

БАГАПОВА АЛИНА РАВИЛЬЕВНА

**Влияние водного фактора на экосистему пойм рек и разработка методики
расчета экологических попусков**

Специальность: 25.00.36 – Геоэкология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Республика Казахстан
Алматы, 2010

Работа выполнена в ТОО «Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства» Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (ТОО «КазНИИВХ» МСХ РК)

Научный руководитель –	доктор технических наук, профессор Бурлибаев М.Ж.
Научный консультант –	кандидат экономических наук, Мусекенов М.М
Официальные оппоненты –	доктор технических наук, профессор Жараспаев М.Т., кандидат технических наук, Имангалиева А.К.
Ведущая организация –	РГП «Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата»

Защита диссертации состоится «29» ноября 2010 г. в 14_00 часов на заседании диссертационного совета Д 14.15.07 при Казахском национальном техническом университете им. К.И. Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22, ауд. 802 НК.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КазНТУ им. К.И. Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22.

Автореферат разослан «23» октября 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук,
профессор

Шейх-Али Д.М.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Для Казахстана водные ресурсы являются одним из главных факторов, определяющих устойчивое социально-экономическое развитие. Издревле, речные долины являлись территорией поселения населения в аридной и пустынной зонах. Большую роль в социально-экономическом отношении имели поймы и дельты рек, как наиболее обеспеченные водными и биологическими ресурсами.

В годы экстенсивного развития СССР, в конце прошлого века, необходимость обеспечения населения всей страны сельскохозяйственной продукцией, вызвало стремительное развитие орошаемого земледелия в Средней Азии и Казахстане (свыше 10 млн. га). Программами развития в конце 20 века предусматривалось дальнейшее развитие орошаемого земледелия до полного исчерпания местных водных ресурсов. При этом экологическая роль водных ресурсов, потребности в воде природных ландшафтов, экосистем для сохранения устойчивости, а также возможные последствия их разрушения при этом не рассматривались. Такая политика привела к катастрофическим последствиям: осушению Аральского моря, полной деградации дельт рек Амударьи, Сырдарьи. Экономические выгоды от дополнительного полученного риса и хлопка в результате несбалансированного использования водных ресурсов во много раз меньше социально-экономических потерь от полного разрушения инфраструктуры в Приаралье.

В решениях глобальных форумов (Саммит «по устойчивому развитию...» в Йоханнесбурге, 2002 г., Водный форум в Киото, 2003 г.) отмечается и подчеркивается особая экологическая и социальная значимость водных ресурсов.

Практически на всей территории Среднеазиатского региона имеет место напряженная водохозяйственная обстановка, вызванная не только нехваткой и загрязнением водных источников, но и экстенсивным развитием орошаемого земледелия, с применением технически устаревших оросительных систем. Чрезмерный отбор водных ресурсов в бассейнах рек в пределах Республики Казахстан и за ее пределами, привело к деградации большинства речных природных систем, включая поймы и дельты рек. Полностью нарушено природное равновесие экосистем Сырдарьи, восстановление которой возможно только путем инженерного переустройства. Значительной деградации подверглись поймы и дельты рек: Иле, Нуры, Шу, Талас. Серьезным антропогенным воздействиям подвержены дельты и поймы рек Ерты, Иргиз, Торгай, Жайык.

Предшествующая история развития орошаемого земледелия в Казахстане показала необходимость ограничения развития орошаемого земледелия, его технического совершенства, разработки методики оценки экологических потребностей в воде природных систем речных бассейнов, прежде всего речных дельт и пойм, введения законодательных основ по обеспечению гарантированных объемов экологических попусков, обеспечивающих экологическую устойчивость природных систем.

Настоящая работа является итогом исследований автора, выполненных в Казахском научно-исследовательском институте (ныне ТОО КазНИИВХ) в пе-

риод 1992 – 2010 годы. В качестве исполнителя, ответственного исполнителя раздела автор настоящей диссертации принимала участие в выполнении научно-исследовательских работ, связанных с оценкой природоохранных и экологических попусков в низовья р. Шу, Талас по темам:

- 496/02.01 «Разработать математические модели водохозяйственных систем и программные средства по информационному обслуживанию и управлению на ПЭВМ» 1993-1994 гг.

- «Изучение режима попусков из Тасоткельского водохранилища с учетом потребностей Сузакского, Сарысуского, Мойынкумского районов за 1993-1994 гг.

- «Разработать средства информационного и математического обеспечения по управлению водными ресурсами (на примере бассейна р. Шу) (1997-1999 гг.).

- Разработать схему комплексного водопользования в бассейне рек Сырдарья, Шу, Талас, Аса, основы мониторинга орошаемых земель и испытать технические средства водораспределения и водоизмерения (2005 г).

По программе 093 «Интегрированное управление водными ресурсами и повышение эффективности водопользования» по теме «Разработать технологию водораспределения на ирригационных системах на основе геоинформационных систем (ГИС)» (2006–2008 гг.).

В настоящее время диссертант является отв. исполнителем одного из разделов темы: «Разработать методику расчета природоохранных и санитарно-эпидемиологических попусков» (2010–2011 гг.).

Цель работы – разработать методику определения гарантированного объема экологического стока и попуска, обеспечивающих экологическую устойчивость природных систем речных пойм пустынной зоны Казахстана на примере реки Шу.

Задачи исследований:

- установить влияние развития орошаемого земледелия в бассейне в Киргизской Республике и Республике Казахстан на объемы стока в низовья р. Шу;

- установить корреляционные связи распределения объемов попусков по контрольным створам Фурмановский гидроузел (Амангельды) – с. Уланбель – граница ЮКО;

- провести сбор и анализ статистических данных по площадям затопления и продуктивности поймы, установить их зависимость от объемов попуска (паводка);

- провести анализ оптимальных режимов попусков с наименьшими удельными объемами попусков на затопление поймы;

- дать оценку биопродуктивности растительности пойм от объемов водоподдачи и роли подземных вод в водообеспечении устойчивости экосистем пойм;

- разработать методику определения гарантированного объема попуска, обеспечивающего экологическую устойчивость природных систем речных пойм пустынной зоны Казахстана.

Методика исследований. Работа выполнена на основе статистического и корреляционного анализа собранных гидрологических рядов по стоку р. Шу, статистических данных отчетных материалов государственных органов, водохозяйственных организаций и опубликованных материалов исследований по биопродуктивности поймы в условиях различной водообеспеченности.

Объектом исследования явились природные экосистемы низовий реки Шу, сформировавшиеся в Фурмановской, Уланбельской и Камкалинской дельтах. Предмет исследования составляют тенденции и закономерности функционирования природной среды в условиях изменения водообеспеченности.

Положения, выносимые на защиту:

1 Системный подход разделения природной среды поймы рек на отдельные взаимосвязанные системы, имеющие свои морфометрические и гидравлические показатели (контрольные уровни воды, площади и объемы затопления), зависящие от объема паводка (попуска) и сроков водоподачи в верхнем контрольном створе.

2 Критерии и элементы воздействия водного фактора (удельный объем водоподачи, уровень грунтовых вод, объем насыщения почвогрунтов) на изменение компонентов природных пойменных систем.

3 Полученные корреляционные связи площадей затопления и увлажнения поймы от объемов и сроков водоподачи в контрольном створе на входе.

4 Полученные корреляционные связи биологической и хозяйственной продуктивности по отдельным подсистемам.

5 Методику определения гарантированных объемов попуска по предельному ограничению площади затопления нижнего звена природной системы при установлении минимальной расчетной обеспеченности стока и оценки объемов возможного безвозвратного водозабора в верховьях реки с целью обеспечения восстановления и устойчивого развития низшего звена природной системы в период большей водообеспеченности.

Научная новизна исследований.

1 Разработана методика оценки безвозвратного водозабора в верховье по стоку в контрольном замыкающем створе методом разностных интегральных кривых.

2 Установлена количественная связь биологической продуктивности пойм растительности от водообеспеченности, периодичности затопления и минерализации грунтовых вод.

3 Разработана функциональная модель затопления пойм: распределения объемов попуска по подсистемам (дельтам), площадей и средних глубин их затопления.

4 Предложена методика определения гарантированного экологического попуска в низовья реки в форме целевой функции с ограничением допустимой критически минимальной площади затопления в последнем звене природной системы при установлении минимальной расчетной обеспеченности стока.

Достоверность полученных результатов исследований проверены использованием стандартных программ статистического и корреляционного анализа гидрологических и других статистических данных, опубликованных в го-

сударственных изданиях ежегодников, в отчетах государственных учреждений; использования данных от собственных наблюдений и данных, опубликованных в трудах различных авторов.

Личный вклад автора состоит в постановке задач, разработке необходимых методических подходов к их теоретическому обоснованию, в сборе необходимых статистических и гидрологических данных, непосредственном выполнении статистических расчетов, установлении корреляционных связей между исследуемыми факторами и определяемыми параметрами, графоаналитическом анализе взаимосвязи исследуемых функций. Автор принимала участие в выездах по сбору фактических материалов в организациях и хозяйствах, полевых исследованиях по изучению гидравлических характеристик русла, фильтрационных свойств почв и грунтов поймы и ложа русла реки Шу.

Практическая значимость исследований заключается в разработке методики обоснования гарантированных экологических попусков для увлажнения пойм рек в маловодные периоды с целью обеспечения их устойчивого развития и обеспечения необходимых социально-экологических и экономических условий проживания населения. Рекомендуемые параметры попусков были использованы Жамбылским областным комитетом водного хозяйства и Шу – Таласским бассейновым водохозяйственным управлением (ныне бассейновая инспекция) при осуществлении попусков из Тасоткельского водохранилища в низовья реки Шу.

Предложенные рекомендации могут быть использованы для определения предельно допустимого безвозвратного водозабора в бассейне при разработке Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов в бассейнах рек Шу – Талас.

Научная значимость исследований заключается:

– в установлении корреляционных связей объемов перетока стока и площадей затопления пойм по отдельным звеньям экосистемы низовий р. Шу и гидрологического режима попусков (объемов и продолжительности) на контрольном створе на входе в дельты;

– в установлении зависимости биологической продуктивности поймы р. Шу от определяющих факторов: объема затопления, степени увлажнения, глубины залегания уровня грунтовых вод и их минерализации, продолжительности перебоев затопления;

– в методологии определения гарантированных экологических попусков по конечному звену экосистемы при ограничивающих критериальных условиях по водности и допустимой минимальной площади увлажнения элемента поймы.

Апробация работы. Отдельные результаты диссертации докладывались: на международных конференциях «Проблемы стабилизации и развития сельского хозяйства Казахстана, Сибири и Монголии (Алматы 2000), «Проект развития ООН Современные проблемы Шу-Таласского бассейна (Алматы 2006), II Центрально Азиатской Международной конференции «Водные ресурсы: потенциал, использование, технология и экология» (Алматы 2001), III международной научно-практической конференции «Вода – источник жизни» (Павло-

дар 2008), на международно-практических конференциях «Научное обеспечение, как фактор устойчивого развития водного хозяйства» (Тараз 2005), «Вода: ресурсы, качество, мониторинг, использование и охрана вод» (Алматы, 2008), «Опыт внедрения инновационных подходов по устойчивому ведению сельского хозяйства на продуктивных ландшафтах» (ПРООН, Астана 2010), «Эколого-збалансоване управління меліорованими ландшафтами (Екологічески сбалансованное управление мелиорированными ландшафтами)» (Херсон 2010).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 статей, в том числе 9 – в тезисах международных конференций, 3 – в изданиях, рекомендованных Комитетом по надзору и аттестации в сфере науки и образования в РК.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников, из 114 наименований и 3 приложений, работа изложена на 143 странице, содержит 37 рисунков и 14 таблиц, в приложениях – 12 таблицы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели, задачи исследований, представлены научная новизна и практическая значимость, положения, выносимые на защиту.

В первом разделе дан анализ существующих методов оценки безвозвратного водозабора из поверхностных водных источников.

Методы оценки антропогенного воздействия хозяйственной деятельности на водные ресурсы речного бассейна основываются .

Восстановление стока осуществляется двумя группами методов:

– регрессионными методами с использованием парной и множественной корреляции;

– водобалансовыми методами с учетом изменения всех элементов водного баланса речного водосбора и русла.

Методы регрессионного анализа широко используются в гидрологии и основы их использования в практических расчетах изложены в трудах С.Н. Крицкого, М.Ф. Менкеля, Г.А. Алексеева, А.И., Чобатарева, А.В. Рождественского, В.Ф. Плешкова, И.А. Шикломанова и др. В основе этого метода лежит представление о правомерности экстраполяции корреляционных связей между стоком и стокоформирующими факторами, полученных за естественный период, на период, нарушенный влиянием хозяйственной деятельности. При этом изменение стока оценивается по разнице между стоком, рассчитанным по уравнению регрессии и измеренным в натуре. Использование первого подхода затрудняется неустойчивостью корреляционных связей при использовании рядов наблюдений малой продолжительности. Регрессионные методы не позволяют в ряде случаев надежно выделить влияние на сток каждого фактора хозяйственной деятельности в отдельности, что ограничивает их использование при определении отдельных составляющих стока, например приток – отток грунтовых вод. Положительной стороной регрессионных моделей является их простота и быстрый расчет суммарного воздействия комплекса водохозяйственных меро-

приятий на сток и возможность его использования при отсутствии информации о хозяйственной деятельности.

Наиболее распространен в оценке воздействия хозяйственной деятельности водобалансовый метод. При анализе русловых балансов рек Средней Азии и Казахстана широко использовали: В.Л. Шульц, С.И. Харченко, В. В. Сумарокова, В.М. Стародубцев, А.А. Турсунов, Ж.Д. Достай, И.М. Мальковский, А. К. Заурбек и др. При водобалансовом подходе имеется возможность учета влияния каждого фактора хозяйственной деятельности. Отрицательной стороной водобалансовых методов является необходимость использования большого объема разнородной гидрологической, климатической и водохозяйственной информации, что затрудняет получение точных оценок антропогенного изменения стока.

Речной сток является средообразующим фактором водной экосистемы. Он прямым или косвенным образом влияет на все необходимые условия для обитания приречной пойменной и водной биоты. Поэтому изъятие речной воды не должно приводить к снижению объема стока ниже экологически допустимого уровня. В этом направлении проводили исследования: В.С. Ковалевский, Д.Я. Радкович, А.В. Яцык, Б.В. Фашевский, И.П. Айдаров, М.Ж. Бурлибаев, Ж.Д. Достай, Ж.С. Мустафаев, С.Р. Ибатуллин, Л.Д. Радкович, В.Н.Маркин, Н.П.Бунина, Шабанов В.В., Т.И. Иванова.,

Особенно интенсивно данной проблемой стали заниматься с конца прошлого века в США, Австралии, Южной Африке С. А. Brown, Joubert, A., Angela H. Arthington, A. H. Arthington, E. Baran, C. A. Brown, P. Dugan, A. S. Halls, J. M. King, C. V. Minte-Vera, R. E. Tharme, K. Crossl, S.Barchiesi1 (Methodology for the Determination of the Ecological Water Requirements for Estuaries).

Биопродуктивность пойм и дельт рек является основным индикатором состояния речных экосистем. Сначала 60 годов и в последующее десятилетие в научно-исследовательских институтах Институт ботаники АН КазССР, КазНИГМИ проводились исследования по изучению количественных связей между погодными и гидрологическими условиями и продуктивностью наземной массы растительности. Основные результаты этих исследований опубликованы трудах: Д.А.Зыкова, А.П. Федосеева, А.Ф. Демидовской, О.М. Деминой, Р.П. Плисак, Н.П. Огарь, С.А. Бедарева, Л.В. Лебедь, К. О. Артыковой, Б.М. Султановой Э.И.Харламовой, Л.Х. Янгальчаевой и др.

Прогностические положения к биометрической оценке и фенологическому развитию основных видов растений пойм и лиманов в семидесятых годах прошлого столетия были обоснованы на основании обширных исследований А.Ф. Демидовской, О.М. Деминой, С.А. Бедарева, Л.В. Лебедь, Р.П. Плисак.

Во втором разделе изложены исследования антропогенного воздействия на сток реки и водообеспечение пойм и дельт рек на примере реки Шу.

В первом подразделе изложены методологические основы контроля и управления устойчивым развитием экосистем, основанные на установлении индикаторов устойчивого развития. Согласно главам и разделам «Повестки дня на XXI век»: выделены четыре области индикаторов: социальная, экономическая, экологическая, институциональная.

По водным ресурсам выделены следующие индикаторы:

индикаторы воздействия – ежегодная добыча подземных и поверхностных вод, ежегодное бытовое водопотребление на душу населения;

индикаторы состояния - запасы ПВ, бактериологическое загрязнение пресных вод, содержание биохимического кислорода;

индикаторы отклика – очистка сточных вод, густота гидрологических наблюдательных сетей.

На сегодняшний день среди предлагаемых систем индикаторов устойчивого развития практически нет таких, которые бы совершенно удовлетворяли требованию полноты информации. Так, в описанной выше системе индикаторов многие индикаторы в большинстве государств не определяются, данные по ним часто неполны или недостоверны. Это касается, главным образом, экологических индикаторов, среди которых есть такие, которые пока вообще не определяются и требуют специальных научно-методических разработок.

Широкое признание в мире получила система экологических индикаторов ОЭСР, которые разделяются на несколько типов:

основной набор – для оценки эффективности природоохранной деятельности;

несколько наборов отраслевых показателей – для обеспечения интеграции природоохранных вопросов в отраслевую политику;

показатели, выводимые из природоохранной отчетности – для обеспечения как интеграции природоохранных вопросов в отраслевую политику, так и устойчивости использования природных ресурсов и управления ими.

Нами предлагается: коэффициент экологического попуска $K_{ЭП}$ в низовья рек (отношение экологического стока в низовья, дельту реки, водоприемник конечного стока) его динамику ввести как один из природоохранных индикаторов воздействия речные экосистемы.

Во втором подразделе дана методика исследований и оценка точности анализа. Установлено, что для получения результатов с точностью 6% средне-многолетних годовых расходов достаточна длина ряда в 25 лет при $C_V \leq 0,30$, а при больших значениях $C_V > 0,4$ длина ряда наблюдений должна быть не менее 50. При расчете водного баланса и требуемой точности его составляющих 6 % точность определения безвозвратного изъятия стока $Q_{из}$ будет равна 6,4%.

В третьем подразделе методом водного баланса были восстановлены объемы водозабора и объемы возвратных вод на территории Киргизии и Казахстана по данным исследований Государственного гидрологического института до 1975 г, по аналитическим отчетам ЦНИИКИВР (г. Минск), за период 1971...1985 гг., отчетов Шу-Таласского БВУ (по Казахской ССР). По Киргизии материалы за 1986...2005 годы и докладам Департамента водного хозяйства МСХ КР, опубликованным в Интернете при отсутствии данных восстановлены по площадям орошения. В таблице 1 приведены результаты оценки развития орошаемых площадей в бассейне р. Шу.

На основании полученных данных безвозвратного водозабора и средних по десятилетиям объемов стока, вычисленных по гидрологическим данным, наблюдаемых в замыкающем створе на г/п Амангельды был восстановлен сред-

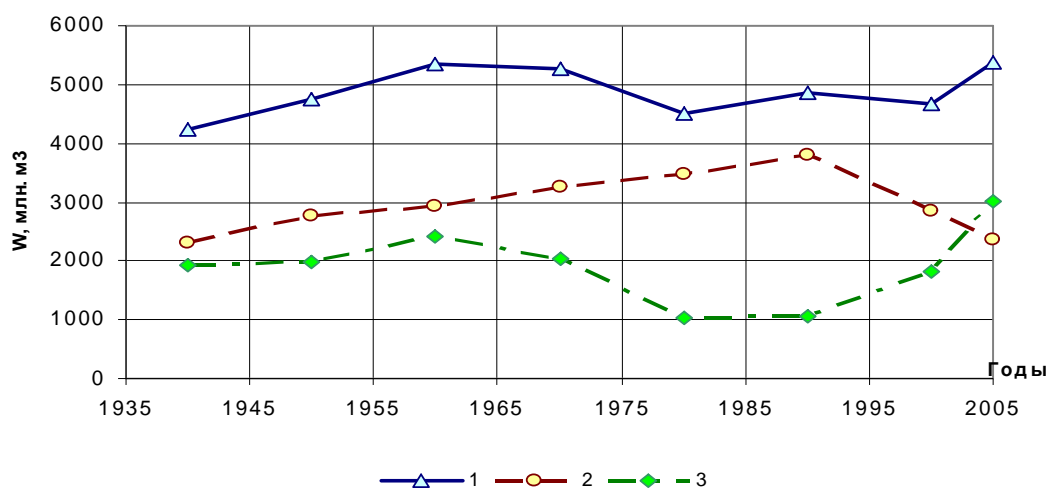
немноголетний естественный сток за период с 1931...2000 гг., который равен 4803 млн. м³

Таблица 1 – Распределение орошаемых площадей по Киргизии и Казахстану в бассейне реки Шу (тыс. га)

Территория, Зона	Годы по десятилетиям							
	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2007
По долине Шу	272	299	324	386	455	463	443,7	419
из них полито	259	294	319	378	450	437,5	367	297
По Киргизии	195	219	240	301	348	353	345	329
из них полито	189	210	230	292	341	330	283	237
По Казахстану	77	80	84	85	107	110	98,7	90
из них полито	70	72	78	81	102	104	84	60

Таблица 2 – Основные результаты определения безвозвратного изъятия стока в бассейне р. Шу

Показатели	Годы							
	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2005
Восстановлен- ный сток	4240	4742	5336	5275	4505	4854	4673	5374
Безвозвратное изъятие	2305	2756	2931	3246	3471	3794	2861	2365
Низовья Шу	1935	1985	2405	2030	1033	1060	1813	3009
Коэффициент КЭп	0,456	0,419	0,451	0,385	0,229	0,218	0,388	0,560



1 – восстановленный естественный сток, 2 – безвозвратное изъятие стока,
3 – сток, поступивший в низовья

Рисунок 1 – Основные результаты определения безвозвратного изъятия стока в бассейне р. Шу

Экологический сток, принят равным среднему стоку в конечном створе за период 1961-1970 годы - 2030 млн. м³ (см табл. 2). Тогда по среднемноголетнему естественному стоку коэффициент экологического стока $K_{Эп} = 2030/4803 = 0,423$.

Нами разработан модифицированный метод определения изъятия стока по интегрально-разностным кривым, ранее применяемого в гидрологической практике только для качественного анализа.

По традиционному методу интегрально-разностная кривая строится по разности $K_i - 1$:

$$f(T) = \sum_1^N (K_i - 1), \quad (1)$$

где T – годы наблюдений, $K = Q_i / Q_{0N}$ – модуль среднегодового расхода, Q_i – среднегодовой расход i года, Q_{0N} – среднемноголетний годовой расход определяется по всему ряду N .

По модифицированному методу начальный участок ряда до точки М, начала отклонения интегральной кривой от прямой, принимают за условный естественный сток и по нему определяют среднемноголетний расход(сток) Q_{0M} . По этому расходу вычисляют модули среднегодовых расходов $K = Q_i / Q_{0M}$, по которым по формуле (1) определяют функцию $f(T) = \sum K_i - 1$ и строят кривую (рисунок 3 кривая б). Коэффициент наклона линии тренда на относительно прямолинейном участке определяет среднюю величину ΔK , тогда изменение расхода за период охватываемый линией тренда будет равно

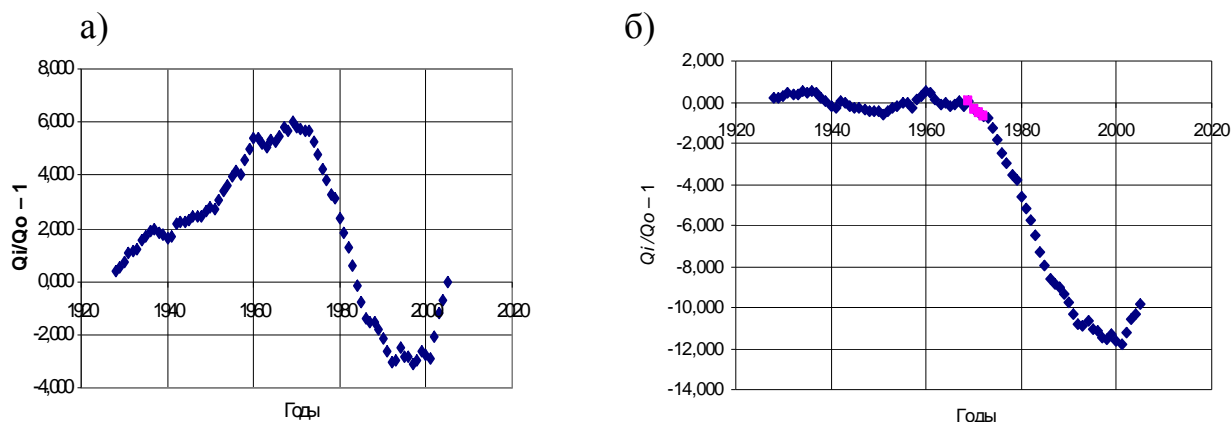
$$\Delta K = \frac{\Delta Q}{Q_{0M}}; \quad \Delta Q = \Delta K Q_{0M}, = k Q_{0M}, \quad (2)$$

где k – коэффициент наклона линии тренда анализируемого периода.

Так, для гидропоста Амангельды за период с 1928 по 2005 годы среднемноголетний годовой расход $Q_{0N} = 59,36$ м³/с, а за период условного естественного стока 1928 – 1970 годы $Q_{0M} = 70,17$ м³/с.

Уравнение линии тренда за период 1981...1986 по кривой б) имеет вид:

$$Y = - 0,684 X + 1350 \quad (3)$$



а) построенная традиционным методом; б) построенная модифицированным методом

Рисунок 2 – Разностно-интегральные кривые для г/п Амангельды

Таким образом, средняя величина отъема расхода за период 1981-1986 годы составила $\Delta Q = - 0,684 \cdot 70,17 \text{ м}^3/\text{с} = - 47,98 \text{ м}^3/\text{с}$, а расход поступающий в низовья составил $22,19 \text{ м}^3/\text{с}$, или 700 млн. м^3 в год.

Как видно из рисунка 2, начало заметного отклонения интегрально-разностной кривой относится к периоду 1969...1972 году, тогда требуемый экологический попуск должен соответствовать среднему стоку в створе Амангельды за этот период 1969-1973 гг – $56,39 \text{ м}^3/\text{с}$ или это соответствует – 1778 млн. м^3 . Коэффициент экологического попуска по среднемуголетнему восстановленному стоку: $K_{эп} = 1778/4803 = 0,370$. В водобалансовом методе, из-за необходимости осреднения по 10 летиям точность определения точки начала антропогенного воздействия составляет ± 5 лет, поэтому требуемый экологический попуск определен за период 1960...1970 годы.

В третьем разделе проведены исследования влияния водного фактора на биопродуктивность растительности пойм.

Биологическую продуктивность тростниковых сообществ изучали А. И. Исамбаев (1964) – в естественных зарослях долины р.Сырдарьи, О.М. Демина (1966–1970), Лебедь(1971–1974) в низовьях реки Шу, Л.В., Г.К.Зверева (1971) и Л.Х. Янгалычева (1974) – в естественных тростниковых сообществах низовой р. Шу. В 1974–1978 гг. эти исследования были продолжены в различных экологических условиях на Фурмановских, Уланбельских, Камкалинских разливах с целью выяснения вертикальной структуры тростниковых сообществ и ее изменения при изменении условий среды и под влиянием сенокосения.

На основании анализа полевых исследований, перечисленных выше, и восстановления гидрологического режима по датам проведения наблюдений, нами получены зависимости продуктивности растительности поймы от водообеспеченности доступной влагой, покрытия периодичности затопления, минерализации воды, которые имеют вид:

надземной массы, живой (кривая 2 на рисунке 4а), в т/га:

$$G = 12W_p^3 - 9,8 W_p^2 + 3,8 W_p, \quad (4)$$

где W_p - водообеспеченность доступной влагой в мм.

Значения коэффициента корреляции составили для Φ - $R = 0,94$; для G - $R = 0,98$. Значения водообеспеченности определялись с учетом подпитывания из грунтовых вод:

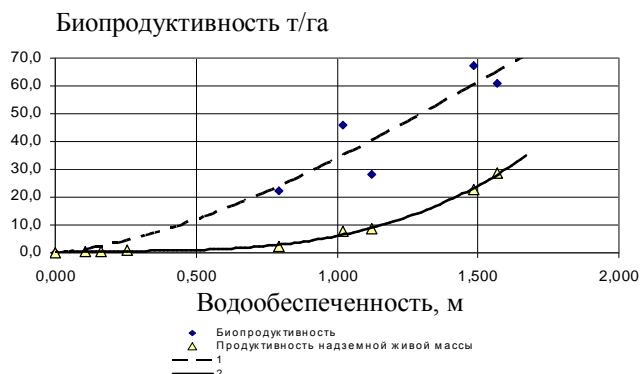
$$W_p = W_{3-A} + W_{зв} + W_a = (\beta_n - \beta_y)H_{yзв} / 100 + W_{БГВ} + W_a, \quad (5)$$

W_{3-A} – доступная влага в почве растениям в м; $W_{зв}$ – водообеспечение из грунтовых вод, в м; W_a - осадки в осенне-весенний период, м; $H_{yзв}$ – глубина слоя почвы до грунтовых вод, в м; β_n – полная влагоемкость почвы, (%); β_y – влагоемкость увядания (%); $W_{БГВ}$ –питание растений из грунтовых вод за период с 01.05 по 15.09 (до максимума урожая) $W_{БГВ} = E_0 \exp(-m(H-h_k))$, $E_0 = 1,69$ м.

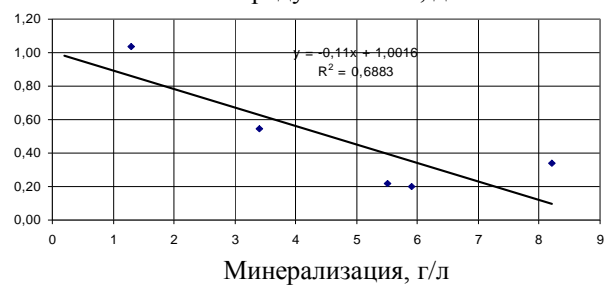
Максимальная продуктивность тростника достигает по данным опытов 61,1 т/га, надземная живая масса составляет – 28,8 т/га при максимальной водообеспеченности -1690 мм, соответствующей полупогруженному состоянию тростника в период всего вегетационного периода.

Фактические данные фитомассы были получены с площадок размером 0,5x0,5м, подземная часть по монолитам такого же сечения до уровня грунтовых вод в двукратной повторности. Поэтому эти данные можно принять как для случая 100% покрытия исследуемой площади. Площадь покрытия для тростниковых сообществ изменялась от 30 до 95% и, как показал анализ, также зависит от доступной влаги за вегетационный период.

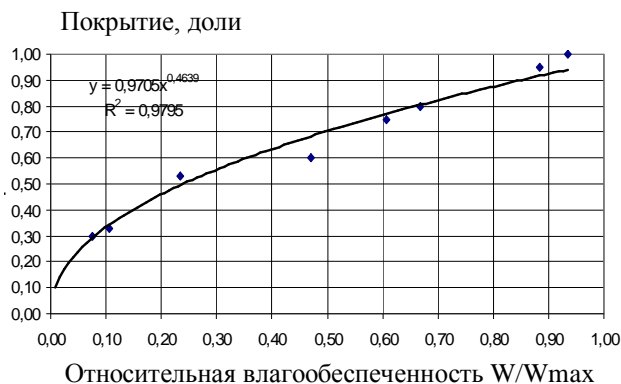
а) Зависимость фитомассы тростника (живая) от водообеспеченности



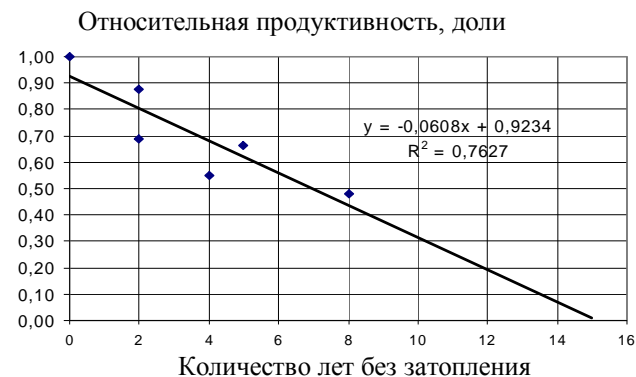
б) Зависимость коэффициента, определяющего снижение продуктивности растительности от минерализации воды



в) Зависимость коэффициента покрытия от относительной водообеспеченности растительности



г) Зависимость коэффициента периодичности затопления



а) предельная продуктивность по влагообеспеченности, б) зависимость коэффициента снижения продуктивности от минерализации грунтовой воды в) зависимость коэффициента покрытия от влагообеспеченности, в) зависимость коэффициента периодичности затопления

Рисунок 3 – Графики для расчета продуктивности растительности пойм низовий Шу

Кроме того, воздействуют и другие факторы, например, периодичность затопления, минерализация воды грунтовых вод. Учитывая, что эти факторы независимые, зависимость продуктивности можно представить в виде:

$$P_G = k_{pok} \cdot k_m \cdot k_l \cdot G, \quad (6)$$

где G – продуктивность при ежегодном затоплении и 100% покрытии в т/га, при минерализации воды не более 1,0 г/л; k_{pok} – коэффициент покрытия; k_m – коэф-

фициент, учитывающий минерализацию воды; k_d – коэффициент периодичности затопления. Ниже на рисунке 4 приведены графики расчетных коэффициентов для зависимости

Как видно из приведенных графиков на рисунке 3, тростник прекращает расти при минерализации грунтовых вод более 8...9 г/л. Тростник достаточно долгое время сохраняет генеративные способности при отсутствии затопления, но близком залегании грунтовых вод.

По данным наблюдений КазНИГМИ (Л.В.Лебедь) на Фурмановских разливах по срокам проведения опытов были восстановлены объемы попусков. По этим данным были получены зависимости урожайности от объемов попуска в контрольном створе (г/п Амангельды). Как видно из графиков приведенных ниже, область устойчивого функционирования экосистемы Фурмановской дельты (допускаемое снижение продуктивности до 30%, что лежит при попусках в пределах от 1,0 до 2,4 км³).

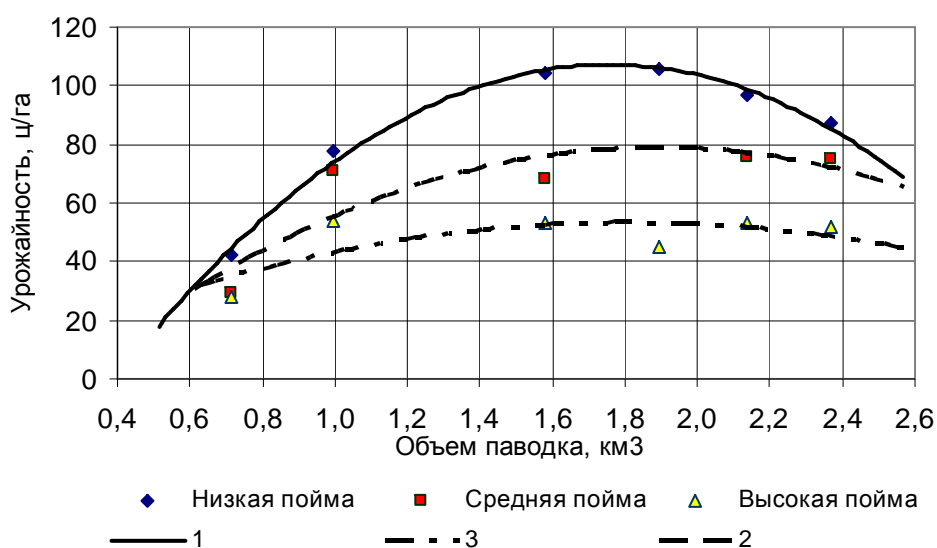


Рисунок 4 – Зависимость урожайности от объема паводка на Фурмановской дельте

Максимальная продуктивность низкой поймы (104–106 ц/га) разнотравно-тростникового сообщества отмечены при сроках спада паводковых вод в первой декаде мая (1966, 1968 гг.), и при объемах паводков 1,77 км³, что соответствует обеспеченности 60%. Снижение объема паводка до 1,0 км³ (95% обеспеченности) приводит к снижению продуктивности до 72 ц/га (72%) Дальнейшее сокращение объема паводка до 0,7 км³, ведет к резкому понижению продуктивности до 40–42 ц/га (39%), обеспеченность паводка соответствует 99,9% обеспеченности. Однако при этом практически вода не поступает в Камкалинскую дельту и ниже в Южно-Казахстанскую область, а общая площадь затопления составляет 1/3 площади затопления при паводке 50% обеспеченности.

В разделе 4 рассмотрено обеспечение устойчивости экосистем низовий Шу.

В настоящее время широко используется блочный метод формирования экологического стока. Как правило, весь годовой период стока разделяется на 4 – 5 блоков. Каждый из блоков имеет свое функциональное назначение. Например, период зимнего режима, период паводка, период спада паводка, межень, период ледостава. Каждый из этих блоков экологического стока решает определенные задачи, связанные с сохранением речной экосистемы. Например, обеспечения нормативного гидробиологического режима и нормативного кислородного режима в зимний период (р.Урал), поддержание видового биоразнообразия и воспроизводства флоры и фауны пойменных лугов (р. Иртыш, р. Шу).) и дельтовые участки (р. Или) в весенний период, ската молоди рыбы в реку после паводкового периода (р. Иртыш, р. Урал), промывки почв, обеспечение нормативного гидрохимического режима и др. В представленной работе рассматривается блок экологического стока связанного с весенними требованиями по затоплению поймы реки. Одним из индикаторов состояния экосистемы речных пойм, как признано многими исследователями, является биопродуктивность и флористический состав растительных сообществ. Биомасса растительного покрова является первичной продукцией фотосинтеза, и она определяет развитие и устойчивость всей экосистемы.

Для решения задачи установления гарантированного объема экологического попуска, необходимо установить зависимость биопродуктивности экосистем поймы от гидрологического режима реки. Биопродуктивность зависит, как уже отмечалось, от водообеспеченности, от сроков и продолжительности затопления. В свою очередь площади и продолжительность затопления, при попуске из водохранилища, определяется объемом попуска и графиком водоподдачи. В естественных условиях объемом паводка и его гидрографом.

П р а в и л о д е с я т и п р о ц е н т о в в природопользовании гласит: среднемаксимальный переход с одного трофического уровня экологической пирамиды на другой 10% (от 7% до 17%) энергии (или вещества в энергетическом выражении), как правило не ведет к неблагоприятным для экосистемы последствиям. Согласно опыту, в стационарных популяциях изъятие до 30% особей не ведет к выведению популяции из стационарного (вернее квазистационарного) состояния. Данное условие нами было принято как основной критерий допускаемого «ущемления» экосистем поймы.

Природно-экологические требования могут быть выделены в виде ограничений:

$$\alpha_1 \leq x_1 / x_{1\text{cp}} \leq 1, \quad (7 \text{ а})$$

$$\alpha_2 \leq x_2 / x_{2\text{cp}} \leq 1, \quad (7 \text{ б})$$

$$\alpha_3 \leq x_3 / x_{3\text{cp}} \leq 1, \quad (7 \text{ в})$$

где α_1 , α_2 , α_3 – допускаемое ущемление отдельных элементов природных комплексов по водоподаче; $x_{1\text{cp}}$, $x_{2\text{cp}}$, $x_{3\text{cp}}$ – показатели в годы средней водности.

Низовья р. Шу представляют линейную последовательную систему дельт, поэтому ограничение в водных ресурсах, прежде всего, отражается на последнем звене – разливы в Южно-Казахстанской области ниже створа п. Тас-

ты. Поэтому по этому звену был принято допустимое ограничение $\alpha_3=0,7$ по затопляемой площади т.е. минимальная площадь затопления $F_{3\ min} \geq 0,7 F_{cp}$. Другим критерием был принят минимальный объем водоподачи в ЮКО $W_3=200$ млн. м³, утвержденный правительственными органами в 90-х годах.

Для решения задачи установления гарантированного объема экологического попуска, решена задача по установлению зависимости биопродуктивности экосистем поймы от гидрологического режима реки, которая в свою очередь связана с определением площадей и слоя затопления.

Для определения распределения объема паводка по дельтам, площадей затопления отдельных пойм нами использованы данные, полученные при наблюдениях за попусками из Тасоткельского водохранилища и затоплением пойм в Мойынкумском, Сарыусском и Сузакском районах в период 1987...1993. Для получения зависимостей использовались стандартные программы Microsoft Excel 2003 (см. рисунок 6).

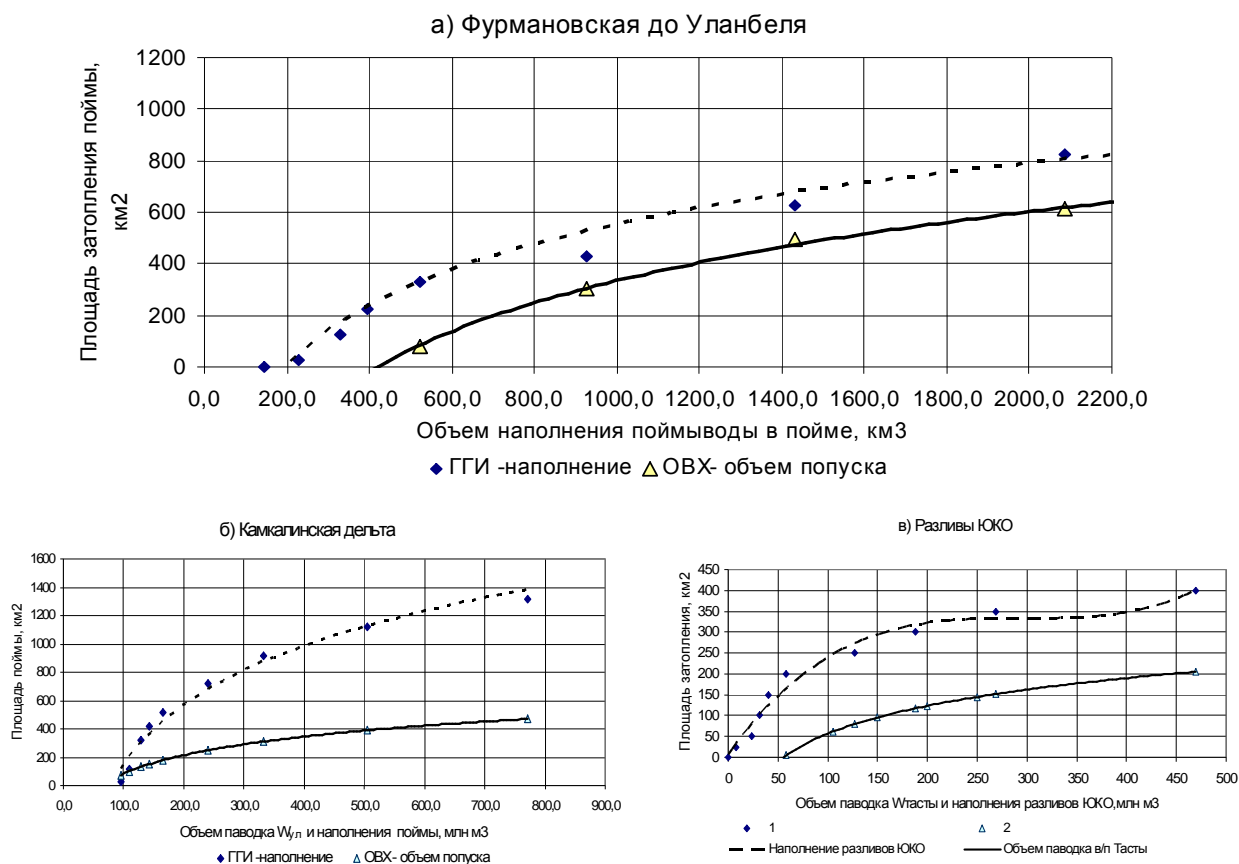


Рисунок 5 – Графики зависимости распределения объема попуска, площадей затопления и объемов наполнения дельт низовий р. Шу

На рисунке 6 приведены также кривые зависимостей наполнения дельт в зависимости от объема попуска в контрольном створе Фурмановский гидроузел (г/п Амангельды), по которому устанавливаем средний слой затопления. В результате моделирования экологических попусков в интервале 900 до 2600 млн. м³ установлено, что критериальные условия:

$$F_{3\ min} \geq 0,7 F_{cp} \text{ и } W_3=200 \text{ млн. м}^3 \quad (8)$$

выполняются при условии $W_{Аманг} = 1500$ млн. м³. Это значение принято как минимальный экологический попуск в годы малой водности (95% обеспеченности). Объем экологического попуска в годы средней водности (50% обеспеченности) составил 1900 млн. м³, который установлен по допустимой хозяйственной нагрузке на экосистемы при прогнозном поголовье в низовьях реки Шу (Мойынкумском, Сарысуском Сузакском районах) 2020 году – 1300 млн. условных голов.

Экономический эффект применения установленных экологических попусков определяется предотвращением ущерба и повышении доходов на 30% населения, проживающих в низовьях Шу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 С 90-ых годов прошлого века во всех странах мира ведутся исследования по водообеспечению водных и пресноводных экосистем, экосистем дельт, эстуариев. В ряде стран (Австралия, Южная Африка, Великобритания, США и др.) приняты законы, регламентирующие водопользование в бассейнах, имеющих значимые природные системы. В каждом конкретном случае руководствуются специальными исследованиями и соответствующими методическими подходами.

2 Разработан модифицированный разностно-интегральный метод анализа антропогенного воздействия на сток позволяет, при отсутствии статистических материалов по водозабору и возвратным водам в верховье (КР), по гидрологическому ряду наблюдений в замыкающем створе установить объемы безвозвратного изъятия в верховье.

3 Установлены объемы экологического попусков по году средней водности, методом водного баланса (2030 млн. м³), методом разностно-интегральных кривых (1778 млн. м³) методом моделирования (1900 млн. м³). Результаты сравнения показывают, что отклонения от метода моделирования (наиболее надежного) составляют: метод водного баланса - 6,8%, метод разностно-интегральных кривых - 6,4 %.

4 Получена зависимость продуктивности пойменных лугов от 3-х переменных: водообеспеченности (водопотребления), минерализации воды и периодичности затопления (3.4).

5 Получены зависимости для низовой реки Шу (Фурмановская, Уланбельская и Камкалинская дельты, разливы Южно-Казахстанской области) по распределению объемов попуска по дельтам, по площади и слою затопления, которые позволили разработать модель по определению продуктивности низовой р. Шу от объема и режим попусков.

6 В результате моделирования установлены площади затопления, водный баланс и распределение водных ресурсов по составляющим, включая транзитный сток в оз. Ащиколь, продуктивность, допускаемый валовой сбор сена при обеспечении устойчивости функционирования экосистем при попусках в интервале от 900 до 2600 млн. м³. Установлена область устойчивого хозяйственного использования экосистем низовой р. Шу при допускаемом сокращении площади затопления в последнем звене поймы (разливы ЮКО) до 30% и коэффициенте изъятия продукции 0,4. Установлены объемы экологических попусков в объемах: 1500 млн. м³ в год 95% обеспеченности и 1900 млн. м³, в годы средней водности.

Список опубликованных работ по теме диссертации

- 1 Вагапова А.Р. Оценка экологического состояния территории агротехнополиса // Проблемы стабилизации и развития сельского хозяйства Казахстана, Сибири и Монголии: Материалы международной конференции.– Алматы: РНИ «Бастау». – 2000.– Книга 2. – С. 237 – 238.
- 2 Вагапова А.Р. Оценка экологического состояния водных объектов в бассейне р. Шу по гидрохимическим показателям // Научные исследования в области мелиорации и водного хозяйства: Сборник научных трудов / КазНИИВХ.– Тараз: ИЦ «Аква». – 2000.– С. 225 – 227.
- 3 Вагапов Р.И., Вагапова А.Р., Попова И.А.Рекомендации по водообеспечению природных комплексов в низовьях реки Шу // Рекомендации / КазНИИВХ. – Тараз. – 2000.– 24 с.
- 4 Вагапов Р.И., Вагапова А.Р. Природо-хозяйственные попуски в низовья р.Шу // Научные исследования в мелиорации и водном хозяйстве / КазНИИВХ. – Тараз: ИЦ «Аква». – 2001.– Том 38. – В. 2 – С. 25 – 30.
- 5 Вагапова А.Р. Проблема водообеспечения низовий р.Шу // Водные ресурсы: потенциал, использование, технология и экология: II Центрально – Азиатская Международная Конференция, 3-5 апреля 2001. – Алматы: Intellservice, 2001. – С. 72 – 73.
- 6 Вагапова А.Р.Уровень сельскохозяйственного производства бассейна р.Шу // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – Алматы: РНИ «Бастау». – 2003. – N 1. – С. 45 – 46.
- 7 Вагапова А.Р.Оценка условий жизни населения в отдельных регионах, речных бассейнах // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – Алматы: РНИ «Бастау». – 2003. – N 11. – С. 8 – 11.
- 8 Вагапова А.Р.Водопотребление растительности поймы из грунтовых вод // Научные исследования в мелиорации и водном хозяйстве / КазНИИВХ.– Тараз: ИЦ «Аква». – 2004. – Том 41.– В. 2. – С. 176–180.
- 9 Вагапова А. Р., Ли М.А, Джабаев К.Е. Качественный анализ воды в бассейнах рек Шу, Аса, Талас // Научные исследования в мелиорации и водном хозяйстве / КазНИИВХ.- Тараз: ИЦ «Аква». – 2005. – Том 42.- В. 1.– С. 20 – 22.
- 10 Вагапова А.Р. О попусках в низовья р. Шу // Материалы международной конференции Проект развития ООН Современные проблемы Шу-Таласского бассейна. – Алматы. – 2006. – N 4. – С. 90 – 92.
- 11 Вагапова А.Р.Анализ водообеспеченности растительности поймы // Гидрометеорология и экология. – Алматы. – 2005.– N 4. – С. 61– 68.
- 12 Вагапова А.Р. Водный баланс попусков – основа экологического равновесия бассейна реки Шу. Новости науки Казахстана. – Алматы. – 2005. – Выпуск 1 (84). – С. 121 – 126.
- 13 Вагапова А.Р. Анализ моделей водообеспеченности растительности поймы // Международная научно - практическая конференция «Научное обеспечение, как фактор устойчивого развития водного хозяйства». – Тараз: ИЦ «Аква». – 2005г.– С. 130 – 134.

14 Вагапов Р.И., Вагапова А.Р. Методика оценки и назначения коэффициентов «ущемления» по использованию водных ресурсов в речном бассейне // Труды международной научно-практической конференции «Вода: Ресурсы, качество, мониторинг, использование и охрана вод» / КазНТУ им. К. И. Сатпаева.– Алматы. – 2008. – С. 316-319.

15 Вагапова А.Р. Роль водного фактора в биоразнообразии и продуктивности поймы реки Шу // Материалы III международной научно-практической конференции “Вода – источник жизни”.– Павлодар. – 2008. – С. 105–111.

16 Вагапова А.Р. Гидрологический режим и затопление поймы низовой реки Шу // Водные ресурсы. – Алматы: Intellservice. – 2010. – С. 20-24.

17 Вагапова А.Р. Оценка влияния орошения на речной сток (на примере р. Шу). Международная научно-практическая конференция «Эколого-эбалансоване управління меліорованими ландшафтами». – Херсон. – 2010.– С. 93-95.

18 Вагапова А.Р. Оценка допустимых объемов изъятия стока из рек аридной зоны Казахстана // Гидрометеорология и экология. – Алматы. – 2010. – № 2 – С. 48–54.

ТҰЖЫРЫМ

Вагапова Алина Равильқызы

Су факторының өзендер жайылмаларының экожүйесіне тигізетін әсері және бөгендерден экологиялық жіберілетін суды есептеу әдістемесін жасау

25.00.36. – Геоэкология мамандығы

Зерттеу нысаны. Шу өзенінің төменгі ағысының мысалында экологиялық жіберілетін сулар.

Жұмыстың мақсаты. Шу өзенінің мысалында Қазақстанның шөлдік аймағындағы өзендер жайылмасының табиғи жүйелерінің экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз ететін, экологиялық жіберілетін сулардың кепілді көлемдерін анықтау әдістемесін жасау.

Жұмысты жүргізу әдістері. Жұмыс, әртүрлі авторлардың Шу өзенінің төменгі ағысындағы жайылмалардың экожүйесінің құнарлығының танаптық зерттеулері мен ағынды бойынша гидрологиялық мәліметтерін талдау негізінде, белгілі арналық баланс әдістерінің, бу корреляциясын қолданған регрессиялық әдістердің, гидрологиялық және басқа да статистикалық мәліметтерді статистикалық және корреляциялық талдаудың көпшілікке танымал әдістері мен стандарттық бағдарламаларының негізінде орындалды.

Жұмыстың нәтижелері. Соңында орналасқан тұстамадағы гидрологиялық бақылау қатары бойынша өзендер ағындысының қайтарусыз алынуын бағалау үшін айырымды-интегралды әдісі жасалды.

Жайылма өсімдігінің биологиялық құнарлығы мен сумен қамтамасыздандыруының, кезең бойы сумен басылуының және ыза суларының минералдылығының арасындағы сандық байланысы анықталды.

Жайылмалардың сумен басылуының функционалды моделі жасалды: жіберілетін сулар көлемінің жүйелер бойынша (атыраулар бойынша) таралуы, олардың сумен басуының аудандары мен орташа тереңдіктері.

Өзеннің төменгі ағысындағы экологиялық жіберілетін суларды, ағындының ең төменгі есепті қамтамасыздығын анықтауда табиғи жүйенің соңғы тізбегіндегі сумен басылатын ауданның ең төменгі, мүмкін болатын мәнімен шектелетін мақсатты функциясы түрінде анықтау әдістемесі ұсынылды.

Жұмыс нәтижелерінің негізгі конструктивтік, технологиялық және техникалық-пайдалану сипаттамалары.

Шу өзенінің төменгі ағысындағы экологиялық жіберілетін сулардың қажетті көлемдері анықталды: жайылманың төменгі тізбегіндегі 70%-дан төмен болмайтын аудан сумен басылған кезде, қамтамасыздығы 95% болатын жылдар үшін 1500 млн.м³, ал шаруашылық жүктемесі мүмкін болатын мәндерде, жайылмалық экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз ететін жағдайда орташа сулы жылдар үшін 1900 млн.м³ болады.

Ендіру дәрежесі. Зерттеу нәтижелері Тасөткел бөгенінен Шу өзенінің төменгі ағысына табиғи-шаруашылық қажеттілігіне су жіберілген кезде қолданылды (12.05.2010 ж. ендіру туралы анықтама).

Ғылыми-зерттеу жұмыстарын ендіру нәтижелері. Тасөткел бөгенінен су жіберіліп отырды, 2009 ж. 1 қарашадан бастап, 2010 ж. 7 мамырына дейінгі су жіберілген кезеңдегі ағындының көлемі Фурмановкадағы гидроторапта тіркелді. Төменгі ағысқа берілген судың жалпы көлемі 1620 млн. м³ болды. Сәуір айының екінші декадасында Фурмановка гидроторабының тұстамасындағы су шығынының ең жоғарғы мәні 120 м³/с болды. Сумен барлығы 106,0 мың га жер басылып кетті, соның ішінде Мойынқұм ауданы бойынша 49,5 мың га, Сарысу ауданы бойынша 42,0 мың га, Созақ ауданы бойынша 14,5 мың га жерге су жайылды.

SUMMARY

Vagapova Alina Raviľ'evna

Influence of the water factor on ecosystem of the bottom land rivers and method development of calculation of ecological flow

25.00.36. – Geoecology

Object of researches. Ecological flow by the example of a lower reaches of the river Shu.

The purpose of work. Method development of calculation of guaranteed volumes ecological flow, natural systems of fluvial plains of a deserted zone of Kazakhstan providing ecological stability by the example of the river Shu.

Methods of carrying out of work. Work is executed on the basis of the analysis of the hydrological data on a river flow and field researches of efficiency ecosystem bottom-land the lower reaches of the river Shu executed by various authors, known methods of channel balance, regression methods with use of the pair correlation, the conventional methods and standard programs of the statistical and correlation analysis of hydrological and other statistical data.

Results of work. The subtractive – integral method for an estimation of irrevocable withdrawal of a drain of the rivers on a hydrological line of supervision in closing (gauging) section is developed.

Quantitative communication (connection) of biological efficiency bottom-land vegetation from level of supply, periodicity of flooding and a mineralization of ground water is established.

The functional model of flooding bottom–land is developed: distributions of volumes environmental flow on subsystems, the areas and average depths of their flooding.

Method development of calculation of ecological flow in a lower reaches of the river in the form of criterion function with restriction of allowable critically minimal area of flooding in last part of natural system is offered at an establishment of the minimal settlement security of a drain.

The basic constructive, technological characteristics of results of work.

Required volumes ecological flow for a lower reaches of the river Shu are established: within 95% of security – 1500 million m³, from conditions of flooding not less than 70% of the area of the bottom-land link and 1900 million m³ within average water content from a condition of maintenance of stability inundated ecosystem at their allowable economic loading.

Degree of introduction. Results of researches were applied at realization of natural economic flow from Tasotkel reservoir in a lower reaches of the river Shu (the information from introduction from 12.05.2010).

Results of introduction. The ecological flow was carried out from Tasotkel reservoir, the control of volume of a drain was fixed on Furmanov waterworks facility during the period of ecological flow from November 1 till May 7 2010. In total it

is sent to a lower reaches 1620 million m³ waters. The maximal charge in section line of Furmanov waterworks facility in the second decade of April has made 120 m³. In total it has been flooded with 106 thousand ha, including on area Mojynkum – 49.5 thousand ha, on Sarysum – 42.0 thousand ha, on area Suzak – 14.5 thousand ha.

Scope. Results of researches can be applied on Shu Talas basin inspection on regulation of use and protection of water resources.

Economic efficiency. The proved volume guaranteed ecological flow in shallow years of 95 % of security (provision) against authorized by the State committee of water resources PK in 1988 of a limit 1023 million m³ allows to carry out transit in 200 million m³ and to satisfy social – ecological needs(requirements) of the population of Suzak area provides increase of feed supply of bottom-land in shallow years in 2 times and to increase profit of a ancillary farm of the population of a lower reaches river Shu on 30–35 %.

The assumption of development of researches object. To use suggested methods of an establishment ecological flow by development of complex circuits of using and protection of water resources in other river pools of Republic Kazakhstan.

**Подписано в печать 17.09.2010 г.
Формат 60x84 1/16.
Объем 1 п.л. Бумага типографская. Заказ 5.
Тираж 100 экз. Цена договорная**

**«КазНИИ водного хозяйства»
08003, г. Тараз, ул. К. Койгельды, 12**