

11 1007 1996

**ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
ПРИ КАБИНЕТЕ МИНИСТРОВ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. В. А. БУГАЕВА
(САНИГМИ)**

На правах рукописи
УДК 556.16: 556.52: 627.42

СИБУКАЕВ Эммануил Шамильевич

**Особенности формирования и
преобразования стока малых горных рек
Узбекистана
(на примере бассейна Кашкадарьи)**

специальность: 11.00.07—Гидрология суши, водные
ресурсы, гидрохимия

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ташкент—1996

Работа выполнена в Институте водных проблем Академии наук
Республики Узбекистан

Научные руководители: доктор технических наук

Э.И. Махмудов,

доктор географических наук

Э.И. Чембарисов

Официальные оппоненты: доктор технических наук

Х.А. Исмагилов,

кандидат технических наук

Ф.Э. Рубинова

Ведущая организация: Ташкентский Государственный

университет имени Мирзо Улугбека

Защита диссертации состоится " 16 " октября 1996 года в
13 часов на заседании Специализированного Совета К.128.10.01
при САНИТМИ им. В.А.Бугаева по адресу: 700052, г. Ташкент,
ул. Обсерваторская, 72.

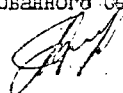
С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке САНИТМИ им. В.А.Бугаева.

Автореферат разослан " 15 " сентября 1996 года.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять в адрес Специализированного Совета.

Ученый секретарь Специализированного Совета

канд. физ.-мат. наук



З.Н. Назиров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В использовании водных ресурсов Республики Узбекистан можно выделить характерные особенности преобразования естественно-гидрологического режима малых водотоков горных и предгорных территорий. Это связано с тем, что область интересов водного озяйства все более распространяется на те небольшие водные бъекты, из которых в последствии, как правило, образуются рупные равнинные среднеазиатские водные артерии.

Актуальность проблемы. Специалисты, когда это необходимо, подразделяют реки, в соответствии с их гидрологическими характеристиками на большие, средние и малые. Такое деление обусловлено массой доводов, сформулированных на основании как минимум двух подходов: научного и практического. С точки зрения последнего, подобная типизация продиктована необходимостью выделения естных водных ресурсов и, в частности, местного стока как основной статьи воднобалансовых расчетов. Как правило, местный ток формируется за счет небольших водотоков. Если большие реки, в силу своей первостепенной важности, находятся под регулярным наблюдением, то малые горные центральноазиатские реки с недавних пор явно лишены должного внимания. Несмотря на экологическую и природообразующую роль небольших водотоков, составляющих основу гидрографической сети, мы не только не знали тенденции развития этих водных объектов в современных условиях при слиявшемся техногенном влиянии на природную среду, но даже пользовались не совсем подходящим их определением, больше отвечающим особенностям равнинных малых рек.

Цель исследования, с учетом вышесказанного, заключается в изучении особенностей формирования и антропогенного преобразования стока малых рек и разработке на этой основе комплекса научно обоснованных методических положений по эффективному использованию и регулированию речного стока.

Для достижения цели были решены следующие задачи.

1. Осуществлена классификация водотоков горной территории республики по четырем гидрологическим признакам.

2. Выполнена оценка годового стока бассейна Кашкадарьи за весь период наблюдений и описаны особенности его пространственно-временного изменения.

3. На базе гидрометеорологических данных рассчитаны гидролого-статистические параметры основных природных и техногенных факторов, обуславливающих режим речного стока, проведена адаптация единой системы вычислительных методов исследования антропогенного влияния на сток малых рек к условиям формирования и преобразования стока горных рек Узбекистана под влиянием хозяйственной деятельности.

4. Описаны главные факторы техногенного преобразования речного стока, их активность, значимость и механизм воздействия на водный баланс и режим водотоков.

5. Усовершенствован статистический метод оптимального регулирования уровнем режимом водохранилища, построенного на малой реке, в период его максимального наполнения.

6. Разработана система экспертно-балльной оценки гидролого-экологического состояния бассейновых геосистем малых рек.

7. Обобщены основные положения концепции формирования, комплексного использования и охраны стока малых рек.

Объектом исследования является неотъемлемый элемент горного ландшафта - малая река. Гидрологические характеристики этого водного объекта обуславливаются особенностями гидрологического цикла окружающего ландшафта, оформленного под влиянием гео-климатических условий, характерных для определенного высотного пояса на фоне общей вертикальной зональности физико-географических явлений и процессов. К малым центральноазиатским рекам также относятся притоки крупных рек, имевшие соответствующие геоморфологические и морфометрические признаки.

Предметом исследования следует считать выявление особенностей формирования и преобразования стока малых горных рек Узбекистана, усовершенствование существующих методов исследования влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек и создание на апробированном материале единой универсальной системы учета техногенного преобразования режима речного стока, количества и качества вод при ведении водного хозяйства.

Методы количественной оценки антропогенного влияния на сток малых рек представлены аппаратом статистического анализа временных гидрометеорологических рядов и воднобалансовыми методами расчета необходимых элементов водного и теплового балансов речного бассейна или его характерного участка для определения степени воздействия на них каждого фактора хозяйственной деятельности в отдельности и суммарно.

Методологию исследований можно сформулировать:

1) как совокупность логически взаимосвязанных гидролого-статистических методов, образующих целостную систему целенаправленного анализа гидрометеорологических данных, скомпонованных в идентичные по генезису статистические ряды (выборки);

2) как совокупность научных положений о построении анализа и синтеза результатов гидролого-статистических и гидролого-экологических изысканий по оценке состояния бассейновых геосистем малых рек.

Достоверность результатов определяется погрешностью стандартных гидрологических наблюдений и вычислений.

Обоснование выбора рабочего полигона исследования. Бассейн Кашкадарьи является репрезентативным природным объектом исследования. Природные условия и ресурсы бассейна весьма разнообразны и благоприятны для развития многих отраслей народного хозяйства. В бассейне Кашкадарьи реки длиной до 60 км составляют 99 % от их общего числа, а их суммарная длина составляет порядка 86 % общей длины гидрографической сети. Воды р. Кашкадарьи и ее притоков интенсивно используются на орошение. Для регулярного обеспечения водой орошаемых земель в бассейне построено 16 водохранилищ, крупнейшими из которых являются Чимкурганское (емкостью 500 млн. м³), Пачкамарское (емкостью 260 млн. м³) и Гиссаракское (емкостью 170 млн. м³). Общая емкость водохранилищ составляет 1031,9 млн. м³ воды. Площадь орошаемых земель в бассейнах малых рек составляет свыше 100 тыс. га.

Научная ценность работы состоит в следующем:

- обосновано целостное представление о малой центральноазиатской горной реке, физико-географических характеристиках ее бассейна и структуре гидрографической сети;
- проведено достаточно полное исследование пространственно-временной изменчивости годового стока малых рек изучаемой территории под влиянием хозяйственной деятельности на фоне региональных климатических флуктуации;

- выявлены и научно объяснены особенности малой горной реки, которые отличают ее от равнинной;

- дана качественная и количественная оценка современных объемов изъятия и потерь стока малых рек в процессе его использования в отдельных отраслях водного хозяйства;

- дан сравнительный анализ различных гидролого-статистических методов по расчету изменения речного стока под давлением антропогенных факторов с учетом специфики водохозяйственной деятельности в пределах небольших речных бассейнов.

Практическая значимость. Методические подходы, изложенные в диссертации, дают возможность квалифицированно анализировать и систематизировать гидролого-экологическую информацию, аналитическими и графическими методами рассчитывать ресурсы поверхностного стока малых рек. Проведенные исследования позволяют определить масштабы техногенного преобразования поверхностных водных ресурсов, оценить состояние бассейновых геосистем малых рек и сделать соответствующие прогнозы развития изучаемых водных объектов. В работе также содержатся конструктивные предложения, направленные на повышение надежности управления уровнем режимом водохранилищ, построенных на малых реках.

В отделе гидрологических исследований САНГИИ им. В. А. Бугава внедрена карта изолиний среднего многолетнего годового стока в бассейне Кашкадарьи.

Апробация работы. Материалы диссертации рассматривались на заседаниях отдела "Научных основ использования водных ресурсов малых рек и неорошаемой территории" ИВП АН РУз в 1992-1993 годы; основные результаты докладывались на заседаниях Научно-методической комиссии ИВП АН РУз (18.11.1994 г.), секции систем уп-

правления и водного хозяйства Ученого Совета НИО САНИИР (7.06.1995 г.), кафедры гидрологии суши и гидрогеологии ТИИИМС (30.06.1995 г.), Ученого Совета ИВП АН РУз (4.07.1995 г.), кафедры гидрологии суши ТашГУ (17.04.1996 г.), гидрологического семинара САНИТМИ и Главгидромета (27.06.1996 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ, в т.ч. 2 статьи написаны в соавторстве.

Структура и объем диссертации. Работа общим объемом 160 страниц машинописного текста состоит из введения, трех глав, заключения, приложения и списка использованной литературы из 98 наименований, в т.ч. 2 иностранных. Текст включает в себя 16 рисунков и 22 таблицы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации и выбор рабочего полигона исследования, формулируется объект, предмет, цели, задачи, методы и методология; определяются научная новизна и практическая значимость работы, рассмотрены предпосылки, исходная информация для написания диссертации.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕННОСТИ МАЛЫХ РЕК

Имеющееся на данный момент определение малой реки (ГОСТ 19179-73. Гидрология суши, термины и определения, 1978) недостаточно отражает особенности гидрологии небольших горных водотоков центральноазиатского региона. Поэтому, учитывая опыт типизации водотоков, изложенный в работах Ю.Н.Иванова, А.В.Караушева, Б.Т.Кирсты, А.С.Саидова, В.Л.Шульца, Д.Ю.Юсуповой и др., и согласно методическому подходу, разработанному Е.А.Черных,

иссертантом осуществлена классификация водотоков по четырем группам показателей: 1) общегеографическим, 2) общегидрологическим, 3) собственно гидрографическим (морфометрическим) и водохозяйственным.

Основные классификационные положения, обобщенные в таблице 1, позволяют четко, по совокупности признаков, выделять природный объект исследования - малые горные реки, - и, тем самым, priori, иметь представление об особенностях гидрологии и о потенциальных водных ресурсах небольших горных речных бассейнов.

Таблица 1

Классификация водотоков

Тип водотока	Длина реки, км	Площадь бассейна, км ²	Среднегодовой расход воды, м ³ /с	Порядок водотока
И	< 25	< 100	0,1 - 2,0	I, II
малая река	25 - 100	100 - 1000	2,0 - 18,0	III, IV
средняя и большая река	> 100	> 1000	> 18,0	V, VI

Рассмотренные нами физико-географические факторы, обуславливающие гидрологический режим малых горных рек, анализ научных и технических материалов и фактические натурные наблюдения позволили установить, что на сток с малых водосборов оказывают наибольшее влияние местные (азональные) факторы, что проявляется в значительной изменчивости их водности и меньшей естественной регулированности стока. С уменьшением площади бассейна увеличивается вероятность отклонения стока от зональных характеристик. Коэффициент вариации (C_v) срочных и среднегодовых максимальных расходов воды водотоков с площадями бассейнов до 100 км²

значительно выше, чем эта же характеристика у рек с площадями бассейнов больше 100 км^2 . В то же время сток за лимитированный период с октября по апрель у водотоков с площадями бассейнов до 100 км^2 самый высокий в процентном отношении (порядка 40 % годового стока). Это говорит о том, что подземный грунтовый сток осуществляется более интенсивно, чем у других категорий водотоков.

Выявленные особенности формирования стока малых горных рек заключаются в следующем.

1. Средний модуль стока (л/с/км^2) малых рек с площадями бассейнов от 100 до 1000 км^2 несколько выше, чем у водотоков с площадями бассейнов которых меньше 100 км^2 и больше 1000 км^2 . Очевидно, что почвенно-геологические и климатические условия единичной площади формирования стока у малых рек находятся в более благоприятном сочетании, чем у других категорий водотоков.

2. В бассейне Кашкадарьи в области формирования и транзита стока среднегодовой расход воды увеличивается с ростом площади бассейна.

3. Установлено, что за последние 64 года объемы стока в ледовый и осенне-зимней межени имеют тенденцию к снижению.

4. Среднеазиатские малые горные реки, в силу больших уклонов поверхности водосборов, высокой фильтрационной способности почвогрунтов в областях конусов выноса рек, так или иначе гидрологически связаны с главными крупными реками.

Отличие горных среднеазиатских малых рек от российских равнинных состоит в следующем. На равнинной территории антропогенное воздействие на гидрологический режим реки осуществляется по всему бассейну и в силу этого происходят изменения в проце

сах формирования стока и его транзита по русловой сети. В Узбекистане же техногенное влияние в бассейнах малых горных рек в основном преобладает в зонах равновесия и рассеивания стока, почти не затрагивая зону его формирования. Иными словами, здесь имеют место изменения условий трансформации стока в предгорной зоне и на равнине. Все эти особенности малых среднеазиатских водотоков определяют довольно высокую их естественную способность к самовосстановлению.

Оценка антропогенного преобразования стока малых горных рек выполнена отдельно для областей формирования и транзита стока, а также области рассеивания или активного использования стока. Это обстоятельство вызвано спецификой имеющейся исходной информации и, как следствие, различными методами исследования влияния хозяйственной деятельности на речной сток. Наиболее значимым в этой связи является то, что в процессе решения одной прикладной задачи удалось объединить в единую логически взаимосвязанную последовательность вычислительных процедур и апробировать на фактическом материале достаточно представительный набор гидролого-статистических методов.

По результатам обобщения климатических исследований и обобщенных расчетов автора, можно сделать вывод о том, что для бассейна Кашкадарьи характерна тенденция к потеплению и увлажнению. Линейные тренды временных рядов годовых сумм осадков avvияются в среднем за последние 50-100 лет 0,3-1,3 мм/год. Установлено, что на фоне этих климатических изменений местный ток из зоны формирования и транзита за период с 1927 по 1990 годы постепенно уменьшался в среднем на 0,033 м³/с в год. Средняя итоговая величина снижения среднегодового расхода малых рек

при выходе на равнину достигла на уровень 1990 года $2,1 \text{ м}^3/\text{с}$.

Корреляционный анализ временных рядов среднегодовых расходов воды малых рек совместно с анализом совмещенных хронологических графиков отразил достаточно синхронное изменение стока рек в данном бассейне.

Путем построения и анализа графических связей последовательно суммированных значений стока, выраженных в среднегодовых расходах воды,

$$\sum Y = f(T), \quad \sum Y = f(\sum Y_a), \quad (1)$$

где T - годы; $\sum Y$ и $\sum Y_a$ - последовательные суммы годовых значений стока соответственно исследуемой реки и реки-аналога; установлено, что точки перелома интегральных кривых приходятся на конец 70-х начало 80-х годов. Именно в это время стали особенно заметны изменения естественного стока.

Обобщение результатов гидрологических методов количественной оценки техногенного преобразования речного стока таких, как метод сравнения, метод восстановления естественного стока по уравнению линейного тренда, метод гидрологической аналогии позволило сделать вывод о том, что сток большинства малых рек бассейна Кашкадарьи за период с 1961 по 1991 годы по сравнению с периодом с 1927 по 1960 годы уменьшился в среднем на 20 % в зоне формирования и транзита при том, что количество выпавших осадков увеличилось приблизительно на 8 %.

Выполненная оценка ресурсов поверхностных вод бассейна Кашкадарьи отражает существование двух подходов к этой проблеме.

1. Построены карты изолиний среднего многолетнего слоя

стока в бассейне Кашкадарьи для 5 временных интервалов в пределах фактического периода наблюдений с 1927 по 1990 годы. Анализ этих карт показал пространственно-временную изменчивость естественной водности рек. Наиболее водоносными являются верховья рек Акдарья и Яккабагдарья (420-460 и 350-400 мм стока соответственно). Среднезвешенный по площади бассейна слой стока равнялся 244 мм в год. В бассейне Кашкадарьи водность водотоков увеличивается с повышением абсолютной высоты водосбора (с запада на восток) и уменьшается с севера на юг (рис.1).

2. Оценены ежегодные ресурсы местного стока, складывающиеся из стока основных притоков р.Кашкадарьи:

$$W_M = K_0 + T \cdot (Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n) \quad n = 1, 2, \dots, 12.$$

Здесь W_M - местный сток за конкретный год, км³; Q_1, Q_2, \dots, Q_n - расходы воды двенадцати основных водотоков, принятых для оценки поверхностных водных ресурсов, м³/с; K_0 - подземный приток за год, км³; $T = 31,5 \cdot 10^6$ с.

Колебания значений временного ряда местного стока, рассчитанные за период с 1927 по 1990 годы, соответствуют колебаниями водности малых рек бассейна Кашкадарьи. Среднегодовой расход местного стока равен 42,2 м³/с.

Проблема разработки системы экспертно-балльной оценки (СЭБО) состояния бассейновых геосистем продиктована необходимостью обобщения информации по целому комплексу гидролого-экологических характеристик речных бассейнов малых рек. Оценка состояния бассейновых геосистем производилась на основе тестирования интегральных, наиболее информативных, показателей водосбора и не-

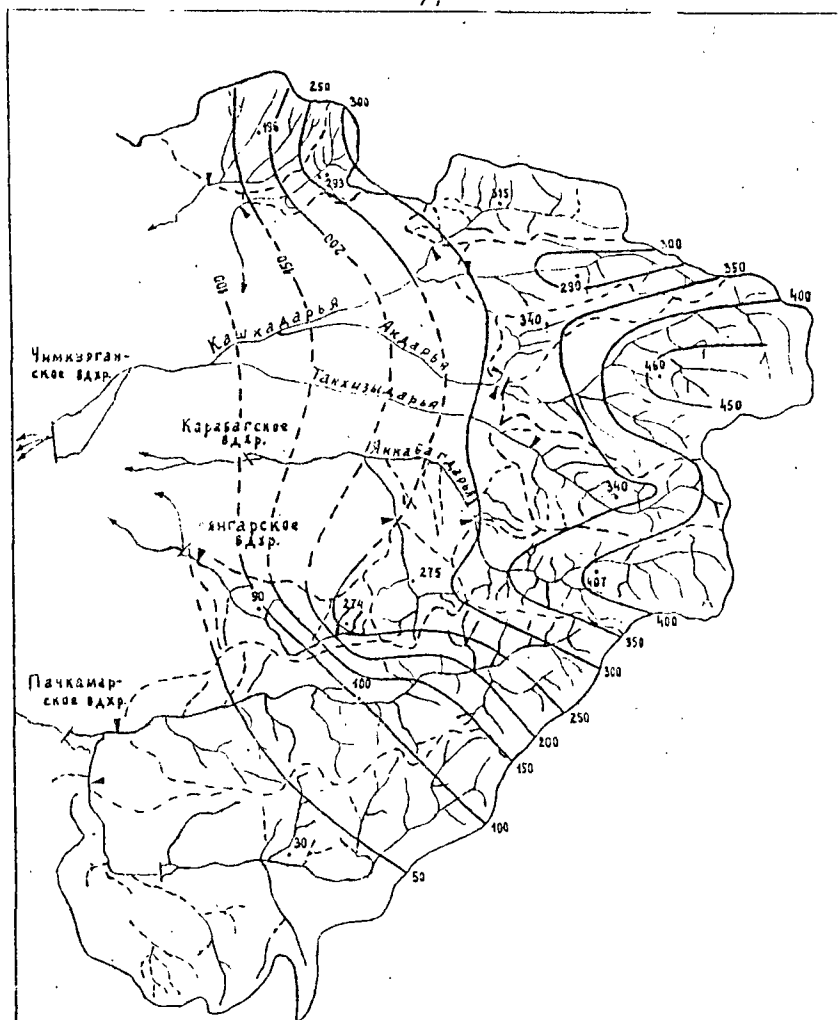


Рис.1. Изолинии нормы годового стока в миллиметрах
слоя в бассейне Кашкадарьи

(---) Изолинии, необеспеченные данными (гипотетические)

посредственно водотока относительно их предельных (пороговых) значений. Структура СЭБО задается тремя группами интегральных показателей (ИП): 1) гидрометеорологические показатели водности реки, 2) гидрохимические показатели качества воды и 3) водоохозяйственные показатели использования водных ресурсов.

Процедура экспертно-балльной оценки проводится по соответствующей методике. Сначала по каждой группе ИП с помощью табл. 2-4, содержащих предельные (пороговые) значения, подсчитывается фактическая сумма экспертных баллов. При этом отдельная гидролого-экологическая характеристика оценивается по пяти-балльной системе, когда благоприятное состояние объекта оценивается в 5 баллов, удовлетворительное - 3 балла, а неудовлетворительное - 1 балл. Далее вычисляется общая для всех трех групп сумма баллов, которая сравнивается с гипотетической суммой. Каждой гипотетической сумме баллов соответствует определенная, эмпирически полученная, степень антропогенной нагрузки на бассейновую геосистему. Расчеты показали, что фактическая сумма в интервале от 66 до 44 баллов указывает на слабую общую нагрузку на бассейн, от 44 до 28 - на умеренную, от 28 до 12 - на сильную антропогенную нагрузку. Результаты экспертно-балльной оценки оформляются в виде итоговой табл. 5. Следует заметить, что структура СЭБО скомпонована по модульному принципу: отдельные элементы экспертных групп в зависимости от обстоятельств могут заменяться на другие, более информативные или подходящие ИП, без ущерба для всей системы. Проведенная по данной методике оценка состояния речных геосистем малых рек бассейна Кашкадарьи (табл. 5) показала, что гидролого-экологическое состояние данных водных объектов можно считать удовлетворительным.

Таблица 2

Гидрометеорологические показатели водности

Водообеспеченность бассейна реки	Коэффициент увлажненности водосбора, б/р		Критическая глубина залегания грунтовых вод, м		Водоохранный расход воды, м ³ /с		Тенденция изменения речного стока, м ³ /с/год	
	ПЗ	Б	ПЗ	Б	ПЗ	Б	ПЗ	Б
Хорошая	1,00-0,77	5	2-4	5	Q _{ср}	5	<-0,01	5
Удовлетворительная	0,77-0,55	3	>4	3	Q* _{ср}	3	-0,01-0,1	3
Плохая	0,55-0,22	1	<1-2	1	Q* _{мин}	1	>-0,1	1

Примечание. 1. ПЗ - пороговые значения, Б - баллы, 2. Q*_{ср} - среднегодовой расход воды 95% обеспеченности, Q*_{мин} - минимальный расход воды 95% обеспеченности.

Таблица 3

Гидрохимические показатели качества воды

Качество воды	Индекс концентрации вредных веществ, б/р		Ирригационный коэффициент Стеблера, б/р		Показатель наличия сточных вод, б/р		Характеристика загрязненного участка реки, %	
	ПЗ	Б	ПЗ	Б	ПЗ	Б	ПЗ	Б
Хорошее	<0,5	5	>18	5	>60	5	<10	5
Удовлетворительное	0,5-1,0	3	18-6	3	60-50	3	10-50	3
Плохое	>1,0	1	<6	1	<50	1	>50	1

Водохозяйственные показатели водообеспеченности, управляемости и охраны водных ресурсов

Характер освоения речного стока	Ежегодное изъятие стока из реки, % от годового		Коэффициент за-регулируемости стока, б/р		Расплаченность водосбора, %		Эффективность использования водных ресурсов, л/м ³	
	ПЗ	Б	ПЗ	Б	ПЗ	Б	ПЗ	Б
Приемлемый	<30	5	0-2	5	<40	5	>0,005	5
Нейтральный	30-50	3	2-5	3	40-60	3	0,005-0,008	3
Неприемлемый	>50	1	>5	1	>60	1	<0,003	1

Таблица 5

Результаты экспертно-балльной оценки состояния бассейновых экосистем

Группы интегральных показателей												Фактическая сумма баллов				Общая нагрузка на бассейновую экосистему	
I				II				III				I	II	III	Σ		
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4						
Река Акдарья													12	16	14	42	Умеренная
Река Джиндлярья													8	10	10	28	Умеренная

ГЛАВА 2. ГЛАВНЫЕ ФАКТОРЫ ТЕХНОГЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА

Изучение водопотребления из малых рек, его особенностей и структуры, показало, что доля безвозвратного водопотребления в процессе использования забранной воды составляет приблизительно 73,1 %, а относительно природных водных объектов - 88,4 %.

Установлено, что изъятая из реки вода, распределяется между потребителями следующим образом (в % от общего водозабора): 1) регулярное орошение - 89,6; 2) хозяйственно-бытовые нужды - 3,71; 3) производственные нужды - 3,47; 4) сельскохозяйственное водоснабжение - 2,00; 5) прудово-рыбное хозяйство - 0,77; 6) прочие нужды - 0,45.

Имеющийся довольно обширный информационный материал позволил исследовать водопотребление с точки зрения: 1) динамических показателей использования воды, 2) водохозяйственного баланса, 3) источников водопотребления, 4) перераспределения и утилизации воды, 5) качественного состава воды.

Рассмотрено регулирование стока малых рек бассейна Кашкадарьи, которое является ключевой проблемой схемы комплексного использования водно-земельных ресурсов. На данный момент в бассейне шестнадцатью водохранилищами перераспределяется, в общей сложности, свыше 1 км³ воды в год.

Установлено, что годовой и весенний сток имеют тенденцию к понижению. Это связано с хозяйственным использованием воды, заполнением емкостей, дополнительным испарением, постоянным подземным оттоком (фильтрацией) воды из водохранилища. Изменение годового стока малых рек под влиянием водохранилищ было оценено двумя методами: 1) по объему заполнения чаши водохранилища и

2) по дополнительному испарению с водной поверхности водоема по сравнению с испарением с суши до его создания. Изменение выражалось в абсолютных величинах (млн.м³)

$$\Delta Y = Y_0 - W_d$$

и с помощью коэффициента изменения стока (в долях единицы):

$$J = 1 - W_d / Y_0, \quad (2)$$

$$J = 1 - W_d / (Y_0 + W_d), \quad (3)$$

где J - коэффициент изменения (снижения) речного стока; Y_0 - естественный речной сток, млн.м³; Y_0 - бытовой сток, измененный под влиянием хозяйственной деятельности, млн.м³; W_d - суммарный объем заполнения водохранилища или дополнительные (безвозвратные) потери на испарение с водной поверхности водоема и за счет стъемов воды на хозяйственные нужды (орошение, водоснабжение и др.), млн.м³ (В.Е.Водогрещкий, 1950).

Учет влияния водохранилищ на годовой сток малых рек, основанный на оценке потерь на дополнительное испарение с водной поверхности водоема, показал на 5-10 %-ное уменьшение стока.

Изучено влияние водохранилищ на изменение внутригодового распределения стока малых рек.

В целом, как показывают расчеты, русловые водохранилища сезонного регулирования стока незначительно изменяют годовой сток и их строительство в предгорной зоне вполне оправдано.

В диссертации рассмотрены особенности развития орошаемого земледелия и агротехнических мероприятий на водосборах малых рек бассейна Кашкадарьи, а также дана оценка изменения стока за

счет изъятия речной воды для полива сельскохозяйственных культур. В верховьях и среднем течении малых рек морфогенетический тип рельефа и в целом весь комплекс природных факторов обуславливают развитие пастбищного скотоводства, богарного земледелия и садоводства. Орошаемое земледелие как фактор антропогенного преобразования стока наиболее значим в нижнем течении малых рек и устьевых участках. Сначала происходит интенсивный забор воды из реки для полива, а затем сброс обратно в реку загрязненных коллекторно-дренажных вод. Кроме того, наблюдается выклинивание возвратного стока и наличие сточных вод населенных пунктов.

Изменение стока за год в бассейне с развитым орошением определяется соотношением (Н.В. Поньков, 1986):

$$\Delta Y = Q_{\text{бр}} - Y_{\text{в}} \pm \Delta E \cdot F_{\text{ор}} \cdot 10^{-5}, \quad (4)$$

где ΔY в млн.м³; $Q_{\text{бр}}$ - суммарный водозабор (брутто) из источника орошения, объем которого определяется недостатками водопотребления сельскохозяйственных культур, способом полива и техническими параметрами оросительных систем, млн.м³; $Y_{\text{в}}$ - сток возвратных вод от орошения, достигающий замыкающего створа на реке, млн.м³; ΔE - изменение испарения в бассейне под влиянием замены дикорастущей растительности сельскохозяйственными культурами, мм; $F_{\text{ор}}$ - площадь орошаемых земель, га.

Расчеты, выполненные по формуле (4) для основных водотоков бассейна Кашкадарья показали, что изменение годового стока ΔY (в % от среднегодового стока реки) составило за период с 1970 по 1990 годы для р.Ақдарья в среднем 73 %, что в абсолютных величинах равняется приблизительно 300 млн.м³ воды в год.

Для р. Танхизидарья изменение годового стока ΔY составило в среднем за тот же период 71,6 % годового стока. Относительные изменения стока других рек исчислялись в пределах от 36 до 90%, что в абсолютных величинах равнялось соответственно 42 и 280 млн. м³. Судя по расчетам, наиболее существенным оказалось изменение речного стока под влиянием орошения в бассейне р. Яккабагдарья. Здесь за период с 1970 по 1990 годы в нижнем течении реки изменение стока достигло более 95 %.

В диссертации изложены также основные положения концепции формирования, комплексного использования и охраны водных ресурсов малых рек. Основные положения концепции проблемы рационального использования стока малых горных рек раскрываются как способ понимания и трактовки водохозяйственных вопросов, дают руководящую идею для освещения проблемы, ведущий замысел и конструктивный принцип (механизм) ее решения.

ГЛАВА 3. УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВЕННЫМ РЕЖИМОМ ВОДОХРАНИЛИЩА, ПОСТРОЕННОГО НА МАЛОЙ РЕКЕ

В третьей главе приводятся основные объективные причины возникновения проблемы оптимизации процесса регулирования уровнем режимом водохранилища сезонного регулирования стока малой реки, осуществляется постановка задачи, приводится математическая формулировка модели управления, условия, которым должны отвечать описываемые ею процессы, обосновывается метод решения оптимизационной задачи, дается гидрологическая интерпретация основных параметров модельных зависимостей и на примере ре-

ального объекта (Гиссаракского водохранилища на р.Актарья) выполнен необходимый цикл вычислений, иллюстрирующих правильность решения поставленной задачи, и технические возможности разработанной модели. Также рассмотрен принципиальный подход оценивания частотных характеристик динамической системы, образованной гидротехническим сооружением в комплексе с водохранилищем.

Оптимизационная задача формулируется как поиск оптимального закона управления затворами водосбросного сооружения при известных вероятностных свойствах случайного возмущения притока воды в водохранилище. Для моделирования процесса регулирования уровнем верхнего бьефа водохранилища при случайном возмущении притока воды используется линейное неоднородное дифференциальное уравнение вида (Э.Ж. Махмудов, 1989):

$$dZ / dt = -KZ + U + f(t),$$

$$\text{где } Z = H - H_0, \quad K = Q_c / Z \cdot C(H_0) \sqrt{(H_0 - \varepsilon a_0)},$$

$$U = - \frac{(4H_0 - 3a_0) \cdot Q_{c0}}{2a_0(2H_0 - a_0) \cdot C(H_0)} \beta Z, \quad f(t) = \frac{Q_n(t) - Q_{n0}}{C(H_0)},$$

$$Q_c = \mu \cdot b \cdot a \sqrt{2g \cdot (H_0 - \varepsilon a_0)},$$

$\beta = \Delta a / \Delta H$ - коэффициент регулирования исполнительного механизма водосбросного сооружения;

$\Delta a = (a - a_0)$ - изменение высоты открытия водосбросного отверстия, м;

$\Delta H = (H - H_0)$ - изменение уровня воды при изменении расхода воды с Q_{n0} на $Q_n(t)$, м;

K - частота опорожнения водохранилища, c^{-1} ;

U - переменная управления затвором водосбросного сооружения, м/с;

$f(t)$ - переменная, равная отношению случайного отклонения притока воды $\Delta Q_n(t) = (Q_n(t) - Q_{nc})$ к площади зеркала воды $S(H)$ в водохранилище: $f(t) = \Delta Q_n(t) / S(H)$.

Для поиска оптимального режима регулирования в ственном режиме водохранилища используем метод оптимизации закона управления, основанный на минимизации квадратичного функционала вида:

$$J = \int_0^T (m^2 \cdot Z^2(t) + U^2(t)) dt = m^2 \langle Z^2(t) \rangle + \langle U^2(t) \rangle.$$

Здесь $\langle \rangle$ - обозначение математического ожидания; m^2 - параметр, включающий информацию о технических характеристиках гидротехнического сооружения и механизме взаимодействия в системе "возмущения притока - колебания уровня воды в верхнем бьефе водохранилища".

При допущении, что исследуемые нами процесс являются стационарными, для них выполняются следующие условия:

$$D_f = \sigma^2_f = \langle f^2(t) \rangle = \int_0^{\infty} S_f(\omega) d\omega = R_f(\tau=0),$$

где D_f , $S_f(\omega)$, и $R_f(\tau)$ - дисперсия, спектральная плотность и корреляционная функция случайного процесса колебаний притока воды в водохранилище.

Не рассматривая технические ограничения на изменения переменных U , Z , и, опуская промежуточные математические выкладки, запишем аналитическое выражение закона оптимального управления;

$$J = m^2 \cdot D_z + D_u = D_r \cdot \left[\frac{m^2 (\alpha + K)^2}{\sqrt{m^2 + K^2} (\alpha + \sqrt{m^2 + K^2})^3} + \frac{(\alpha K - m^2 - \alpha \sqrt{m^2 + K^2})^2 + \alpha \sqrt{m^2 + K^2} (K - \sqrt{m^2 + K^2})^2}{\sqrt{m^2 + K^2} (\alpha + \sqrt{m^2 + K^2})^3} \right]$$

Численные эксперименты по минимизации квадратичного функционала показали, что его значения в целом зависят от амплитуд колебаний притока воды в водохранилище.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Практическая и научная значимость работы складывается из целостной системы решенных автором гидрологических задач.

1. На основе анализа и обобщения общегидрологической информации и в соответствии с методикой типизации водотоков удалось выявить характерные особенности малых горных рек и выделить их в отдельную категорию.

2. Для корректного обоснования причин, обуславливающих изменение годового стока малых рек, помимо основных техногенных факторов были исследованы многолетние колебания основных климатических характеристик (годовой суммы осадков и среднегодовой температуры воздуха в бассейне Кашкадарьи), рассчитаны уравнения линейных трендов временных рядов указанных характеристик, также изучены другие природные факторы, определяющие гидрологический режим малых горных рек.

3. По результатам генетических и статистических методов исследования воздействия хозяйственной деятельности на сток установлено, что в верхнем течении малых рек, в области формирования и транзита стока, за период с 1927 по 1990 годы средний годовой сток уменьшился приблизительно на 20 %, а в нижнем течении, в области его интенсивного использования, ежегодно на орошение изымается порядка 65-75 % годового стока рек. В следствие наличия возвратного и коллекторно-дренажного стока в малые реки возвращается обратно 30-35 % годового стока воды.

4. Установлено, что наиболее заметные изменения стока малых рек бассейна Кашкадарьи начали происходить в начале 70-х годов, что совпадает по времени с мероприятиями по резкому увеличению площадей орошаемого земледелия в данном бассейне.

5. Расчетный средний многолетний местный сток бассейна Кашкадарьи оценивается в $42,2 \text{ м}^3/\text{с}$. Коэффициент вариации расчетного временного ряда равен 0,312, что отражает среднюю изменчивость данной гидрологической характеристики в многолетнем разрезе времени. По материалам гидрологических наблюдений построены схемы изолиний среднего годового слоя стока в бассейне Кашкадарьи. Средний взвешенный по площади слой стока равен 244 мм в год.

6. Согласно результатам экспертно-балльной оценки состояния бассейновых геосистем, выполненной по 12 основным интегральным показателям, можно сделать вывод о том, что гидроэкологическое состояние бассейнов малых рек можно считать удовлетворительным.

7. В работе выполнена вычислительная процедура по адаптации математической модели управления уровнем режимом верхнего

бьефа водохранилища сезонного регулирования стока к гидрологическим и морфометрическим условиям водных объектов предгорных территорий.

Основные результаты исследований опубликованы в следующих работах.

1. Об оценке изменения годового стока малых рек Кашкадарьинской области// Водные проблемы аридных территорий.- Ташкент: Фан, 1993. Вып.1.- С. 57-64.

2. Оптимизация режима работы водохранилищ при случайных колебаниях стока реки// Водные проблемы аридных территорий.- Ташкент: Фан, 1993. Вып.1.- С. 47-53 (в соавторстве с Э.Ж.Махмудовым, Х.И.Заировым, Е.П.Юровой).

3. Малые реки Республики Узбекистан: понятие, критерии выделения, классификация и гидролого-географическая обусловленность// Водные проблемы аридных территорий.-Ташкент: Фан, 1994. Вып.2.- С. 116-122.

4. Водопотребление из малых и средних рек Республики Узбекистан// Труды отраслевой научно-практической конференции "Пресная вода".- Ташкент.- 1995.- С. 36-46.

5. Опыт экспертно-балльной оценки состояния бассейновых экосистем малых рек (на примере бассейна Кашкадарьи)// Труды САНИГМИ.- 1995.- Вып. 151(232).- С. 115-121.

6. Статистический метод повышения надежности процесса регулирования уровнем режимом водохранилища// Узбекский журнал "Проблемы механики".- 1995.- N 6.- С. 43-48 (в соавторстве с Э.Ж.Махмудовым).



**Ўзбекистонда кичик тоғли дарёлар сув миқдорини
шақллантириши ва ўзгариш хусусиятлари
(Қашқадарё ҳавзаси мисолида)**

Диссертацияда Ўзбекистон кичик тоғли дарёларнинг ўрганишнинг ҳозирги ҳолати, улардаги сув миқдорининг технологик факторлар таъсирида ўзгариши, ҳамда кичик дарёларда қурилган омборларда сув сатҳини бошқаришни оптималлаштиришнинг статистик усули асослаб берилган.

Кичик дарёлар ҳолатини ўрганишнинг қанчаликларини ҳисобга олган ҳолда, уларни классификация белгилари бўйича турлари берилган. Бунинг учун уларнинг гидрологик режимини белгилловчи асосий физик-географик факторлари, гидрологик хусусиятлари аниқланган ва кичик дарёлар сув миқдори балансига ҳўжалик фаолиятнинг таъсири бош мезон сифатида ҳисобга олинган.

Кўп миқдордаги материалларнинг анализи ва умумлаштирилиши натижасида кичик дарёлар ҳолатига ҳўжалик фаолиятнинг таъсирини белгилловчи гидролого-статистик усул системаси тузилган. Ҳамда ер сатҳи сув ресурсларининг миқдори ва кичик дарёлар ҳавзаси геосистемасининг гидролого-экологик ҳолатига баҳо берилган.

Диссертацияда гидротехник иншоотлар, суғориш деҳқончилиги ва бошқа сув истеъмоллари кичик дарёларининг режими, сув сифати ва миқдорини ўзгарттирувчи асосий факторлар эканлиги кўрсатилган. Оқимнинг эҳтимоллик хусусиятларини ўрганиш натижасида автор сув омборларида сув сатҳини бошқаришнинг мавҳуд булган оптимал усулларини тақомиллаштиришга эришган.

***E.Sh.Sibukaev, Peculiarities of Formation and
Conversion of Uzbekistan small mountainous rivers runoff
(a case with Kashkadaria basin)***

The work deals with presentday the condition of the problem of studying all small mountainous rivers of Uzbekistan, the main technological factors of the river runoff transformation. The statistical method of the optimum control is substantiated by the process regulation level regime of reservoir, which was constructed on a small river.

To make up for the lacks of studying the small mountainous rivers was realized the typization of the streams, covering four groups of the classification signs, were described the main geophysical factors which were cause the hydrological regime of small rivers, were revealed the hydrological peculiarities of small mountainous rivers and mechanism of the influence of the economic activity on their's water balance and regime. The system of hydro-statistical methods was made up on the basis of analysis and generalization of the vast material, and was fulfilled the evaluation of surface water resources and hydro-ecological condition of the small rivers geosystems.

It was shown that water intake from small rivers, stream flow regulation of reservoir and irrigational agriculture are the main factors, which change the regime, balance and quality of stream flow of small mountainous rivers.

The research's results of probable runoff characteristics enabled the author to improve search problem decision of optimum control of level regime of reservoir, which was constructed on the small river.