) и наименьшая 10,7 °С (метеостанция Хушёри, 2012г.)

Среднегодовой ход расхода воды в бассейне реки Кафирниган согласно данным гидрологических постов приводится в таблице 2. Для восстановления пропущенных наблюдений, также был использован метод гидрологической аналогии в соответствии с нормативным документом [3].

Таблица 2

Анализ изменения среднегодовых расходов воды бассейна реки Кафирниган за 1998-2018гг.

Годы	**Гидропосты**	
	«Дагана»	«Тартки»
1998	65,8	нд
1999	45,6	нд
2000	31,0	нд
2001	29,8	нд
2002	51,0	202
2003	54,2	214
2004	63,1	209
2005	67,0	236
2006	46,9	нд
2007	57,2	196
2008	32,4	114
2009	52,8	231
2010	52,8	226
2011	47,1	135,4
2012	50,8	210
2013	нд	170,1
2014	нд	183,4
2015	нд	нд
2016	нд	нд
2017	нд	191
2018	нд	160

Источник: Агентство по гидрометеорологии, нд – нет данных.

Согласно приведенным данным таблицы 2 среднегодовые изменения расхода воды в зависимости от времени года в бассейне реки Кафирниган весьма ощутимо. Если в 2000, 2001 и 2008 годах средний объем осадков согласно метеостанциям составляет (421,8; 399,4 и 352,8 мм), то расход воды в эти же годы соответственно уменьшалось (31,0; 29,8 и 32,4 м^3/с). Наибольший расход воды реки на гидрологической станции «Дагана» для исследуемого периода составлял в 2005 году (67,0 м^3/с), где соответственно объем осадков составлял 715,8мм. Соответственно для гидрологической станции «Тартки» наибольший расход воды приходится на 2005 год (236 м^3/с), а наименьший расход воды реки приходится на 2008 год (114 м^3/с), где в этом году наблюдались наименьшие осадки (Рис. 2).

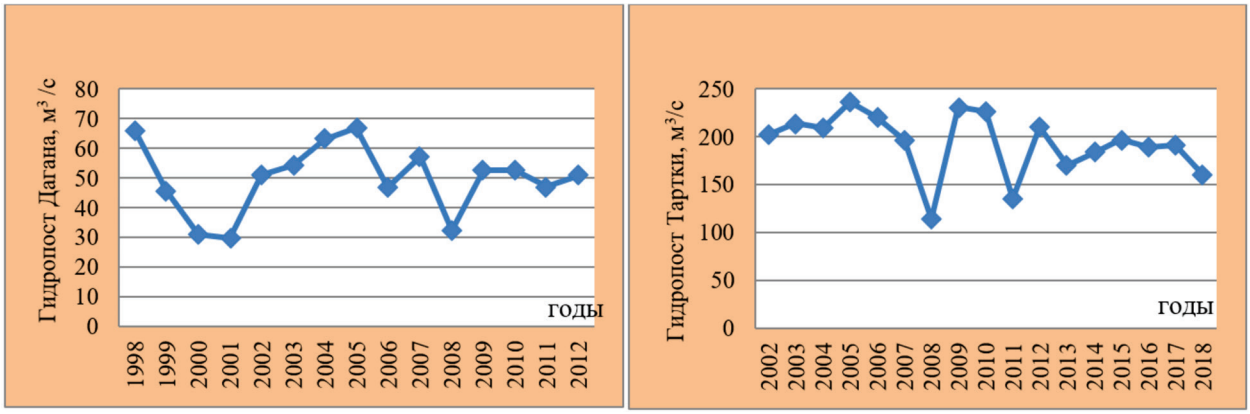


Рис. 2. – Среднемноголетние изменения расхода воды в бассейне реки Кафирниган.

Следует отметить, что тенденция увеличения стока за последние годы, связана с ускорением таяния ледников, как в Таджикистане, так и в регионе в целом.

Также в целях построения кривой обеспеченности годового стока и характеристик возможных колебаний стока за длительный период, были определены параметры расчетных расходов реки Кафирниган.

Используя результаты расчетов за наблюдаемый период, получены среднегодовые значения расходов воды, равные 120,4 м^3/с.

Коэффициента изменчивости стока реки Cv, определялся по формуле:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(k_i-1)^2}{n-1}}; \qquad (1)$$

где ki – модульный коэффициент рассматриваемой гидрологической характеристики;

η – продолжительность гидрологических наблюдений, лет.

По результатам расчетов определён коэффициент изменчивости стока реки Кафирниган, C_v=0,73. Можно утверждать, что такое значение C_v реки свидетельствует о существенных колебаниях средних расходов из года в год.

Используя полученные результаты, произведем расчеты с учетом $C_s = 2C_v$ и построим аналитическую кривую среднегодового статистического расхода воды по нормированному отклонению (табл. 3, рис. 3).

Таблица 3

Ординаты аналитической кривой обеспеченности
P, % среднегодовых расходов воды реки Кафирниган.

Обеспеченность, P %	0,01	0,1	1,0	5,0	10	25	50	75	90	95	99	99,9
Ординаты кривой, Kp	5,81	4,56	3,29	2,36	1,94	1,34	0,85	0,49	0,27	0,18	0,08	0,03

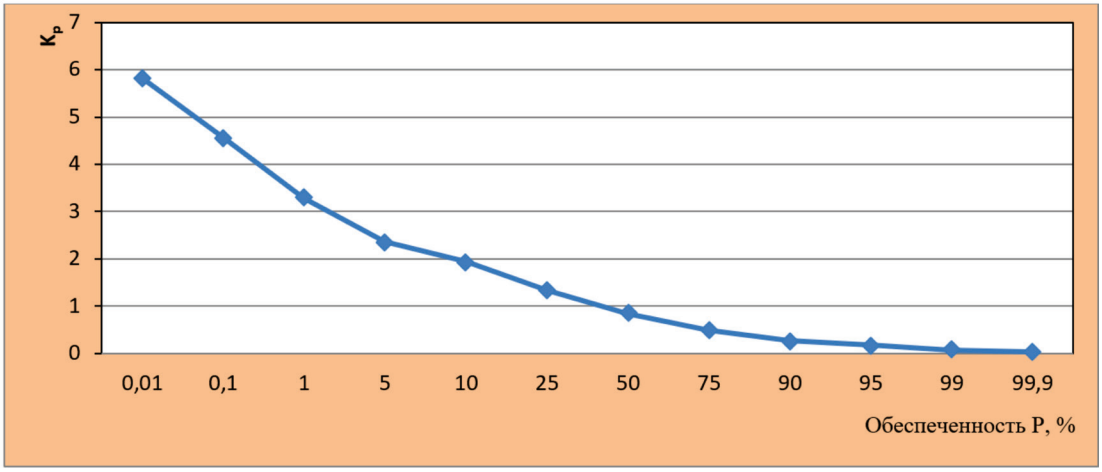


Рис. 3. – Аналитическая кривая обеспеченности стока реки Кафирниган.

В целом результаты исследований показывают, что за холодный и теплый периоды наблюдается небольшое (3–9%) увеличение осадков. Наиболее высок тренд изменения осадков летом и осенью в зоне до 2500 м (в среднем 37-80%). Такой высокий тренд обусловлен тем, что в начале исследуемого периода осадки выпадали более равномерно по интенсивности. Существенные и наибольшие климатические изменения произошли в районах активного вмешательства человека в природу: урбанизация местности, освоение земель, строительство водохранилищ и т.д. Анализ изменения средних годовых температур показал тенденцию к повышению.

Следует также учесть, что в связи с развитием инфраструктуры, заметно оказывают влияние и другие факторы, особенно антропогенные нагрузки на водную экосистему реки Кафирниган. Другой причиной загрязнения водных ресурсов бассейнов рек Таджикистана, в том числе бассейна реки Кафирниган и его притока реки Варзоб в настоящее время является сброс без очистки возвратных вод из-за отсутствия очистных сооружений [2].

Верхняя часть зоны формирования стока бассейна реки Кафирниган заселена слабо, здесь проживает около 23% всего населения бассейна. В конце зоны формирования стока бассейна, зоны рассеивания стока или зоны активного использования воды, где начинается граница столицы республики, проживает 63%, и в зоне транзита стока проживают всего 9% населения.

Зона формирования стока бассейна имеет значительные орошаемые земли, это часть активно используется для сенокошения и выпаса скота, а что касается низовья, то она включает обширные сельскохозяйственные земли.

Одним из наиболее селеопасных мест в Таджикистане считают бассейн реки Варзоб, территория которого составляет около 6,5000 км^2. В бассейне данной реки расположены крупные города и районы – Душанбе, Варзоб, Рудаки [1]. Многолетние гидрометеорологические данные показывают, что глобальное потепление в действительности влияет на формирование водных ресурсов Таджикистана. Сокращение оледенения, изменение хода снегонакопления в горах, периодичные стихийные бедствия, связанных с водой и сокращение объёма годового стока рек негативно влияют на уязвимые сектора экономики, тогда как увеличение частоты осадков и селей приводит к увеличению времени притока мутной воды, что также влияет на состояние водоснабжения населенных мест и промышленности.

Изменение климата также всесторонне сказывается на флоре и фауне, и природные системы, в целом, зависят от изменений воздушных температур и количества выпадаемых атмосферных осадков. Особый интерес с позиции изучения и моделирования

изменения климата, как в местном, так и в региональном масштабе, в Таджикистане представляет разнообразие климатических условий, которые связаны с высотной поясностью и физико-географическим положением страны.

Выводы. Таким образом, выявлено, что наибольшее влияние климатических изменений наблюдаются в зонах активного вмешательства человека в водную экосистему: урбанизация, освоение земель, строительство гидротехнических сооружений и т.д. Определены основные гидрологические характеристики реки: среднегодовой расход воды $Q_{ср}$, коэффициенты вариации C_v, асимметрии C_s и расходы воды различной обеспеченности Р, %.

Список использованной литературы.

1. Кадыров Ш. С. «Географические особенности руслового режима бассейна реки Кафирниган с учетом влияния климатических изменений»/ Дис. …канд.геогр. наук., – Душанбе, 2020г., 160 с.
2. Назифов, Ш.Г. Министерство мелиорации и водных ресурсов Республики Таджикистан. Водные ресурсы Таджикистана [Текст]/ Ш.Г. Назифов // [https://www.osce.org/ru/].
3. СП 33-101-2003г. Свод правил. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Одобрен для применения в качестве нормативного документа постановлением Госстроя России № 218 от 26 декабря 2003 г.

ХУСУСИЯТҲОИ ТАСНИФИ ГИДРОЛОГИИ ДАРЁИ КОФАРНИҲОН ДАР ШАРОИТИ ТАҒЙИРЁБИИ ИҚЛИМ

Амирзода О.Ҳ., Муҳибуллоев Н.М.

Аннотатсия. *Дар мақолаи мазкур хусусиятҳои гидрологии дарёи Кофарниҳон вобаста аз тағйирёбии ҳаҷми боришот, ҳарорат ва сарфи об омӯхта шуда, тамоюли ивазшавии обнокии ҳавза оварда шудааст. Таҳқиқотҳо нишон медиҳанд, ки ба таснифи гидрологии ҳавзаи дарёи Кофарниҳон дар қатори таъсири тағйирёбии иқлим, инчунин омилҳои дахолати инсон ба табиат, аз қабили: шаҳрикунонӣ ва тағйири инфрасохтори мавзеъ, азхудкунии заминҳо, сохтмони иншооти гидротехникӣ низ бештар арзёбӣ мегарданд. Дар мақола ҳамзамон тавсифи асосии гидрологии дарё ҳисоб карда шудааст: сарфи миёнасолоани об ($Q_{ср}$), коэффитсиентҳои тағйирёбии (C_v), асимметрия (C_s) ва сарфи оби таъминоти гуногун (Р, %).*

Калидвожаҳо: *реҷаи гидрологӣ, обнокии дарё, тағйирёбии иқлим, сарфи об, омилҳои антропогенӣ, экосистемаи обӣ, коэффитсиентҳои тағйирёбӣ ва ассиметрӣ.*

FEATURES OF HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF KAFIRNIGAN RIVERS UNDER THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

Amirzoda O.H., Muhibulloev N.M.

Annotation: *In this article, the hydrological characteristics of the Kafirnigan River are studied, taking into account changes in precipitation, temperature and water flow, as well as changes in the water content of the river basin under conditions of climate change. Studies show that the hydrological characteristics of the Kafirnigan river basin, along with the impacts of climate change, there is also the impact of active human intervention in the aquatic ecosystem: urbanization, land development, construction of hydraulic structures, etc. The article also defines*

the main hydrological characteristics of the river: the average annual water discharge Qcp, coefficients of variation Cv, asymmetries Cs and water discharges of various availability P, %.

Key words: *hydrological characteristics, river water content, climate change, water discharge, anthropogenic factors, river ecosystem, coefficients of variability and asymmetry.*

Маълумот дар бораи муаллифон: Амирзода Ориф Хамид, доктори илмҳои техникӣ, дотсент, директори институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. тел.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru ; Мухибуллоев Неъматулло Мухабатуллоевич, докторанти PhD, ДТТ ба номи акад. М.С.Осими. тел.: 988013979, E-mail: mukhibulloev@list.ru

Сведения об авторах: Амирзода Ориф Хамид, доктор технических наук, доцент, директор института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ. тел.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru; Мухибуллоев Неъматулло Мухабатуллоевич, докторант PhD, ТТУ им. акад. М.С.Осими. тел.: 988013979,E-mail: mukhibulloev@list.ru

Information about authors: Amirzoda Orif Hamid – Director of the Institute of water problems, hydropower and ecology, of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of Technical Sciences, docent, tel.: (+992) 93 728 7272, E-mail: orif2000@mail.ru;Muhibulloev Nematullo Mukhabatulloevich, doctorant of PhD, TTU named after acad.M.Osimi tel.: 988013979,E-mail: mukhibulloev@list.ru

УДК: 332.12

ПЕРСПЕКТИВЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАССЕЙНА РЕКИ КАФИРНИГАН

Абдусаматов М., Акрамов А., Искандаров Н.[1], Рахимов А.
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ,
Таджикский аграрный университет им. Ш. Шотемура,
[1]Агентство мелиорации и ирригации при правительстве РТ

Аннотация: *статья посвящена водным ресурсам бассейна реки Кафирниган, вопросам реформы водного сектора и существующим проблемам. Отмечаются недостатки нынешнего состояния управлением водными ресурсами. Рассмотрены вопросы интегрированного управления водными ресурсами. Предлагается внедрение принципов и научных основ составления бассейновых планов по управлению водными ресурсами, включая устойчивость агроэкосистем. Обосновывается необходимость освоения новых орошаемых земель и строительство водохранилищ.*

Ключевые слова: *река, бассейн, ассоциация водопользователей, интегрированное управление водными ресурсами, экологическая ситуация, антропогенное воздействие, минерализация, загрязнение.*

Основные принципы управления, использования и охраны водных ресурсов определены Водным кодексом Республики Таджикистан, принятым в 2000 году. Впоследствии в него неоднократно вносились изменения и дополнения (в 2003, 2004, 2008 и 2011 годах).

Программа реформы водного сектора Республики Таджикистан на период 2016-2025 годы предусматривает переход на Ин-