

Проект «НАУКА ДЛЯ МИРА»

ЮЖНОЕ ПРИАРАЛЬЕ – НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

под редакцией проф. В.А. Духовного и инж. Ю. де Шуттера



Ecotec Resource



НИЦ МКВК

Ташкент - 2003

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ... 5
I. АРАЛ И ПРИАРАЛЬЕ ... 8
II. ДЕГРАДАЦИЯ МОРЯ И ПРИАРАЛЬЯ ... 17
III. ГИДРОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЯ ДЕЛЬТЫ ... 22
IV. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ВЫБОРУ ВАРИАНТОВ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ ... 29
V. ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ... 41
VI. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ... 50
VII. ГИС ... 60
VIII. СУДОЧЬЕ – ПИОНЕРНЫЙ ОБЪЕКТ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ ... 72
IX. НАТУРНЫЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ ... 79
9.1. Караджарские озера ... 81
9.2. Ветланд Судочье ... 82
9.3. Муйнакский залив ... 84
9.4. Рыбачий залив ... 85
9.5. Озеро Макпалколь ... 86
9.6. Междуреченское водохранилище ... 86
9.7. Жылтырбаский залив ... 87
9.8. Коллектор КС-3 ... 88
9.9. Коллектор КС-1 ... 89
9.10. Оценка экологического состояния ... 89
9.11. Классификация ветландов ... 91
9.12. Экологические требования основных биоресурсов ... 92
9.13. Требования к экологическим условиям ветландов ... 93
9.14. Экологическое значение ветландов ... 95
X. ВАРИАНТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ИХ ОЦЕНКА ... 96
10.1. Введение ... 96
10.2. Первый этап работ ... 96
10.3. Заключительный этап работ ... 100
XI. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ... 107
11.1. Характеристики объектов моделирования ... 107
11.2. Определение оптимальной отметки в Междуреченском водохранилище и параметров выпускных сооружений ... 108
11.3. Возможность перехвата максимальных расходов ... 112

XII. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДЕЛЬТОВОГО КОМПЛЕКСА И ЕГО МОДЕЛИРОВАНИЕ 118

12.1. Математическая основа управления – теоретические положения..... 119

12.2. Построение СПР (DSS) для эксплуатации водоемов 123

12.3. Организация основы управления ветландами 141

XIII. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ..... 144

ПОСЛЕСЛОВИЕ: РЕШЕНИЯ ДЛЯ АРАЛЬСКОГО МОРЯ: ТЕХНИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ 150

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... 153

ВВЕДЕНИЕ

Трагедия исчезновения Аральского моря – один из самых убедительных и жизненных аргументов против несбалансированных и не рассчитанных на устойчивость действий, совершенных человеческим родом, которых было так много в течение и созидательной, и одновременно разрушительной второй половины XX столетия. За этот полувековой период человечество не только достигло беспримерных рубежей в техническом развитии, но также и нанесло ущерба природе больше, чем когда-либо ни было. Это хищническое насилие над планетой было вызвано стремительной технологической революцией, которая в свое время была провозглашена поворотным пунктом в истории человечества. Это продолжалось до тех пор, пока лучшие умы не обнаружили, что за ее фасадом скрываются очень тяжелые последствия.

Это честолюбивое стремление человечества вызвало почти все глобальные климатические, гидрологические и геологические изменения (и не только в бывших социалистических странах), которые проявились в тепличном эффекте, потере рек, озер и вводно-болотных угодий, в широком распространении опустынивания. Безудержное стремление людей якобы к своему благополучию, а фактически, в основном, к увеличению состояния, господству и владению собственностью, в конце концов, сменилось пониманием того, что все в этом мире взаимозависимо и имеет свои последствия, которые проявляют себя как нарушения в естественных процессах и изменения в беспрецедентно крупных масштабах. Некоторые страны Запада уже в 70х-80х годах осознали необходимость «уважать природу и отдавать ей долги», СССР в эти годы лишь начинал задумываться над экологическими проблемами и пришел к прозрению лишь на грани своего развала.

Сегодня должны получить признательность и уважение народы и правительства таких стран, как Канада, Голландия, Швейцария и Япония, которые дают всему человечеству пример, как нужно восстанавливать свои отношения с природой. Это видно из того, как сочетается урбанизация с охраной фауны, флоры и ландшафтов на основе гармонизации таких конфликтующих интересов, как экономическое развитие, демографический рост, и даже наращивается природный потенциал в этом процессе. Осознание партнерства человека с природой, основанного на глубоком уважении к ней и гордости за природные богатства, прививается с детства и выводится из постижения его сущности.

Авторам этой монографии удалось ознакомиться с замечательным и по-настоящему заботливым отношением, которое вдохновляет французских, швейцарских и голландских специалистов, управляющих и представителей общественных организаций в их борьбе за предоставление природе ее прав в гармоничном сочетании с нуждами развития. Возрождение ветландов Роны на побережье Средиземного моря, восстановление поголовья лосося, как результат мероприятий по очистке Рейна, наличие огромного количества польдеров, их прекрасное величие в сочетании с природными охраняемыми территориями в Голландии, охраняемые ландшафты Швейцарии в окрестностях Цюриха и Люцерна – это всего лишь несколько воодушевляющих примеров, которым все мы должны следовать.

Усыхание Аральского моря, бывшего огромным водоемом с водой хорошего качества, достигло такой степени, когда широко распространившаяся деградация природы внутри зоны высыхания (ниже 53 м), а также за ее пределами привела к ситуации, при которой регион сейчас характеризуется как территория стихийного бедствия. Море, служившее источником существования богатой флоры и фауны и природным регулятором для прилегающей орошаемой территории, приходит в такой упадок, при котором образуется зона опустынивания, расположенная между пустынями Кызылкумы, Каракум и Устюрт. На бывшем дне моря появились обширные солончаки, сильно засоленные земли, очаги солее-пыле выноса.

В прибрежной зоне (выше 53 м) полностью разрушилась формировавшаяся на протяжении многих веков экосистема дельты и прибрежной полосы, высохли озера, повысилась минерализация воды, на месте высохших болот появились солончаки, значительно сократилась добыча рыбы и пушного зверя, исчезли перелетные птицы, идут на убыль флора и фауна, претерпел изменения местный климат.

Пять независимых государств – Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан – расположенные в бассейне Аральского моря, правильно оценили необходимость серьезно заняться проблемой Арала и Приаралья (высохшая прибрежная зона). Главы государств утвердили «Концепцию», в которой должным образом излагается предложение создать в Приаралье новый устойчивый антропогенно-природный комплекс, предназначенный для восстановления продуктивности территории на максимально возможном прежнем уровне. Однако, по причине экономического и социального упадка реализация этих планов все еще сталкивается со сдерживающими факторами.

Сложившаяся экологическая ситуация тревожит людей, проживающих как в бассейне Аральского моря, так и за его пределами. В результате появилось много проектов и проектных предложений, которые пытаются в той или иной степени решить следующие вопросы:

- защитить население от воздействия опустынивания;
- создать или восстановить максимально возможное биологическое разнообразие флоры и фауны;
- создать рабочие места для местного населения путем восстановления рыбоводства, ондатроводства, пастбищного скотоводства, перерабатывающих отраслей и т.д.;
- создать местному населению соответствующие социально-экономические условия необходимые для повышения уровня жизни путем внедрения новых требований к управлению водными и земельными ресурсами;
- предотвратить дальнейшее ухудшение качества окружающей среды и восстановить экологическое равновесие в Приаралье.

В прежней ситуации решение этих проблем осуществлялось через гидрологический режим рек Амударья и Сырдарья. Социально-экономическая деятельность вблизи моря и в дельтах была тесно привязана к режиму этих зон и не вторгалась в природные условия. При нынешнем положении необходимо вернуться к прежней ситуации в максимально возможной степени и обратить вспять развивающиеся негативные тенденции. Многие донорские организации пытались оказать помощь «эпицентру бедствия», но не было сделано попыток для того, чтобы решить эту проблему с использованием интегрированного подхода. И попытки в этом направлении были предприняты через возможности Международного Фонда спасения Арала (МФСА) и агентства ГЭФ, которые инициировали проект проведения работ по восстановлению водно-болотных угодий (проект Судочье) и на некоторых малых водоемах.

Неоценимая помощь в этом отношении оказана также Научным Советом НАТО, который согласился выделить ресурсы Программы «Наука для мира» на исследования и разработку проекта природоохранного водного комплекса Южного Приаралья. Проект был осуществлен ассоциацией коллективов в составе компании Экотек Ресурс (бывшая Ресурс Анализ) и НИЦ МКВК совместно с ВЭП САНИИРИ, Эко Приаралье (неправительственная организация в Каракалпакстане) и Аралконсалт. Проект получил поддержку Министерства сельского и водного хозяйства Узбекистана (А.А. Джалалов, М. Мирхаджиев), Правительства Каракалпакстана (Т. Камалов, А.К. Таджиев, Б. Бектурдыев) и других правительственных ведомств и общественных организаций.

Научное руководство обеспечивали инж. Ю. де Шуттер (Экотек Ресурс) и профессор В.А. Духовный (НИЦ МКВК) при консультациях с проф. П. Шевалье (Франция).

Работа по проекту была начата в соответствии с решением НАТО от 29 мая 2000 г., по которому был выделен грант SFP 974357 на выполнение проекта под названием "Интегрированное управление водными ресурсами в бассейне Аральского моря с целью восполнения водных поверхностей Южного Приаралья".

Выполнение работ осуществлялось по согласованному графику в течение 2000-2002 гг. с их завершением в июне 2003 года. Большая помощь в осуществлении работ была оказана руководством программы «НАТО – Наука для мира» помощником Генерального секретаря НАТО г-ном И. Силардом, руководителем программы г-ном К. де Виспелаере, г-жой С. Михаелис и их штатом, без которых осуществление этого проекта было бы невозможно.

Данная работа является результатом труда коллектива ведущих сотрудников НИЦ МКВК, ВЭП САНИИРИ, "Эко Приаралья" и "Аралконсалта", включая проф. В.А. Духовного,

А.И. Тучина, акад. Б. Ташмухамедова, д.т.н. Е. Курбанбаева, к.б.н. К.В. Громыко, А.Г. Сорокина, О.Г. Кобылина, Е.М. Рощенко и Р.И. Кадыровой. Активное участие в проекте принимали молодые специалисты Д. Сорокин, Е. Коршак, А. Белоглазов и целый ряд других специалистов, временно привлекавшихся к работам по проекту.

Авторы выражают благодарность большому количеству единомышленников, которые участвовали прямо и косвенно в этой работе и помогали ее развитию: Т.К. Камалову, Р.А. Гиниятуллину, А.А. Джалалову, А.С. Нисневичу, У.А. Аширбекову, О. Карымсакову, П.Д. Умарову, А.М. Шапиро и многим другим, оказавшим большое влияние на качество ее результатов.

Юп Л.Г. де Шуттер Виктор А. Духовный

Ташкент, август 2003 г.

I. АРАЛ И ПРИАРАЛЬЕ

История Аральского моря противоречива и неясна, несмотря на то, что исследованию его посвящены многие фолианты, начиная с начала прошлого тысячелетия, а со второй половины XIX века Арал стал объектом многочисленных экспедиций и работ Российского географического общества и различных научных организаций Российского государства. Результаты этих работ были обобщены в 1908 г. Л. Бергом в его известном труде "Очерк истории исследований Аральского моря", где он констатирует, что ни у одного из греческих и римских авторов не было прямого или косвенного упоминания об Аральском море, но многие из них говорят об Оксе (Амударье) и Аксарте (Сырдарье), не ясно куда впадавших. По свидетельствам известного хорезмского ученого Аль Беруни, умершего в 1048г., хорезмийцы ведущие свое летоисчисление от 1292 г. до Рождества Христова свидетельствуют о существовании Аральского моря. Такую же ссылку Берг делает на священную книгу Авесты, где есть указание, что река Вахш или нынешняя Амударья впадает в озеро Варахша, под которым некоторые подразумевают Аральское море. Первые более или не менее достоверные источники о существовании Аральского моря принадлежат к арабским письменам, запечатлевшим свидетельства завоевателей Хорезма в 712 г. Эти данные подробно описаны В.В.Бартольдом, из чего явствует, что уже в 800-х годах Аральское море существовало, и оно располагалось недалеко от Хорезма, т.к. описание его вполне совпадает с характером восточного берега Аральского моря. Другие свидетельства принадлежат Массуди ибн Нурусти, Аль Балхи и целому ряду других арабских писателей и исследователей-географов.

Геологические изыскания, которые были проведены в конце XIX и в начале XX века (А.М. Коншин, П.М. Лессор, В. Обручев), сводились к тому, что в *постплеоценовую эпоху* часть пустыни Каракум между чинком Устюрта на севере, устьями Мургаба и Теджена на юге, на западе подошвы Копетдага была затоплена Большим Аралом. Восточная половина соединненого Арало-Каспийского моря имела, по их мнению, в качестве границы бывшего Каракумского залива чинк береговой линии Унгузов. Это объединенное море покрывало широкую полосу современного Прикаспия вплоть до подошвы западных отрогов Копетдага и соединялось с Каракумским и Чильметкумским заливами по двум проливам – Большому и малому Балхскому. Аральская часть заливала в этот же период всю Сарыкамышскую котловину и образовывала до Питняка залив, занятый ныне современной дельтой Амударьи и Хивинским оазисом (кстати, это и объясняет шоровые отложения у Питняка). Узбой был проливом, соединявшим обе эти акватории, но, очевидно, нынешний его вид с большими уклонами формировался по мере отчленения Каспия от Арала и увеличения разницы отметок между ними. В течение последующего геологического периода до наших дней происходило расчленение объединенного Арало-Каспийского бассейна на его составные части и его постепенное сокращение до нынешних пределов. Сначала появился водораздел между Арало-Сарыкамышом и Каспием у Балла Ишема на Устюрте, затем постепенно обозначилось русло Узбоя. Последовательность усыхания подтверждается примерами переходных отложений от свежих кладбищ каспийских моллюсков (вдоль Узбоя, в песках Чильметкула, вдоль юго-восточного побережья Каспия), покрытых голыми незакрепленными песками со слабой и юной растительностью, до древних образований в центральных Каракумах, трансформировавшихся в шоры, такыры, уплотненные песчаные бугры, закрепленные древесной растительностью. Шоры, как наиболее пониженные точки морского дна, подпитываемые напорными горько-солеными растворами, сохранили облик древних береговых озер.

Все исследователи и историки с древних времен описывают трансформацию Аральского моря и Каспия в зависимости от водности рек их совместного бассейна и развития орошения. Они констатируют факт окончательного усыхания Сарыкамыша с конца XVI века, когда Амударья более не прорывалась в Сарыкамыш по Куня - Дарье и Даудану и далее по Узбою. Узбой от Каспия до водораздела Баллы Итем имеет подъем 40 метров на длине более 200 км. По мнению Обручева существование Сарыкамыша имело место с VII века до Р.Х до XVI века. Дженкинсон в 1559 г. по дороге в Хиву отмечал наличие Сарыкамыша, которое он принял за

впадение Оксуса в Каспий. Он же опирается на аналогичные свидетельства Абдулгази-хана, Гамдудлы и других хорезмских летописцев.

Арало-Каспийская низменность запечатлена более чем на десятке карт, тщательно проанализированных Рене Леталем и Моникой Маингло в их прекрасной монографии "Арал – Aral" (Springler – Verlag France, Paris, 1993). Начиная от "Географии" Птоломея (II век до Р.Х.), в которой имеется Каспий во всем его величии, но нет никакого упоминания об Арале (рис. 1-1), через схему Аль Идриси (1132 г.) (рис. 1-2), – где Арал есть через "Каталонский Атлас" (1352 г.) (рис. 1-3) до карты Бутакова, где Арал показан уже в знакомом нам виде (рис. 1-4) – прослеживается вся миграционная динамика Аральского моря в человеческом восприятии.

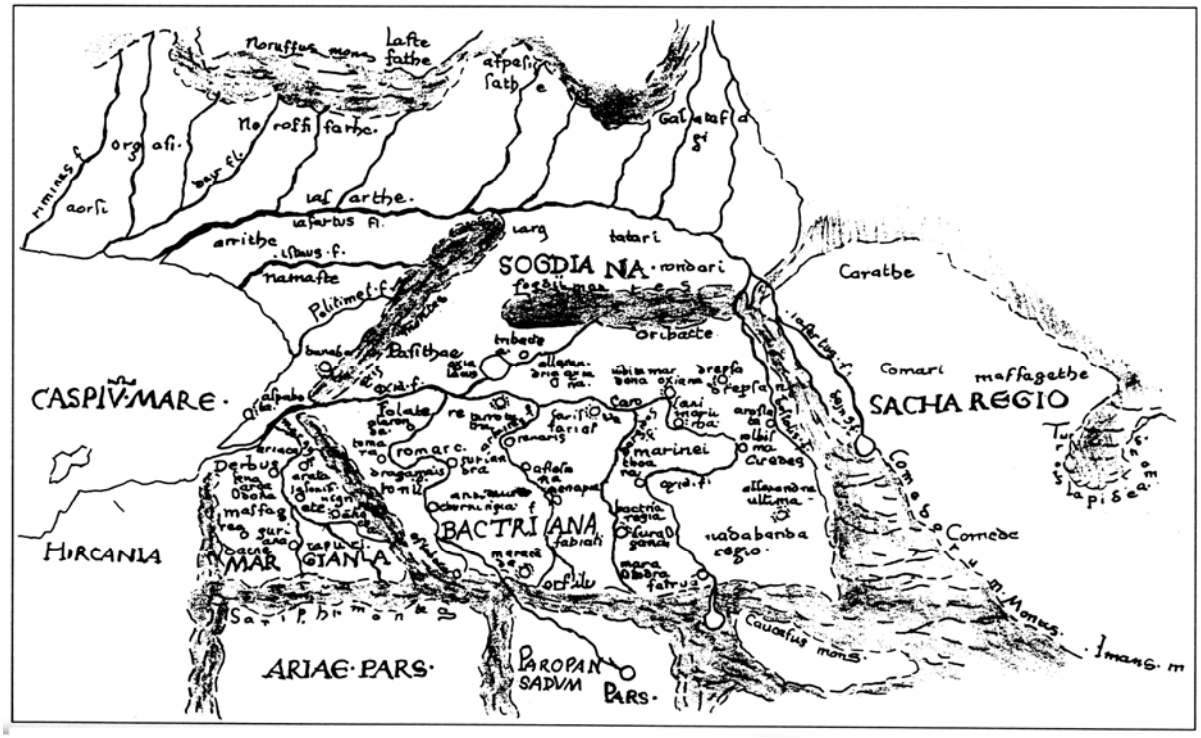


Рис. 1-1. Карта из "Географии" Птолемея

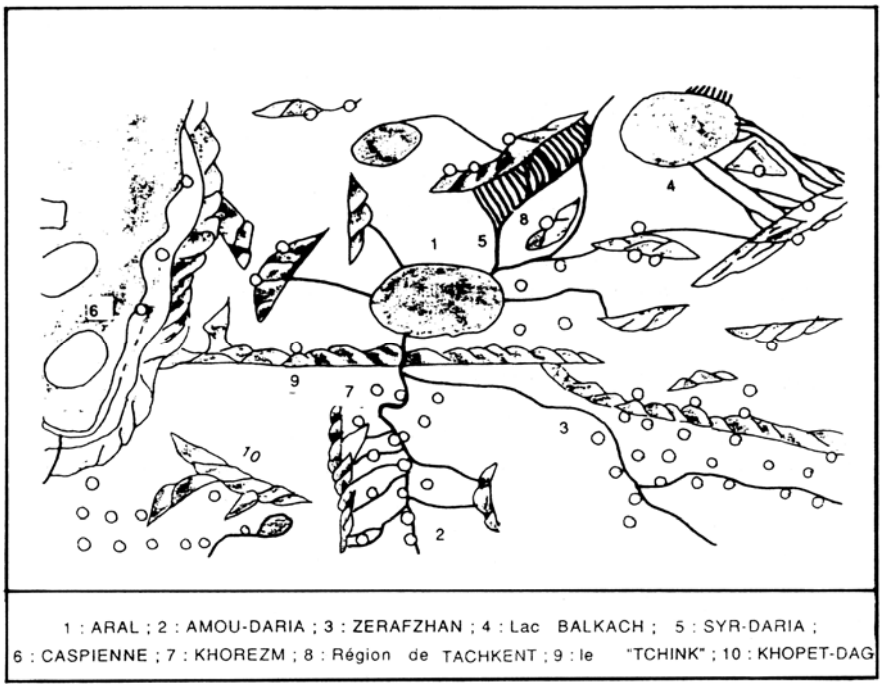


Рис. 1-2. Схема Аль Идриси

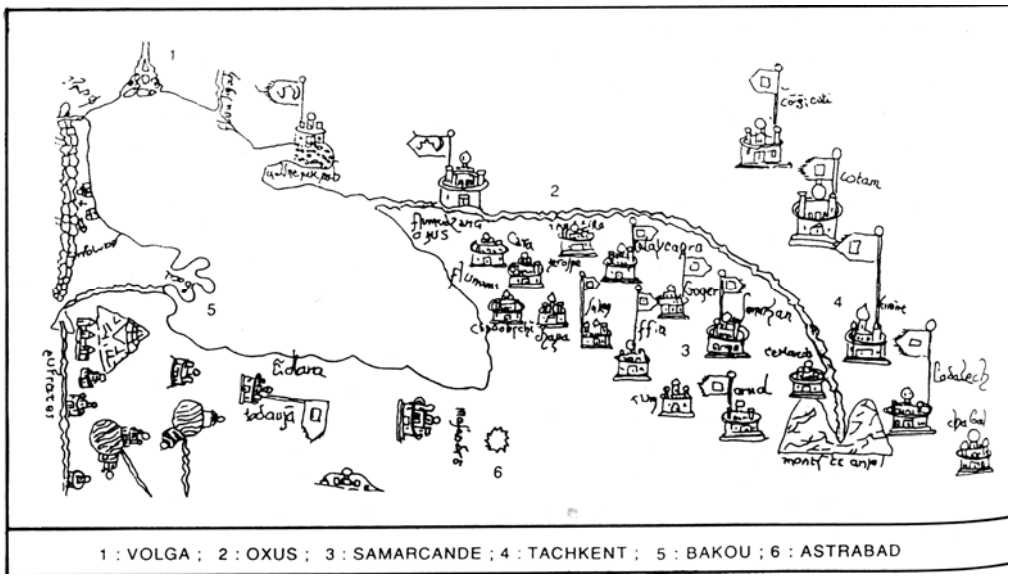


Рис. 1-3. Схема из Каталонского атласа



Рис. 1-4. Карта Бутакова

Ниже приводится таблица 1-1, просчитанная нами на основе многочисленных исторических источников древних времен и последних статей и показывающая предполагаемое взаимодействие рек, Арала и Узбоя.

Таблица 1-1. Исторические источники водной системы Центральной Азии

Время	Источник	Условия Арала	Условия Узбоя	Уровень Каспия по отношению к уровню 1990 г., м	Примечание
XV в. до н.э.	Авеста Риг Веда	сухой			болотистая местность
V в. до н.э.	Геродот	существует	Узбой = Аму		
III до н.э.	Патрокль	заполнен водой	сухой		Аму и Сыр втекают в Арал
I до н.э.	Страбон	впадает Аму и Сыр, но последний не полностью	Аму	+ 25	
891 н.э.	Аль Балхи	существует	вдоль Узбоя в Каспий	+ 9,28	
X	Идриси	существует		- 4,2	
1211	Дживени Мурханд	почти сухой	работает		отпрыски Чингиз Хана отправили Аму из Хивы
1320	Марино Сануто	средний уровень	Потоки Узбоя идут из Сарыкамыша, куда впадает Аму		малый Арал идентичен небольшому озеру (Сарыкамыщ)
1375	Каталония	существует	работает	+ 5,64	потоки Сыр впадают в Арал и Аму впадает в Сарыкамыш
	Сануто	существует	работает		
1400	Мераши	низкий уровень			
1575	Абул Гази	высокий уровень	сухой		
1638	Олирей	низкий уровень	работает	+ 5,34	потоки Аму и Сыр впадают в Арал
1680	Абдул Гази Багадур	существует			потоки Аму впадают в Каспий с 1220 и в конце концов разъединены в 1575
1734	Кирилов	не указано	чередуется	+ 4,03	
1826	Колодкин	высокий уровень	не показано	+ 3,12	
1858	Иваничев	высокий уровень	засохший	+ 0,99	

Большинство исследователей (Б.В.Андрианов, А.С.Кесь, П.В.Федоров, В.А.Федорович, Е.Г.Маев, И.В.Рубанов, А.Л.Яншин и др.) на основе геологических и исторических изысканий пришли почти к единому выводу, хорошо сформулированному Н.В.Аладиным: "в преисторические времена изменения уровня и солености Арала имели место вследствие изменения естественного климата". В течение влажной климатической фазы Сырдарья и Амударья были многоводны, и озеро достигало максимального уровня 72-73 м.

В противовес этому в фазы засушливого климата обе реки становились маловодными, уровень Арала тоже падал и росла степень засоления Приаралья. В историческое время с момента существования древнего Хорезма изменения уровня зависели, в некоторой степени, от изменения климата, но в основном от ирригационной деятельности в регионе по обеим рекам. В периоды интенсивного развития прилежащих к Аралу стран увеличение орошения земель приводило к изъятию большей части воды для этой цели, и уровень воды в Арале незамедлительно снижался. В течение неблагоприятных периодов в регионе (войны, революции и т.д.) орошаемые земли сокращались, и реки и Арал опять наполнялись водой.

Геологические и гидрологические изыскания, проведенные А.С. Кесь и целым рядом выдающихся географов в 80-х годах прошлого столетия показали, что Амударья и Сырдарья, постоянно меняя свои трассы и мигрируя по системе Средней Азии в исторический период часто не достигали Аральского моря, Аральское море высыхало, а на его территории образовывалось пустынная местность. При этом во время усыхания моря минерализация воды резко поднималась и способствовала выпадению солей, которые были обнаружены геологами на дне Аральского моря. Особенно поражают крупные слои садки мирабилита. Миграция дельт как Амударьи, так и Сырдарьи создали очень своеобразную территорию низовьев, в которой депрессии, заполненные болотными отложениями, перемежаются значительным количеством пустынных, мелкопылеватых, супесчаных отложений, которые создали дельту и большую часть самого русла и протоков Амударьи. С другой стороны, как свидетельствуют исследования зоологов, в частности Полищука, Аладина из Зоологического Института АН СССР в 1990 г., само Аральское море отличается очень бедной исходной фауной, здесь отсутствуют очень многие группы животных, которые развиты в близком по происхождению Каспийском море. В то же время, в Арале встречаются самобытные виды, и все это свидетельствует о том, что осолонение, которое периодически происходило с Аральским море, нашло свое отражение в этих огромных трансформациях.

Проведенный зоологами анализ показал, что в Арале сохранилось, в основном, небольшое количество морских океанических видов, а огромный комплекс солоновато-водных группировок, вплоть до каспийско-лиманной фауны, здесь был уничтожен. Все впадающие в Арал реки не сохранили морских типов рыбы или, хотя бы, какого-то остатка этой фауны. Это свидетельствует о том, что воды Амударьи и других рек теми или иными способами проникали как в Аральскую впадину так и через долину нижнего Узбоя и попадали в Каспийское море. В то же время следует отметить очень развитые дельты как Сырдарьи, так и Амударьи, которые насчитывали достаточно значительные площади. По данным Н.М. Новиковой, во время стабильного притока в дельту Амудирьи порядка 41 куб. км воды общая площадь затопленных паводками земель превышала 3800 кв. км, площадь озер составляла 820 кв. км. Значительное развитие получила и дельта Сырдарьи. В то же время, в здешних дельтах был широко распространен интенсивный растительный фон. Периодически затопляемые дельты характеризовались огромными площадями плодоносящих тростников, тугаев, сенокосов и пастбищ. В частности до 1970 г. площадь тростниковых зарослей составляла до 700 тыс. га, тугаев - 1,3 млн. га, сенокосов - 420 тыс. га, пастбищ - 728 тыс. га только в дельте Амударьи. Соответствующие площади были заняты дельтовой и другой растительностью и в дельте Сырдарьи.

Другую картину дает А.С. Кесь. Соглашаясь с несколькими периодами обводнения Аральской впадины с позднего плиоцена сначала водами акчагыльского, а затем апшеронского моря, она не считает доказанным существование единого Арало-Каспийского моря и настаивает на отсутствии соединения Арала и Каспия, хотя и поддерживает мнение, что наивысшие отметки раннеапшеронского озера относятся к 80-м, к концу апшерона снижаясь до нуля. Акчагыльский период ознаменовался, по ее мнению, частичным существованием Аральского моря ниже современного (около или ниже отметок 40 м).

В неолите Амударья, заполнив Хорезмскую впадину аллювием, прорвалась в Сарыкамыш и создала здесь и в Ассаке – Аудане обширное озеро, из которого вода в объеме приблизительно 20 % ее стока (это она определила гидравлическими параметрами Узбоя) стекала через Узбой в Каспийское море. Этот сток длился в течение III - IV тысячелетия до н.э. и периодически во втором – начале первого тысячелетия до н.э. Сырдарья в это время впадала в Аральское море. Хотя А.Л. Яншин доказывал наличие в этот период трансгрессии, но

последующие исследования Кирюхина Л.Г., Кравчук и Федорова П.В. (1966г.) отвергли это также как и более поздние исследования Е.Г.Маева, Ю.А.Корничева (1999г.), а до этого И.В. Рубанова (1982г.).

Более или менее ясно теперь, что Арал претерпел пять или семь (по данным последних радиоуглеродных исследований донных отложений) трансгрессий, наиболее мощным из которых принадлежат наиболее высокие террассы (↓72 …↓73), очевидно, относящиеся к раннему плиоцену (А.В. Шитиков) или к акчагылу (рис. 1-5).

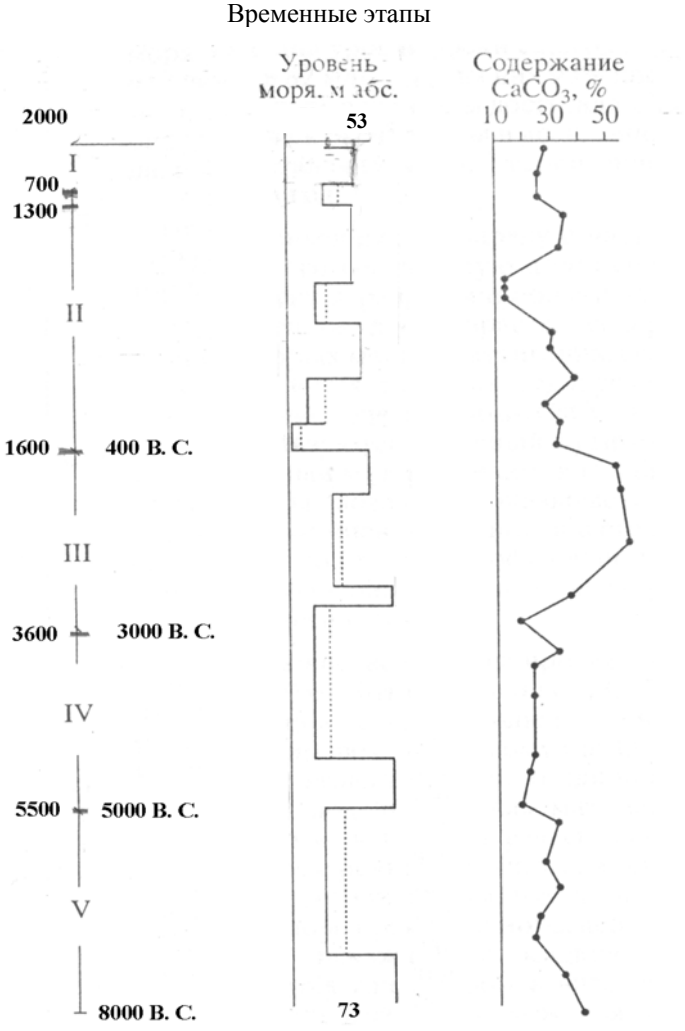


Рис. 1-5

Не ясен источник такого высокого обводнения – это или результаты таяния северных ледовых масс, как предполагает в своей работе "Закономерности соленакопления в Арало-Каспийской низменности" АН СССР, 1956, В.А.Ковда и В.В.Егоров, или поступление вод Праамударьи, о которой упоминается в Авесте (предположительно, это река, объединившая воды всех прапритоков Амударьи, включая не только Зеравшан, Теджен, Мургаб, но и Сырдарью и Чу до перекрытия Буамского перешейка.

Здесь интересны проверенные А.С. Кесь результаты исследований П.И. Чалова и др. (1966 г.). Первый этап обводнения Аральской впадины наступил в позднем плиоцене. В это время западные равнины Средней Азии были затоплены водами обширного акчагыльского, а затем апшеронского моря. Восточная граница их не установлена, но фауна, террасы и береговые валы этого возраста встречены в Сарыкамыше и Ассаке – Аудане, на Арале и в некоторых впадинах Кызылкумов.

Современный период обводнения Арала начался в 1 тысячелетии до н.э., когда Амударья, образовав Присарыкамышскую и Акчадарьинскую дельты, продвигалась в Аральскую впадину и вместе с Сырдарьей, которая текла тогда через Жандарью и Кувандарью, стали наполнять ее и образовали современное море.

В начале 19 века уровень Арала стоял низко. В 1845 и после 1860-х годов отмечены некоторые повышения уровня. В начале 80-х годов уровень стал особенно низок, в связи с чем исследователи тех времен пришли к выводу о прогрессивном уменьшении воды в Средней Азии.

Однако в 80-х годах началось повышение уровня Арала, сначала – довольно медленное, а затем более быстрое. Так продолжалось до 1906 г.; 1907 год характеризуется остановкой, 1908 г. – повышением, 1909 г. – понижением. Повышение снова отмечено в 1910, 1911, 1912 гг., а затем до 1917 г. уровень менялся мало. Понижение началось после 1917 г., известного своей засушливостью в Средней Азии. К 1921 г. уровень Арала понизился на 1,3 метра по сравнению с 1915 г. Но наблюдения в 1924 г. дали новое повышение (немногим меньше 1/2 метра).

Амплитуда колебаний в течение полустолетия конца XIX и начала XX века была не более трех метров.

Естественные водные ресурсы Амударьи (без бессточных областей Теджена, Мургаба и др.) составляют в зоне формирования стока ≈ 75 км^3/год и Сырдарьи ≈ 37 км^3/год (в сумме ≈ 112 км^3/год). Колебания годовых величин естественных водных ресурсов Амударьи и Сырдарьи довольно существенны (коэффициенты вариации C_v соответственно 0,15 и 0,21) и характеризуются значительной синхронностью (коэффициент корреляции 0,83), что затрудняет обеспечение водой основных потребителей речного стока в маловодные годы.

Бассейны Амударьи и Сырдарьи – районы древнего орошения, которые изменяют естественный сток этих рек в течение длительного времени. До начала 50-х годов объемы безвозвратных изъятий стока колебались незначительно как по отдельным речным бассейнам, так и по бассейну моря в целом и достигали 29-33 км^3/год. Увеличение водозаборов из рек в 50–е годы до 35-42 км^3/год, обусловленное расширением площадей орошаемого земледелия и водохозяйственными мероприятиями (строительство водохранилищ на Сырдарье, подача вод Амударьи в Каракумский канал), компенсировалось некоторым уменьшением русловых потерь стока, а также естественной многоводностью этого десятилетия (суммарные естественные водные ресурсы были примерно на 9% выше нормы). В результате до начала 60-х годов приток речных вод к морю и его режим сохранялись относительно стабильными.

Период времени от начала проведения систематических инструментальных наблюдений за уровнем и другими характеристиками режима моря (1911 г.) до 60-х годов может быть определен как условно-естественный. Примерное равенство приходных и расходных составляющих водного баланса моря (табл. 1-2) определяло незначительные колебания уровня около отметки 53 м. абс., которая и принималась за средний многолетний уровень. Средняя площадь водного зеркала при отметке 53 м. абс. составляла ≈ 66,1 тыс. км^2, а объем вод достигал ≈ 1064 км^3.

Таблица 1-2. Среднемноголетние значения водного баланса Аральского моря для отдельных периодов

Период (годы)	**Приход**				**Расход (испарение)**		**Водный баланс**		**Фактическое приращение**		**Невязка баланса**	
	сток рек		осадки						объ-ема	уров-ня		
	км^3	см	км^3	см	км^3	см	км^3	см	км^3	см	км^3	см
1911-1960	56,0	84,7	9,1	13,8	66,1	100,0	-1,0	-1,5	0,1	0,1	-1,1	-1,6
1961-1980	30,0	48,9	7,1	11,8	59,7	99,4	-22,6	-38,7	-22,8	-39,1	0,2	0,4
1971-1980	16,7	29,3	6,2	11,0	53,7	95,4	-30,8	55,1	-32,3	-57,1	1,5	2,2
1981-1990	3,45	8,04	7,1	16,5	40,4	94,1	-29,8	-69,5	-30,4	-73,2	1,6	3,7
1991-1999	7,55	26,5	5,8	20,4	28,1	98,6	-14,8	-51,9	-17,5	-41,8	2,72	10,1

По своим размерам Арал стоял на четвертом месте в ряду озер мира: после Каспия, Верхних озер Северной Америки и оз. Чад. Площадь Арала составляла 64 490 км^2 (с островами); наибольшая длина 428 км, наибольшая ширина - 284 км.

Озеро было относительно мелкое: наибольшая глубина - 68 метров; средняя глубина - всего 16 метров. Наибольшие глубины сосредоточены у западного берега в виде узкой полосы; площадь глубже 30 метров занимала лишь около 4 % озера.

Итак, древний Арал, претерпевший 5 или 6 трансгрессий – увеличения и последующих усыханий – опять оказался на пороге нового иссушения.

II. ДЕГРАДАЦИЯ МОРЯ И ПРИАРАЛЬЯ

Хотя исчезновение Аральского моря приписывают советскому государству как главному виновнику этой природно-антропогенной катастрофы, идея принесения Арала в жертву развитию орошения и росту сельскохозяйственного производства принадлежит еще дореволюционным ученым. В частности, А.И. Воейков (1908) настаивал, что существование Аральского моря при рациональном ведении хозяйства абсолютно неоправданно, поскольку экономический эффект от него (рыбоводство, морской транспорт) намного меньше, чем эффект от развития экономики и особенно орошаемого земледелия. Эту же идею в 1913 г. преподносит уже не ученый, а руководитель водного сектора бывшей царской России, директор Департамента земельных улучшений России князь В.И. Масальский, который считает, что конечной целью является "использовать все водные ресурсы края и создать новый Туркестан…, приобщив к культуре десятки миллионов гектаров новых земель и обеспечить русскую промышленность необходимым хлопком….".

Начатое российским правительство развитие орошения получило невиданное ускорение в советское время. Но до 1960 г. отбор воды на орошение сопровождался ростом коллекторных сетей и соответственно ростом возвратных вод, в результате чего существенных изменений в дельтах рек и в море не происходило.

Для 1911 – 1960 гг. характерно квазиравновесное состояние солевого баланса моря. Ежегодно в море поступало 25,5 млн. т солей, основная масса которых подвергалась седиментации при смешении морских и речных вод (из-за пересыщенности аральских вод карбонатом кальция) и осаждалась на мелководьях, в заливах, бухтах и фильтрационных озерах северного, восточного и южного побережий моря. Благодаря замерзанию моря и оттаиванию, средняя соленость моря в этот период изменялась в интервале 9,6 ÷ 10,3 %. Относительно большой годовой объем речного стока (≈ 1/19 объема моря) обусловливал весьма своеобразный солевой состав аральских вод, отличающийся от солевого состава других внутренних замкнутых и полузамкнутых морей большим содержанием карбонатных и сернокислых солей.

Современный период в жизни моря, начиная с 1961 г., можно охарактеризовать как период активного антропогенного влияния на его режим. Резкое возрастание безвозвратных изъятий стока, достигающих в последние годы 70-75 км^3/год, исчерпание компенсационных возможностей рек, а так же естественная маловодность двух десятилетий 1960…80 гг. (92 %) привели к нарушению равновесия водного и солевого балансов. Для 1961-2002 гг. характерно значительное превышение испарения над суммой приходных составляющих[1]. Приток речных вод к морю сократился за этот период в среднем в 1965 г. до 30,0 км^3/год, а для 1971-1980 гг. он составил всего 16,7 км^3/год или 30 % от среднемноголетнего, в 1980…99 гг. – 3,5…7,6 км^3/год или 6…13 % от среднемноголетнего. В отдельные маловодные годы сток Амударьи и Сырдарьи практически не доходил до моря.

Изменилось и качество речного стока. Увеличение в нем доли высокоминерализованных сбросных и дренажных вод привело к значительному росту минерализации и ухудшению санитарного состояния речных вод. В маловодные годы среднегодовая минерализация вод Амударьи, поступающих в море, достигает 0,8 – 1,6, а в Сырдарье – 1,5 – 2,0 г/л. В отдельные сезоны отмечаются еще более высокие ее величины. В результате, несмотря на то, что среднегодовой речной сток в 1961-1980 гг. сократился более, чем на 46 %, среднегодовой ионный сток за этот же период уменьшился всего на 4 млн. т. или на 18 %. Существенно изменились и другие составляющие солевого баланса. Так, уменьшение в речном стоке относительного содержания карбонатов привело к сокращению вдвое количества солей, подвергающихся седиментации при смешении речных и морских вод.

В результате с 1961 г. уровень моря стал устойчиво снижаться. Общее падение уровня по сравнению со среднемноголетним (до 1961 г.) достигло к началу 1985 г. 12,5 м. Средняя

[1] Лишь в 1998 г. приток 29,8 км^3 превысил испарение 27,49[3]

многолетняя интенсивность падения уровня составляла примерно 0,5 м, достигая в маловодные годы 0,6 – 0,8 м/год. Изменилось и внутригодовое колебание уровня моря. В настоящее время подъем уровня в годовом разрезе практически не прослеживается, в лучшем случае он не меняется зимой, а в летнюю половину года происходит его резкое падение.

Постепенное падение уровня моря намного превысило по темпам ожидаемые прогнозы. Моделирование, проведенное ГОИНОМ (Бортник В.Н.) в 1983 г., предполагало, что уровень моря к 1990 г. достигнет 41 … 42,5 м с 90 % обеспеченностью, а к 2000 г. – 35,5 … 38,5 м. Фактически, как видно из табл. 1-2, к 1990 г. отметка моря составила 38,24, а к 2000 г. – около 34 м! Аналогично более быстрыми темпами увеличивалась минерализация воды в море – к 1990 г. 32 % фактически вместо 26 % по прогнозу и к 2000 г. 40 % вместо 38 % по прогнозу.

Было установлено, что насыщение аральских вод сульфатом кальция и начало осаждения гипса происходит при солености, превышающей 25 – 26 %. Однако наиболее интенсивная садка гипса началась при солености выше 34 – 36 %. В этих условиях одновременно с осаждением гипса в зимний период происходит седиментация мирабилита, представляющего наибольшую опасность для природы Приаралья. Обезвоженный сульфат натрия доступен ветровой эрозии и может легко перемещаться на большие расстояния.

Падение уровня моря и осолонение его вод привели к росту амплитуды размаха годовых колебаний температуры во всей толще вод и некоторому сдвигу фаз температурного режима. Наиболее важным для биологического режима моря будет изменение зимних термических условий. Дальнейшее понижение температуры замерзания и изменение характера протекания процесса осенне-зимнего конвективного перемешивания при переходе от солоноватых к соленым водам обусловливают сильное выхолаживание всей массы вод моря до значительных (-1,5 ÷ - 2,0^{o}C) отрицательных температур. Это становится одним из главных факторов, ограничивающих проведение акклиматизационных мероприятий, препятствующих восстановлению рыбохозяйственного значения моря в ближайшей перспективе. Падение уровня моря может привести к весьма заметному изменению ледовых условий – даже при средних по суровости зимах можно ожидать полного покрытия моря льдом с максимальной толщиной 0,8 – 0,9 м. Охлаждение и замерзание моря будут происходить примерно в те же сроки, однако уменьшение его общего теплозапаса скажется на более быстром распространении льда. Увеличение массы льда, приходящейся на единицу площади, приведет к более растянутому периоду ледотаяния.

Крайне низкие удельные величины поступления в море биогенных веществ определяют соответственно низкие их концентрации в морской воде, что должно и в дальнейшем ограничивать развитие фотосинтетичесих процессов в море и обусловливать его незначительную биологическую продуктивность. Ухудшение кислородного режима моря в летний период за счет уменьшения его фотосинтетического продуцирования и интенсивного потребления на окисление органического вещества приводит к формированию зон дефицита кислорода и заморным явлениям.

Дальнейший рост солености вызывает как сокращение числа видов фито- и зоопланктона, фито- и зообентоса, так и соответствующее уменьшение их биомассы, что обусловит дальнейшее ухудшение кормовой базы гидробионтов. Повышение солености аральских вод сделает невозможным существование аборигенной фауны.

Количественная оценка роли антропогенного фактора в современных изменениях режима Аральского моря проводилась путем расчета восстановленных значений уровня и солености за 1961 – 1980 гг. по величинам восстановленного условно-естественного притока к морю. Как показали расчеты, более 70 % современного падения уровня моря и роста его солености обусловлено влиянием антропогенного фактора, остальная часть этих изменений приходится на долю климатических факторов – естественной маловодности периода.

Основные последствия усыхания Аральского моря, кроме уменьшения объема, поверхности, роста и изменения характера минерализации проявились в образовании на месте осушенного дна огромной солевой пустыни площадью к настоящему времени почти 3,6 млн. га. В результате, уникальный пресноводный водоем уступил место огромному горько-соленому озеру в комбинации с колоссальной соленой пустыней на стыке трех песчаных пустынь.

В 1985 – 86 г.г. при отметке 41 м абсолютной высоты произошло полное отчленение Малого моря от Большого. Это привело к образованию новой пустынной территории с

площадью 6000 км^2 с запасом солей в верхнем слое до 1 млрд. тонн. В настоящее время происходит осадка из морской воды раствора насыщенного гипса. При понижении уровня моря до 30 м абсолютной высоты (на 23 м) западная часть глубоководного Большого моря островами отделится от восточного, мелководного.

После отчленения Малого моря режимы его и Большого моря начали развиваться по различным сценариям. В связи с тем, что приток по реке Сырдарья поддерживается в последние годы более высокий, чем по реке Амударья, уровень Малого моря стал повышаться, а минерализация воды снижаться. Прорыв временной плотины Малого моря вызвал снижение уровня, однако предыдущее наполнение показало правильность решения о создании обособленного водоема Малого моря на отметке 41…42,5 м. Разработанный проект инженерной плотины с регулируемым водосбросом в районе пролива Берга сможет создать устойчивый экологический профиль этого водоема и его окружающей среды.

Таким образом, Аральское море как единый в прошлом водоем прекратило свое существование и превратилось в ряд расчлененных водоемов со своими водно-солевыми балансами и своим будущим в зависимости от того, какую линию поведения выберут пять стран как субъекты, хозяйствующие в этом бассейне (рис. 2-1).

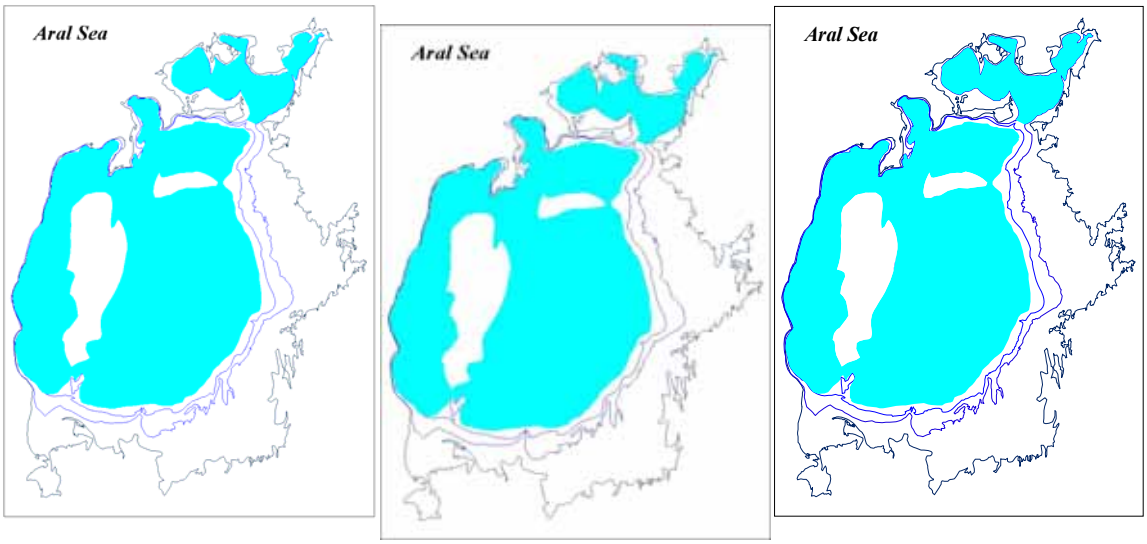


Рис. 2-1

Характеристики деградации природного комплекса Приаралья под влиянием усыхания моря приведены в работе "Оценка социально-экономических последствий от экологического бедствия – усыхания Аральского моря", выполненной в проекте INTAS/RFBR – 1733 (август 2001 г.) и изданной НИЦ МКВК (Ташкент). Краткое резюме основных последствий деградации приводятся ниже:

- сокращение площади озер в дельте Амударьи до 26 тыс. га против 400 тыс.га в 1960г.;
- падение уровня грунтовых вод в зависимости от удаления от берега моря до 8 м;
- врезка в дно русел рек на глубину до 10 м;
- развитие солепылепереноса в полосе до 500 км с интенсивностью от 0,1 до 2,0 т/га;
- изменение почвенного покрова - гидроморфные почвы снизились с 630 до 80 тыс.га;
- площадь солончаков возросла с 85 тыс. га до 273 тыс.га;
- площадь тростников сократились с 600 тыс.га до 30 тыс.га или в 20 раз;
- тугайные леса сократились с 1300 до 50 тыс.га или в 26 раз;
- изменение климата в полосе 150 – 200 км;
- снижение рыбопродуктивности с 40 тыс. тонн до 2 тыс. тонн в год или в 20 раз.

Все это сопровождалось экономическим ущербом в 115 млн. долл. в год и социальным ущербом 28,8 млн. долл. в год.

Следует отметить, что экологические изменения, связанные с усыханием моря, сопровождались и уменьшением притока воды к дельте и, как следствие, ухудшением питьевого водоснабжения – увеличением минерализации и снижением притока грунтовых вод. Это в свою очередь вызвало резкий ромт заболеваемости населения, что четко показано д.м.н. О. Атаниязовой и др. (Нукус, 2001) в их работе "Аральский кризис и медико-социальные проблемы Каракалпакии" (рис. 2-2, 2-3)



Рис. 2-2



Рис. 2-3

Понимание необходимости что-то предпринять в условиях, когда Арал начал быстро усыхать, пришло к советскому обществу уже в начале 70-х годов, когда было создано несколько правительственных комиссий, которые давали заключения о необходимости принятия срочных мер, если не по прекращению снижения уровня моря, то, по крайней мере, по предотвращению отрицательных социально-экономических и экологических явлений, связанных с этим бедствием. В качестве такой меры было выдвинуто предложение о

дополнительной подаче в регион вод сибирских рек в объеме 18-20 км^3 в год для улучшения водообеспечения и одновременно для улучшения положения в Приаралье. В 1986 г. это предложение было отвергнуто Правительством СССР и в качестве антимеры был предложен комплекс мероприятий, утвержденный Постановлением № 1110 в 1986 г., в результате чего были организованы два БВО "Сырдарья и "Амударья", специальная организация "Аралводстрой" и координатор от программы – консорциум "Арал". В течение 1987-1990 гг. был выполнен определенный объём работ по улучшению водосбережения в Приаралье, по Правобережному коллектору, по завершению строительства Тюямуюнского водохранилища и т. д.

В 1991 гг. после распада СССР все эти работы были прекращены до тех пор, пока главы государств пяти стран в 1993 г. не создали Международный фонд спасения Арала и 11 января 1994 г. не утвердили план первоочередных мероприятий по улучшению положения в бассейне Аральского моря, в который вошли и мероприятия по спасению Приаралья. В частности, на этом заседании было принято решение об "исследовании и разработке инженерных решений составления проектов, осуществлении работ по созданию на территориях дельт Амударьи и Сырдарьи и прилегающих к ним участках осушенного дня Аральского моря искусственно обводненных ландшафтных экосистем и проведении необходимых мелиоративных мероприятий с целью восстановления естественно-исторического режима и оздоровления этих территорий". Одновременно были утверждены "Основные положения концепции улучшения социально-экономического и экологического состояния в Приаралье", которые подчеркивали невозможность восстановления Аральского моря в его первоначальном состоянии и одновременно концентрировали внимание на необходимости осуществления комплекса сооружений, лесо- и водомелиоративных работ, а также мероприятий, направленных на создание нового природно-антропогенного устойчивого экологического профиля Приаралья путем обводнения, лесомелиораций и других работ и проектов.

В основу этого документа были положены наши идеи, изложенные в 1984 г. в журнале "Вестник пустыни" № 3 – о необходимости сохранения Приаралья, путем создания на его территории ряда экологически устойчивых зон, которые будут раздельно выполнять те функции, которые ранее две экосистемы выполняли вместе. С этой целью вся зона Приаралья, включая дельту и собственно море, разбито на экологические зоны, отличающиеся различными формирующими их принципами (влияние пресной воды на почвы, минерализованной, смешанной. Анализу развития этой концепции посвящены дальнейшие главы этой работы.

III. ГИДРОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЯ ДЕЛЬТЫ

Дельта реки Амударьи сформировалась под влиянием многолетних естественных колебаний стока реки, в результате которых под действием различных процессов морского, речного характера, эрозионной динамики сложился ландшафт дельты и ее гидрологический и гидрогеологический профиль с большим количеством водоемов. Эти водоемы при отметке моря 53 (Судочье, Каратерень, Кокчиел, Акчакуль, Западное) представляли из себя озера приморской дельтовой равнины, периодически затопляемы речными и морскими водами и имевшие связь с заливами Аджибай, Джилтырбас. В многоводные годы эти озера почти полностью распреснялись обильным речным стоком, приобретя свойства проточных водоемов. В период сокращения притока пресных вод в маловодные периоды эти озера частично затапливались морскими водами, в результате происходило резкое изменение физических и химических свойств воды, соответственно менялась их флора и фауна и биологическая продуктивность.

Сток Амударьи под влиянием зарегулирования реки водохранилищами (Нурек, Байпаза, Тюямуюн) в сочетании с несколькими крупными внутрисистемными водохранилищами на Амубухарском, Каракумском, Каршинском каналах получил некоторую (78 … 81 %) степень зарегулированности, что существенно изменило гидрологический режим низовьев реки.

Развитие орошения в бассейне Амударьи и соответственно увеличение объема безвозвратного изъятия воды привело к резкому сокращению поступления воды в дельту. В связи с недостаточной обеспеченностью оптимального водно-солевого обмена в озерах дельты стало ухудшаться качество воды и соответственно экологической обстановки в целом.

Отступление моря и потеря естественной связи с его заливами привела к исчезновению морской подпитки дельты и полной ее зависимости от режима поступления воды из реки. В результате постоянного снижения этого притока с 1960 г. озера стали играть роль естественных испарителей с резким уменьшением объемов воды в них и, как следствие, увеличением ее минерализации.

Главным фактором гидрологического состояния дельты является поступление воды по реке Амударья и менее значительное, но все-таки важное – поступление воды по коллекторам, питающим некоторые озера в смеси с пресными водами или самостоятельно.

Характеристику изменчивости речного стока дает гидрограф речных вод в створе Саманбай (концевой гидропост на реке в устье современной дельты), который колебался за 22-летний период от 330 млн. м^3 в год (1982 г.) до 24 272 млн. м^3 в год в 1992 г. (рис. 3-1)

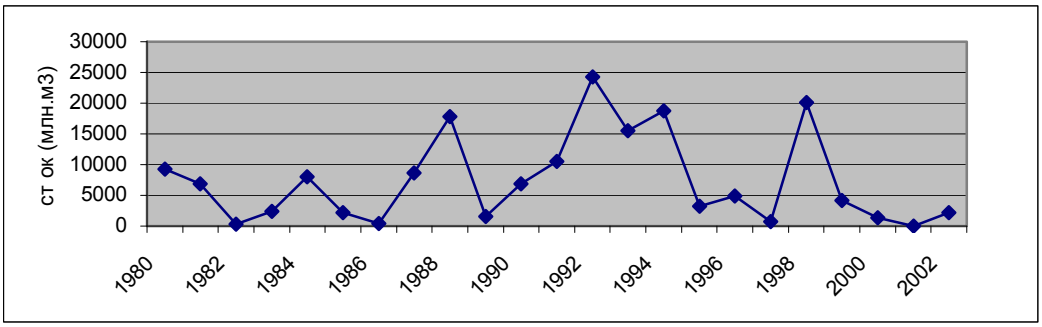


Рис. 3-1. Диаграмма изменения годового стока по г/п Саманбай за период 1980-2002 гг.

Соответственно этому изменялась площадь водоемов, их биологическая и хозяйственная продуктивность.

В настоящее время все существующие водоемы в дельте Амударьи по своему режиму питания можно разделить на 2 части (рис. 3-2):

a) озера, существующие на коллекторно-сбросной воде (Судочье, Каратерень западный, Акушпа, Каратерень восточный, частично Джилтырбас и др.);
b) озера, питающиеся амударьинской водой (Междуреченское, Дауткуль, Рыбачье, Муйнак, Думалак и др.).

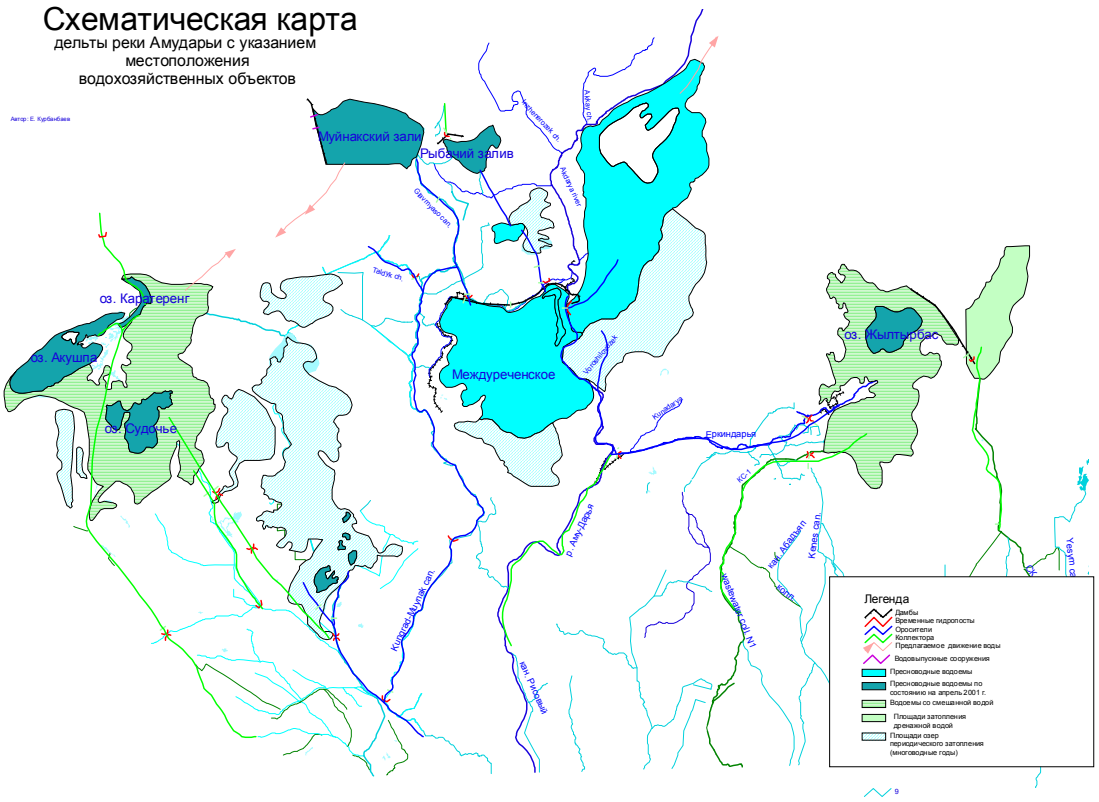


Рис. 3-2

В течение многих десятилетий озера Каратерен, Акчакуль, Судочье, Кокчиел используются как водоприемники сбросных и дренажных вод с территории орошаемых земель. Эти озера в ближайшем будущем, если не возобновится подача пресной воды, вообще нельзя будет использовать для рыбохозяйственных целей и камыша для животноводства.

Сток по системе коллекторов левобережья и правобережья, в основном, определяется водностью года и подачей воды на орошение земель, подкомандные каналам Суенли и Кызкеткент. Из таблицы 3-1, характеризующей годовой сток по коллекторам левобережья – ККС и Устюрт, видно, что колебания объемов воды, поступающей по этим водотокам, достигают более, чем 50%. В течение катастрофического маловодья 2000-2001 гг. коллекторный сток почти прекратился. Соответственно колебанию гидрографа изменяется минерализация воды в коллекторах – от 1,8 г/л в годы высокой водности до 6 г/л в маловодные годы при средней минерализации 2,2 г/л по Устюртскому коллектору и 3,8 г/л по коллектору ККС.

По характеру водообеспеченности и по качеству используемой воды территорию дельты реки Амударьи можно разделить на 3 зоны:

1. Левобережная – это система канала имени Ленина, коллектора КЛК, озера Судочье и залива Аджибай.

2. Приамударьинская – это приморские и внутридельтовые озера, питающиеся из Амударьи и крупных оросительных каналов.

3. Правобережная зона – система канала Кызкеткен, коллекторов КС-1, КС-3, КС-4 оз. Каратерень.

Таблица 3-1. Годовой сток по коллекторам ККС и Устюрт

Год	ККС	Устюрт
1980	645,91	200,08
1981	583,05	59,72
1982	413,68	12,22
1983	607,26	0
1984	769,35	182,77
1985	639,54	93,3
1986	406,33	531,03
1987	546,13	340,52
1988	559,76	290,12
1989	418,37	367,3
1990	548,8	106,59
1991	595,73	134,02
1992	748,66	196,48
1993	739,37	248,7
1994	655,94	249,57
1995	525,94	85,93
1996	583,63	204,83
1997	469,11	85,69
1998	597,4	291,9
1999	78,3	61,25
2000	83,1	58,28
2001	47,34	0
2002	27,95	0,67

1. Левобережная зона – территория, подкомандная системе канала Раушан, коллекторам ККС и ГК. Основными водоемами являются озера ветланда Судочье - Акушпа, Тайлы, Каратерень, Большое Судочье и Бегдулла-Айдин, и озера Караджарской системы – Машанколь, Ходжаколь, Ильменьколь.

2. Центральная зона – территория, подкомандная основному руслу Амударьи, каналам Главмясо и Маринкинузяк. Основными водоемами являются Междуречинское водохранилище, Рыбачий и Муйнакский залив, озеро Макпалколь.

3. Правобережная зона – территория, подкомандная протоке Казахдарья, коллекторам КС-1, КС-3, КС-4. Основным водоёмом является Джилтырбаский залив.

По характеру водообмена водоёмы Приаралья подразделяются на проточные – Междуреченское водохранилище и озеро Макпалколь, слабо (периодически) проточные озёра Каратерень, Большое Судочье, Бегдулла-Айдин, Машанколь, Ходжаколь и Ильменьколь, заливы Рыбачий, Муйнакский и Джилтырбаский и бессточные аккумуляторы коллекторных вод – озёра Акушпа и Тайлы.

Первая зона там, где запитка озер на базе коллекторного стока (ГДК и Устьюртский коллектор), по состоянию на сегодняшний день относится к неблагоприятной для дальнейшего освоения с позиций водообеспеченности, если система водоподачи не претерпит изменения. В будущем в связи со снижением водности Амударьи ниже Тахиаташского гидроузла подача воды в эту зону через канал Раушан практически невозможна. В этой зоне главный вопрос – это сохранение озера Судочье, как природного объекта, озера Каратерень и цепи озер системы Кывсыр*.

* Проект "Улучшение ситуации в озере Судочье", разработанный и осуществленный за счет проекта WEMP Компонент "E" Агентства GEF, описан в разделе 8.

Наиболее перспективной является Приамударьинская зона. При попуске гарантированного стока через Тахиаташский гидроузел будет создана более или менее благоприятная экологическая и гидрологическая обстановка на всей длине русла реки от створа Тахиаташского гидроузла до моря. Здесь на междуречье нужна крупная регулирующая емкость, которая даст возможность восстановить продуктивное рыбоводство, ондатроводство и отгонное животноводство. Это зависит от того, как будет осуществляться подача воды через Тахиаташский гидроузел.

Третья зона – правобережная. Положение в этом регионе определяется водоподачей по каналу Кызкеткен. В этой зоне имеются многочисленные озера местного значения, существующие как на пресной, так и на коллекторной воде (Жилтирбас, Кокчиел, Каратерен, Даутскульское, Атакуль, Маукул и ряд других).

В ближайшей ретроспективе – 1980-1999 гг., минерализация проточных водоёмов колебалась в пределах от 0,8 до 1,9 г/дм^3. Это были пресные, олигогалинные или очень слабо мезогалинные водоёмы. Минерализация слабо проточных водоёмов достигала 3,5-9,6 г/дм^3. По степени солёности воды они относились к солоноватым, умеренно и сильно мезогалинным водоёмам. Минерализация бессточных водоёмов составляла 17,2-30,5 г/дм^3. Это были соленыё, поли- и эугалинные водоёмы. Минерализация коллекторов колебалась в пределах от 2,1 до 4,5 г/дм^3 – слабо и умеренно мезогалинные воды.

Решение вопроса сохранения этих озер и улучшения экологической обстановки и экономического положения в этом регионе зависит от наличия воды и ее качества, в основном от объема поступления амударьинской воды. В многоводные годы - 1991, 1992, 1993, 1994 - в результате поступления большого объема речной воды в дельту Амударьи через русло и хвостовые части ирригационных каналов, состояние этих озер улучшилось (особенно в Приамударьинской зоне) и выросли их площади.

Осадки и испарение являются очень важными составляющими гидрологического режима Приаралья. Среднее многолетнее количество осадков, по данным трех станций Приаралья, составляет 75-110 мм в год. В то же время испарение с водной поверхности в этом регионе составляет значительную величину – по расчетам В.Л. Шульца, в среднем 1600 мм в год. Учитывая, что ледовый режим в Приаралье завершается в марте, средние по трем станциям величины испарения в Приаралье приводятся с 1 апреля по 1 ноября (ледовый период в Приаралье в среднем составляет 119 дней) (рис. 3-3) по 3 станциям и (рис. 3-4) по метестанции Кунград.

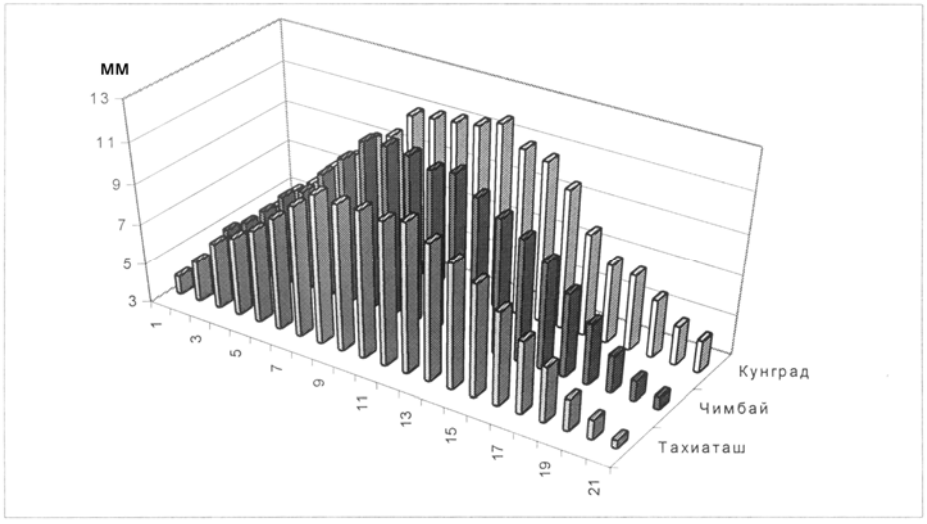


Рис. 3-3 Внутрисезонный ход испарения с водной поверхности по станциям Приаралья, начиная с первой декады апреля

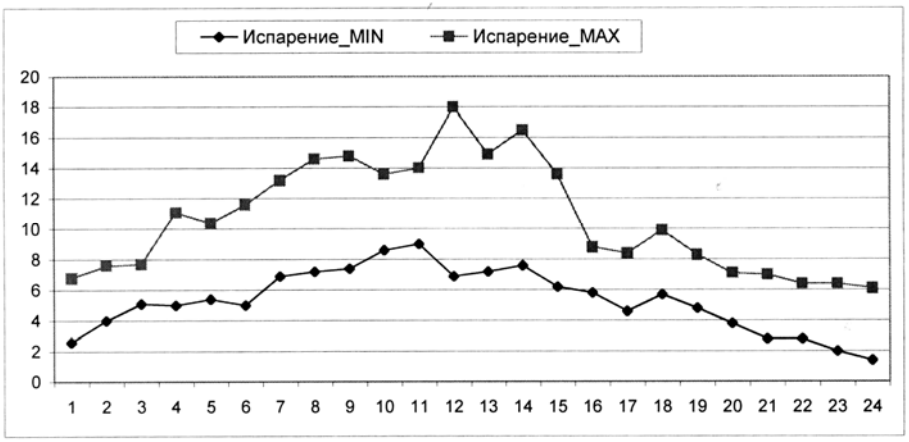


Рис. 3-4 Максимальные (ряд 1) и минимальные (ряд 2) значения испарения (мм/сут) с первой декады апреля за период наблюдений

Очень важным показателем является испарение тростником (таблица 3-2)

Таблица 3-2

Месяц	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	За сезон
мм	29	119	321	394	218	103	34	1298
%	2,3	9,2	24,8	30,3	22,9	7,9	2,6	100

Решением глав государств Центральной Азии от 11 января 1994 г. в "Концепции по улучшению социально-экономических и экологических условий в Приаралье" предусматривается, что смягчение последствий аральской катастрофы должно осуществляться путем создания искусственно регулируемых водоемов на месте бывших приморских и внутридельтовых озер и морских заливов в комплексе с соответствующими лесомелиоративными мероприятиями.

Сохранение этих озер и заливов, а также содержание их в хорошем гидрологическом и гидрохимическом состоянии целиком и полностью зависит от притока речных вод, т.е. от водообеспеченности реки Амударьи в зоне Тахиаташского гидроузла. В многоводные годы и годы средней водности (при поступлении амударьинской воды в эти озера в размере более 3,0–4,5 млрд. $м^3$ в год) будут обеспечены благоприятные условия для сохранения этих озер.

Трудности будут наблюдаться в маловодные годы, а также в перспективе при снижении водности реки и уменьшении объемов дренажного возвратного стока.

Как видно из данных таблицы 3-3 для поддержания нормального уровня внутридельтовых и приморских озер необходим минимальный объем воды в размере 5,27 млрд. $м^3$ в год (нетто).

Таблица 3-3
Потребные расходы речной воды ($м^3$/с) и объемы стока (млн.$м^3$), необходимые для поддержания существовавших приморских и дельтовых озер (предварительная оценка)

Наименование зон	Поверхность водоемов, (тыс.га)	Средний за год ($м^3$/с)	Объем стока ($км^3$)
Левобережная	96.0	35.0	1.1
Приамударьинская	122.0	99.3	3.14
Правобережная	64.7	32.4	1.03
Итого	282.7	166,7	5,27

Гидрогеология Приаралья определяется его геологическим строением и формированием его четвертичных отложений. Геологический разрез территории ограниченной с запада чинками плато Устюрт, с востока пустыней Кызылкум и с юга широтой г. Кунград, представлен современными четвертичными и верхне-неогеновыми отложениями общей мощностью 30-50 м. Верхняя часть разреза на глубину до 10-20 м сложена переслаиванием суглинков, супесей, песков и глин аллювиально-озерного происхождения. Преобладают мелкоземы: илы, супеси, суглинки. Современные четвертичные отложения представлены следующими генетическими типами:

- делювиально-пролювиальными отложениями чинков платов Устюрт;
- озерно-болотными отложениями обсохшей дельты реки Амударьи и озера Судочье;
- морскими отложениями берегового вала;
- озерно-аллювиальным отложениями реки Амударьи;
- эоловыми отложениями.

Делювиально-пролювиальные отложения развиты в виде узкой полосы (150 – 200 м) вдоль "чинков" плато Устюрт. Они сложены обломочным материалом из известняка и мергеля с супесчаным заполнителем мощностью 2 – 3 м. Озерно-болотные осадки слагают обсохшую дельту реки Амударьи и дно озера. Гумусный горизонт состоит из черного тростникового торфа мощностью 0,05 – 0,25 м и подстилается озерно-болотными суглинками мощностью 0,5 – 1,0 м. Морские осадки представлены тонкозернистыми и пылеватыми песками мощностью до 1 м. Эоловые пески образуют бугры и барханы высотой 0,3 – 1,5 м.

Озерно-болотные отложения дельты подстилаются озерно-аллювиальными осадками, которые представлены коричневыми мелкозернистыми песками и подстилаются коричневыми озерными суглинками, иногда – речными песками. Геологический разрез дамбы Отсечная сложен следующими осадками:

- озерно-болотные отложения дельты;
- озерно-аллювиальные отложения реки Амударьи.

Озерно-болотные осадки представлены тростниковым торфом, черными супесями и суглинками с высоким содержанием гумуса мощностью 0,5 м. Они подстилаются отложениями реки Амударьи, представленными серыми тонкозернистыми речными песками и коричневыми суглинками с прослойками глин. Мощность их 1,5 м. Коэффициенты фильтрации следующие: четвертичные аллювиальные пески 1.69-9.0 м/сут; супеси-1-3 м/сут; суглинки - 0.03-0.05 м/сут; неогеновые пески - 2-8.1 м/сут; песчаники - 0.78-2.8 м/сут. Средняя проводимость – 1.1-7 $x10^3$ $м^2$/сут.

Региональный поток грунтовых вод в целом направлен на север к базису дренирования (Аральскому морю). Уклоны потока соответствуют уклонам поверхности и составляют 0.00025 -0.00032. Глубина залегания грунтовых вод изменяется по сезонам года в зависимости от его водности от 0,0 м (на рисовых полях совхоза Равшан во время полива) до 5-10 м.

Грунтовый поток получает питание за счет инфильтрации с рисовых полей, потерь на фильтрацию из коллекторов, озер при высоком горизонте воды в них и расходуется на региональный отток и дренирование коллекторами при отсутствии по ним стока. Удельный расход регионального потока незначительный и составляет 30 $м^3$/сут/км. Воды соленые, с минерализацией от 15 до 50 г/л, хлоридно-сульфатно-натриевые.

Режим грунтовых вод пустынной зоны за последние 10 лет характеризуется стабилизацией уровня и минерализации (рис.3-3). Многолетние наблюдения по Муйнакскому и Аккалинскому створам показывают, что зона влияния Аральского моря на положение уровня грунтовых вод распространялось на расстояние до 15-25 км от первоначальной береговой линии. Стабилизация уровней грунтовых вод за последние годы указывает на практическое отсутствие взаимосвязи между ныне существующим морем и грунтовыми водами в дельте.

Наблюдательная сеть на данной территории состоит из 2-х региональных (Аккалинского и Муйнакского) створов скважин, направленных с юга на север и пересекающего дельту до бывшей береговой линии Аральского моря, 2-х локальных (Акбулакского и Аджибайского),

расположенных полностью в пустынной зоне, и отдельных наблюдательных пунктов, разбросанных по площади, в основном, в орошаемой зоне (рис. 3-2).

Наблюдения за уровнем и минерализацией грунтовых вод ведутся с начала 60-х годов. Однако в последние 10 лет отдельные пункты были созданы дополнительно, а многие пункты были ликвидированы ввиду недостаточного финансирования, поэтому не по всем скважинам имеется десятилетний ряд наблюдений. Так по Муйнакскому створу гидрохимкусты (ГХК) 207 и 209 были ликвидированы в 1996 г., а по кустам 1 и 2 наблюдения не велись с 1992 по 1998 гг. ввиду их затопления сбросными водами. Скважины Аккалинского створа наблюдаются с 1986 г., лишь ГХК 112-с 1992 г. По Аджибайскому створу наблюдения по ГХК 803, 804, 805, 806, 807 и 811 начаты в 1992 г., а по ГХК 819, 820-с 1996 г. Скважины Акбулакского створа наблюдаются с 1989 г.

Наблюдательные пункты на створах состоят, как правило, из ярусных пьезометров глубиной 12,20,30 и 50 м. Отдельно стоящие пункты представлены одиночными скважинами. Общее число наблюдательных пунктов на площади составляет более 40. Частота наблюдений за уровнем грунтовых вод зависит от назначения скважин и сезона года и изменяется от 1 до 3 раз в месяц. Отбор проб на общий химический анализ производится два раза в год: в вегетационный (июль-август) и не вегетационный (январь-февраль) периоды по орошаемым территориям и один раз в год - по пустынным.

IV. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ВЫБОРУ ВАРИАНТОВ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ

Неизбежность высыхания Аральского моря стала ясной уже в начале 80-х годов, и наряду с призывами остановить орошение (что было совершенно нереально) или перейти на капельное орошение и дождевание (что было невозможно по экономическим ресурсам, исходя из огромного масштаба орошаемых земель ≈ 7,0 млн. га) начался поиск альтернативных решений спасения, если не всего моря, то хотя бы его части. Именно тогда коллективом ученых САНИИРИ было выработано предложение оградить от моря его южную часть протяженной плотиной, создав, как бы, авандельту на отметке ↓ 53 с тем, чтобы подпереть дельту и восстановить, пусть и в усеченном виде естественный экологический профиль. Это предложение, опубликованное в журнале "Вестник пустынь" № 3 1983 г. и многократно озвученное на высоких совещаниях, встречах в водохозяйственных организациях, секретариате ЦК КПСС вызвали жесточайшие нападки с двух сторон: защитников Арала, которые возопили, что им подставляют "суррогат Арала", и защитников развития орошения, которые посчитали, что данное предложение отвлекает значительные средства (порядка 1,2 млрд. руб., т.е. около 2 млн. долларов) и, одновременно, водные ресурсы (для авандельты нужно было бы отвлечь не менее 12-15 км^3 воды плюс потребность самой дельты около 5 км^3, итого постоянно 20 км^3 воды. Авторы и сейчас уверены, что, если бы советское государство в то время откликнулось на это предложение, оно было вполне по силам СССР, ибо даже на закате советского государства консорциум "Арал" обладал ежегодно 1987 – 1990 гг. около 1 млрд. рублей, и это одновременно заставило бы экономику пяти республик Центральной Азии пойти на водосберегающие технологии, вписаться в те 100 - 103 км^3 воды, которые мы, по сути, используем сейчас, но сделать все это 20 лет тому назад! Но здесь на горизонте забрезжили миражи поворота части стока сибирских рек в Среднюю Азию, и об авандельте все забыли.

Вновь эта идея всплыла после прекращения работ по проекту переброски и после объявления конкурса на лучшее решение проблемы Приаралья. Приступая к этой работе в 1988 - 89 гг. мы исходили из необходимости решать поставленную задачу возрождения Арала и Приаралья дифференцировано, по трем зонам, которые здесь выделены:

1-ая зона - это собственно дельта Амударьи в пределах от орошаемой территории на юге и до бывшего уреза Аральского моря на севере.

2-ая зона - это осушенное дно моря от его бывшего уреза на отметке 53,0 м. и до изобат на отметке 29,0-30,0 м., на которых предполагается стабилизировать уровень моря в будущем.

3-я зона - само Аральское море.

В каждой из вышеуказанных зон выделяется несколько экологических подзон, отличающихся формирующими их факторами - наличием селитебных районов и социальных условий в них для жизнедеятельности, наличием водных ресурсов (речных и коллекторно-дренажных) и степенью их дефицита, флорой и фауной и степенью их деградации, почвогрунтами, подземными водами и пр.

Решение проблем каждой из трех зон требовало выполнения ряда взаимоувязанных технико-экологических мероприятий, целями которых являются:

- Для 1-ой зоны - это обустройство дельты Амударьи с тем, чтобы в значительной мере восстановить ее исторически сложившийся экологический режим и создать условия для нормальной жизнедеятельности населения.
- Для 2-ой зоны - это обустройство осушенного дна моря для смягчения негативных последствий от обнажения дна путем создания комбинации водоемов и лесозащитных зон.
- Для 3-ей зоны - это сохранение биопотенциала останцев моря и сокращение негативных последствий от его усыхания моря.

При этом институт САНИИРИ составил "Блок-схему решения проблемы Аральского моря и Приаралья" (рис. 4-1), в которой отразил все возможные варианты как по отдельным зонам, так и во взаимодействии.

Естественно, что зона "море" могла решаться тремя различными вариантами с множеством подвариантов по отметкам, объемам и т.д.: сохранение Западного моря в ущерб Восточному – вариант 1.1; сохранение Восточного моря в ущерб Западному – вариант 1.2; сохранение неуправляемого останца моря – вариант 1.3 – с разделением его на ряд более мелких водоемов, не связанных между собой и определяемых местом подачи воды. Соответственно, зона дельты могла решиться в двух основных вариантах: сохранение дельты в исходном состоянии (II.1) в отдельных ее частях (восточной, западной, центральной) и постепенного развития нового вида дельты (II.2).

Защита осушенного дна моря от соле- пылепереноса могла решаться или в виде лагуны и водоема за ним, подпитывающего дельту на разных отметках, затопления отдельных заливов, при одно- или двусторонней линии водоемов, облесения песков и т.д. Естественно, что совместное решение "море – дельта – осушенное дно" было бы лишь в одном варианте: 1.1 по морю, II.1 по дельте и IV.1 по осушенному дну моря, если бы Малое море можно было бы удержать (или дополнить до ↓ 53) и за счет этого нарастить новую дельту, но с максимальным приближением к прежнему состоянию. Именно исходя из малой реальности такого варианта, ***НПО САНИИРИ*** были проработаны вопросы развития системы мелких водоемов на осушенном дне моря (т. н. “антипольдеров") и разработан общий подход, основанный на подразделении региона в зависимости от экологической классификации на разные зоны. В частности, были выделены:

- первая экозона – дельта и прилегающая зона отгонного животноводства и пастбищ с Междуреченским водохранилищем, как главным в распределении и управлении содержанием дельты;
- вторая экозона – зона защиты селитебных районов Муйнак, Порла-тау, Шега, Казакдарья и др., их благоустройство, декреация, улучшение социальных условий. В указанную зону входят водохранилища: Муйнакское, Рыбачий залив, Майпост, Дауткуль;
- третья экозона, - прилегающая к 53 метровой отметке осушенная территория, на которой предполагается разместить систему водоемов скалярного типа, питаемых пресными водами;
- четвертая экозона – естественные и искусственные водоемы, питаемые минерализованной или смешанной водой (Судочье, Аджибай, Жилтырбас, Каражарская система, Восточный Каратерень и ряд других);
- пятая экозона – территория, расположенная между текущей границей моря и системой искусственно создаваемых озер;
- шестая экозона – собственно Аральское море или его части: Западное море, Восточное море, Малое море.

Исходя из предварительного анализа различных вариантов, была представлена схема (рис. 4-2)

Проблемы борьбы с опустыниванием дельты Амударьи и восстановления экосистемы Приаралья нашли отражение в проработках и предложениях еще двух специализированных проектных организаций Узбекистана и зарубежных государств.

- ***Институт "Средазгипроводхлопок"*** (ныне "Узгипромелиоводхоз”) в 1989 году подготовил Технико-экономический расчет (ТЭР) строительства сооружений для регулирования уровня и водного режима мелководных прибрежных участков Аральского моря в районе дельты реки Амударьи. Были определены основные параметры водохранилищ в бывших заливах Аральского моря (Рыбачий, Муйнак, Аджибай и Джильтырбас), намечена схема заполнения их коллекторно-дренажными стоками и пресной речной водой из русла Амударьи (рис. 4-3).

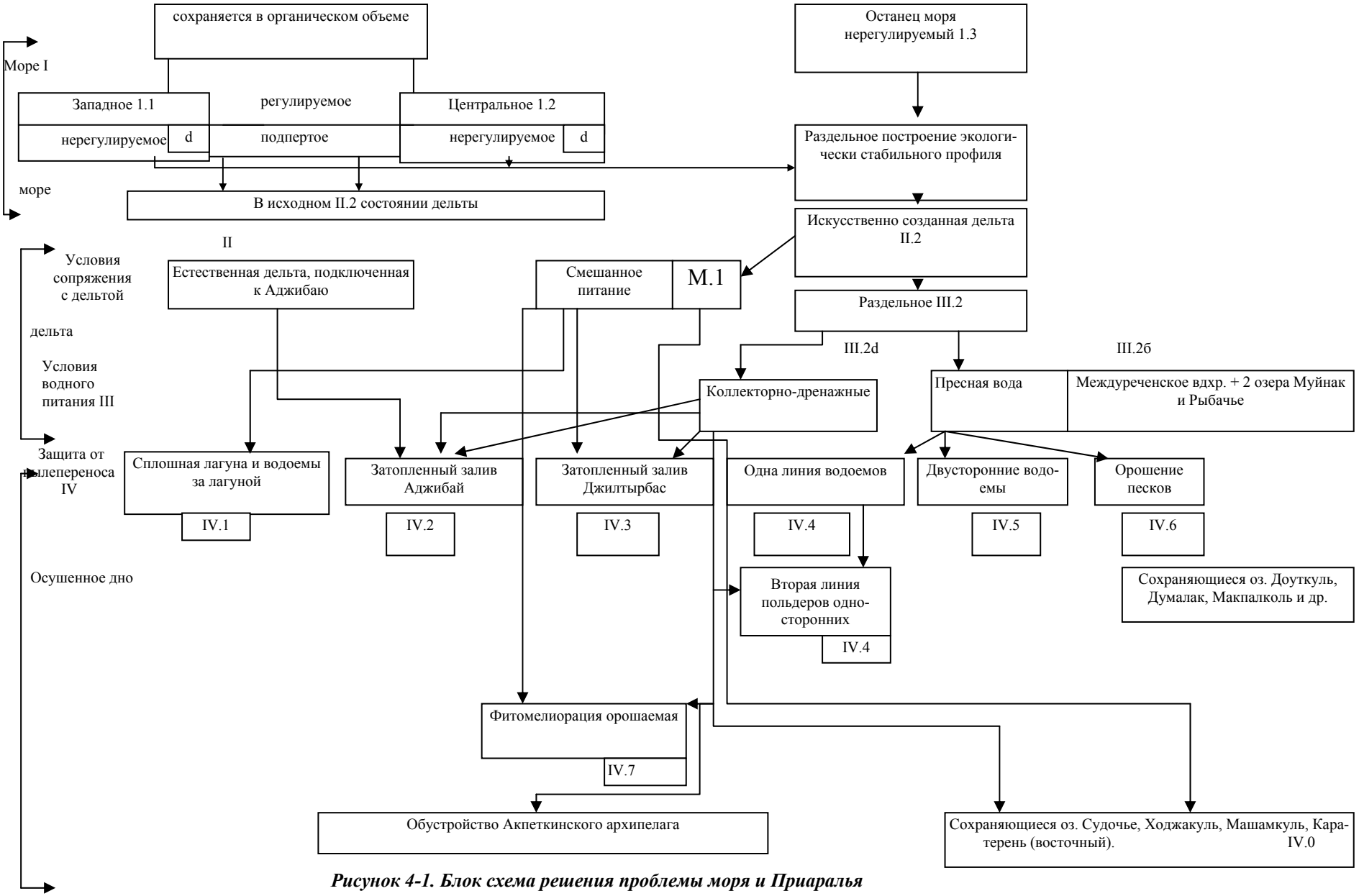


Рисунок 4-1. Блок схема решения проблемы моря и Приаралья

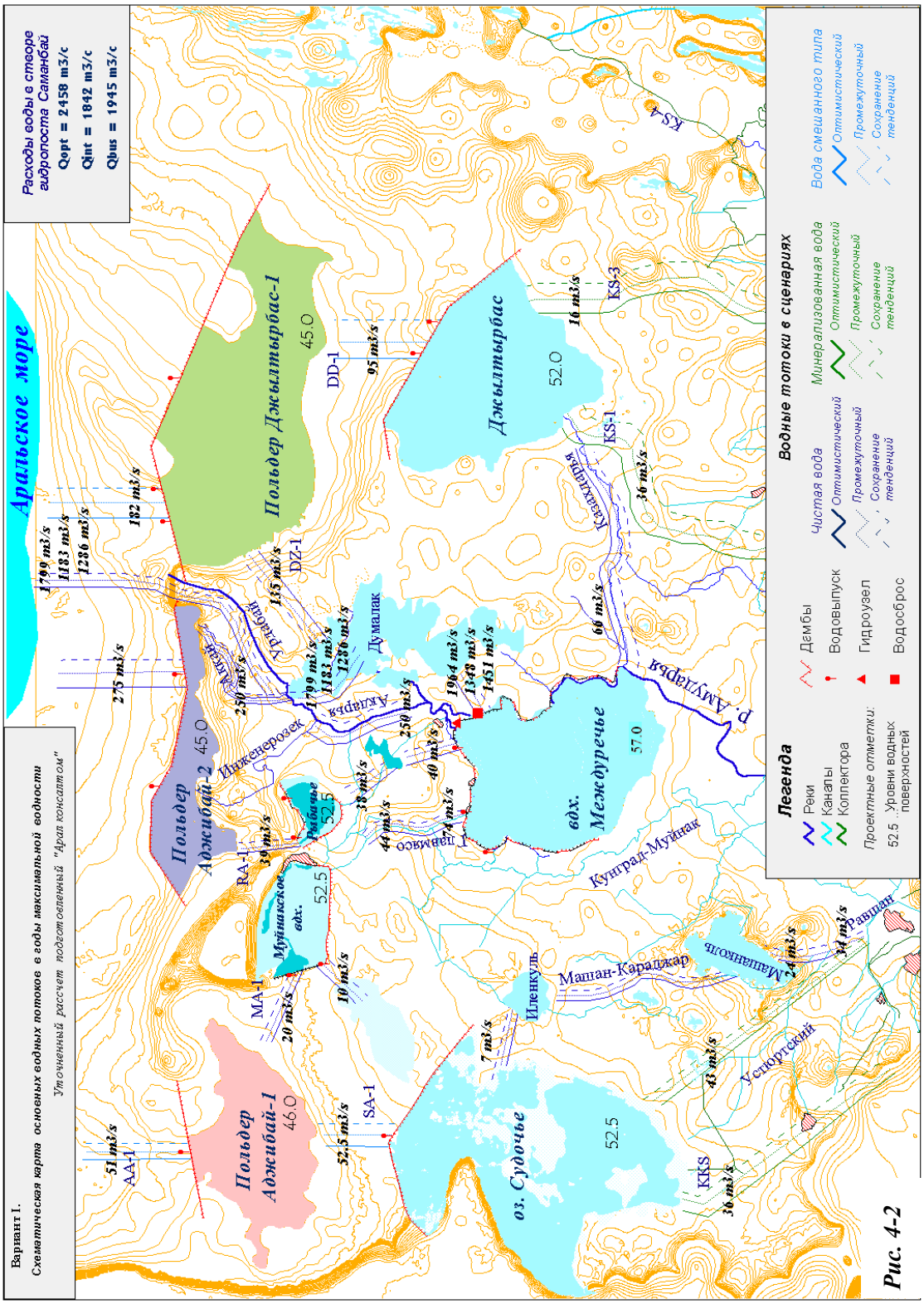

Вариант I.
Схематическая карта основных водных потоков в годы максимальной водности
Уточненный расчет подготовленный "Арал консалтом"
Аральское море
Расходы воды в створе гидропоста Саманбай
Qopt = 2458 m3/c
Qint = 1842 m3/c
Qhus = 1945 m3/c
Полдер Аджибай-2
Полдер Аджибай-1
Полдер Джылтырбас-1
Джылтырбас
оз. Судочье
вдх. Междуречье
Кунград-Муйнак
Машан-Караджар
Иленкуль
Устюртский
Инженерозек
Думалак
Акчадарья
Р. Амударья
Легенда
Реки
Каналы
Коллектора
Проектные отметки:
52.5 Уровни водных поверхностей
Дамбы
Водовыпуск
Гидроузел
Водосброс
Водные потоки в сценариях
Чистая вода
Оптимистический
Промежуточный
Сохранение тенденций
Минерализованная вода
Оптимистический
Промежуточный
Сохранение тенденций
Вода смешанного типа
Оптимистический
Промежуточный
Сохранение тенденций

Рис. 4-2

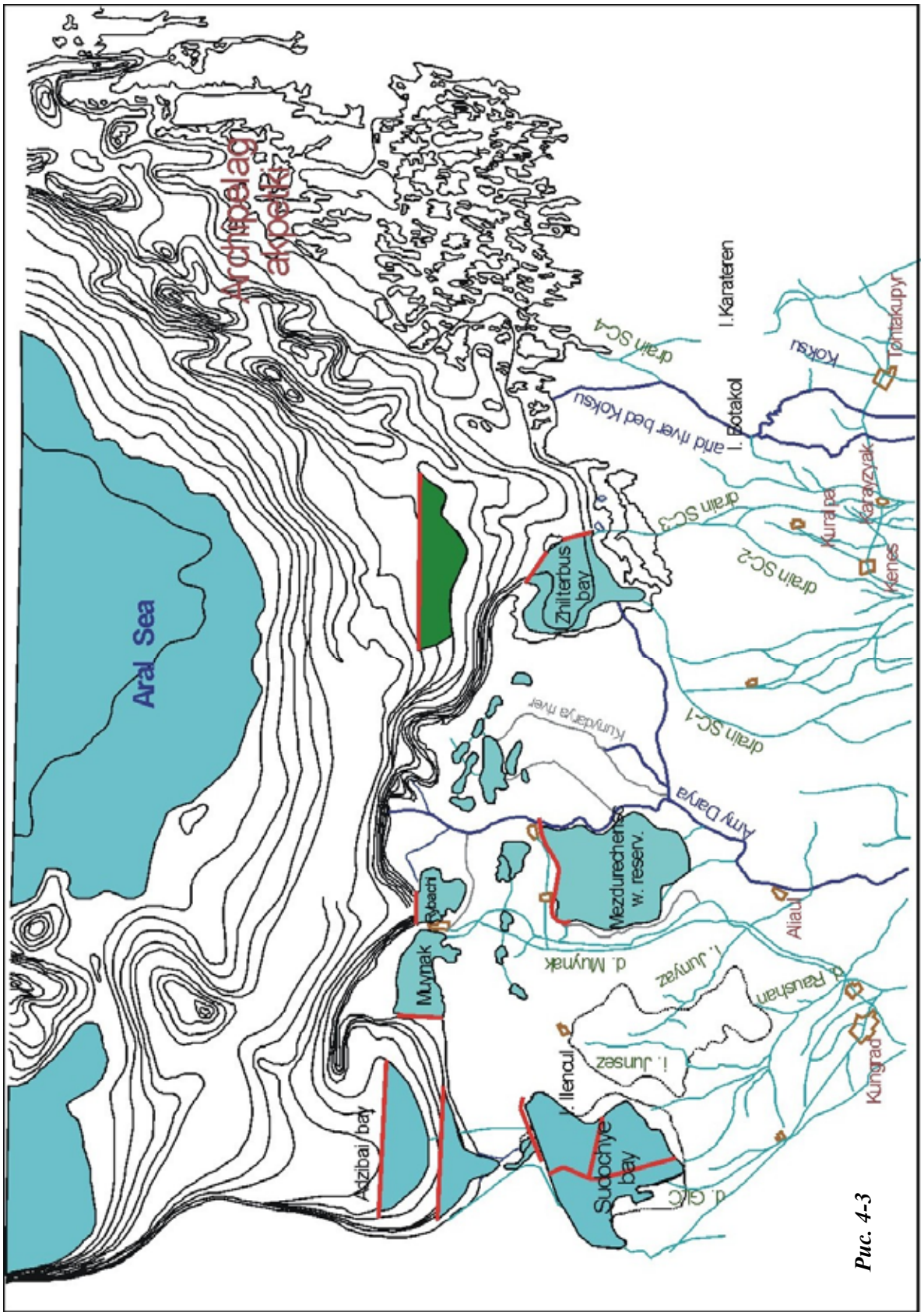

Aral Sea
Arkhipelag akpeki
Aktsibai bay
Muynak
Rybach
Mezdurechensk
w. reserv.
Zhiliterbus
bay
Sudochiye
bay
Ilenculi
d. Muynak
i. Junyaz
i. Junsez
d. Rausnam
Kungrad
Aliaul
Amy Darya
Kuvandarya river
d. Glic
drain SC-1
drain SC-2
drain SC-3
drain SC-4
I. Karateren
I. Kotakol
Arid river bed Koksu
Koksu
Tomakurgyr
Karakzyak
Kuralpa
Kenes

Рис. 4-3

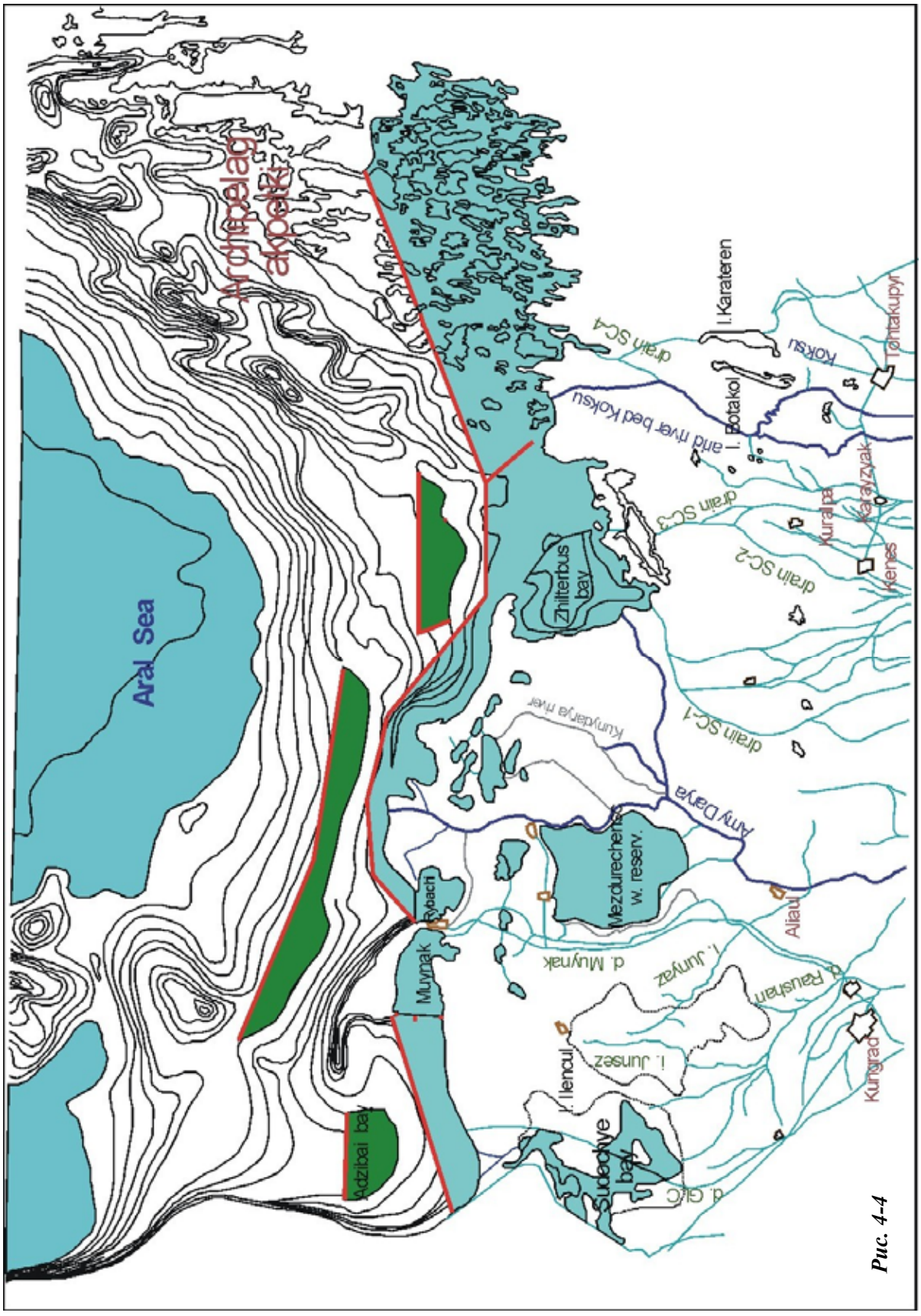

Aral Sea
Arkaly archipelago
Adzibai bay
Muynak
Rybach
Sudochye bay
Zhilterbus bay
Mezdurechensk w. reserv.
Kungrad
Aktau
Amy Darya
Kuvandar'ya river
d. Muynak
d. Raushan
d. Gic
I. Ilenoul
I. Junyaz
I. Junsez
I. Karateren
I. Botakol
Kokshu
Tshtakupyr
Karatyzyak
Kuralpa
Kenes
drain SC-1
drain SC-2
drain SC-3
drain SC-4
sand river bed Kokshu

Рис. 4-4

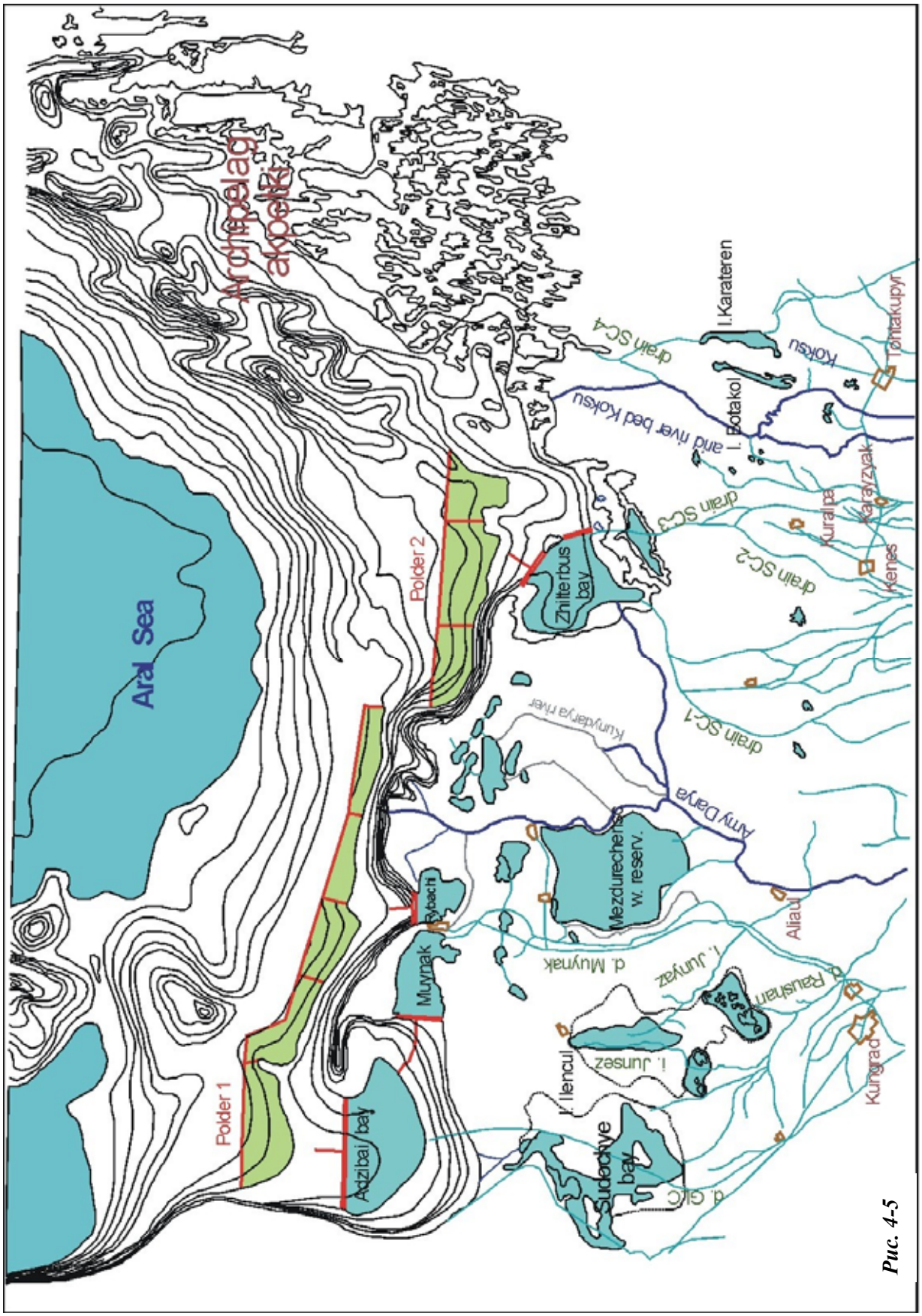

Aral Sea
Archipelag
arkipelki
Polder 1
Polder 2
Adzibay bay
Muynak
Sybach
Zhilterbus bay
Sudochye bay
Mezdurechensk
w. reserv.
Kuvandarya river
Army Danya
drain SC-1
drain SC-2
drain SC-3
drain SC-4
I.Karateren
I. Botakol
sand river bed Koksu
Koksu
Tortakuduk
Kuraipa
Karayzyak
Kenes
Aliaul
d. Muynak
I. Uzunaz
d. Rausnam
I. Uzunsez
I. Ilenculi
d. Gilic
Kungrad

Рис. 4-5

Для поддержания проточного режима и заданного уровня воды в водохранилищах Рыбачий, Муйнак и Джилтырбас а также в системе природных озер Думалак, Маклапуль и др. были определены параметры Междуреченского водохранилища на Амударье для сезонного регулирования его стока. В развитие этих проработок в 1990 г. этот же институт разработал технико-экономическое обоснование (ТЭО) создания искусственно регулируемого водоема в районе г. Муйнак, в котором были просчитаны параметры, режима наполнения и работы водоемов Муйнак и Рыбачий и определена возможность их хозяйственного использования.

- ***Объединение "Водпроект"*** в своих проработках предложило выполнить на осушенном дне моря вдоль ее бывшей береговой линии сплошную пресноводную лагуну, простирающуюся от *Устюртского Чинка до Акпеткинского архипелага* длиной 180 км, с отметкой уровня 53.0 м., соответствующей бывшему уровню воды в море. Дамба лагуны замкнет расположенные в дельте протоки и подопрет их устья. Она будет перехватывать весь речной сток, поступающий на периферию дельты, распределять его между протоками и озерами для заполнения их также до отметки 53.0 м. Для создания проточности воды в лагуне и поддержания в ней необходимого уровня воды предусматривается Междуреченское водохранилище сезонного регулирования с водораспределительным гидроузлом в створе *Парлытау*. Для поддержания необходимого режима проточности естественных озер *Судочье, Машанкуль, Иленкуль, Маклакуль, Думалак* и др. предложено строительство системы каналов и распределительных сооружений (рис. 4-4).
- ***Консорциум компаний в составе "Евроконсалт"*** (фирма-лидер), "Ветландгрупп" (Нидерланды) и сельскохозяйственный центр ЛТД из Ташкента в 1996г. представили исполкому МГСА и Мировому банку отчет по разработанному ими проекту "Восстановление увлажненных земель Аральского моря в Республике Узбекистан" (рис. 4–5).

В своем проекте консорциум предусмотрел создание четырех областей затопляемых пойм с новой системой управления:

- затопляемые поймы *Машанкуль, Закирколь, Ильменколь*;
- затопляемые поймы на юге от *Муйнакского* залива;
- затопляемые поймы вокруг озера *Туз*, север *Караджара*,
- затопляемые поймы системы *Судочье и Каратерень*

Проект, выполненный консорциумом, вызвал серьезные возражения со стороны минсельводхоза Узбекистана, заинтересованных организаций и местных специалистов, т.к. не дал полной широкомасштабной стратегии создания обводненной ландшафтной экосистемы в дельте р.Амударьи; не обосновал и не решил вопросы водоподачи в дельту, ее регулирования и распределения; не решил вопросы пропуска паводков и их использования для обводнения дельты; не определил необходимого комплекса сооружений, их параметры, конструкцию; не разработал пилотный проект и не решил другие вопросы, которые должны были быть разработаны согласно ТЗ.

Создание нового экологически устойчивого природно-антропогенного комплекса, обеспечивающего улучшение социально-экономической и экологической ситуации в Приаралье в соответствии с "Концепцией", утвержденной главами пяти государств Центральной Азии, требует крайне взвешенного прогноза не только гидрологических, климатических, но и социально-экономических условий и последствий различных тенденций и проектов.

Если обратиться к схеме взаимодействия факторов, определяющих эффективность предлагаемых мер, ожидаемых эффектов (рис. 4-6), то ясно многообразие и отсюда степень неопределенности в конечном результате от развития многих составляющих. Действительно, естественный сток реки Амударьи, характеризуемый достаточно большою изученностью, характеризуется некоторой цикличностью стока, которая в той или иной степени может быть запрогнозирована имитационными прежними или искусственно построенными рядами: однако, есть опасение изменения этого стока под влиянием климатических (тепличный эффект) воздействий (прогнозы 2000 г.).

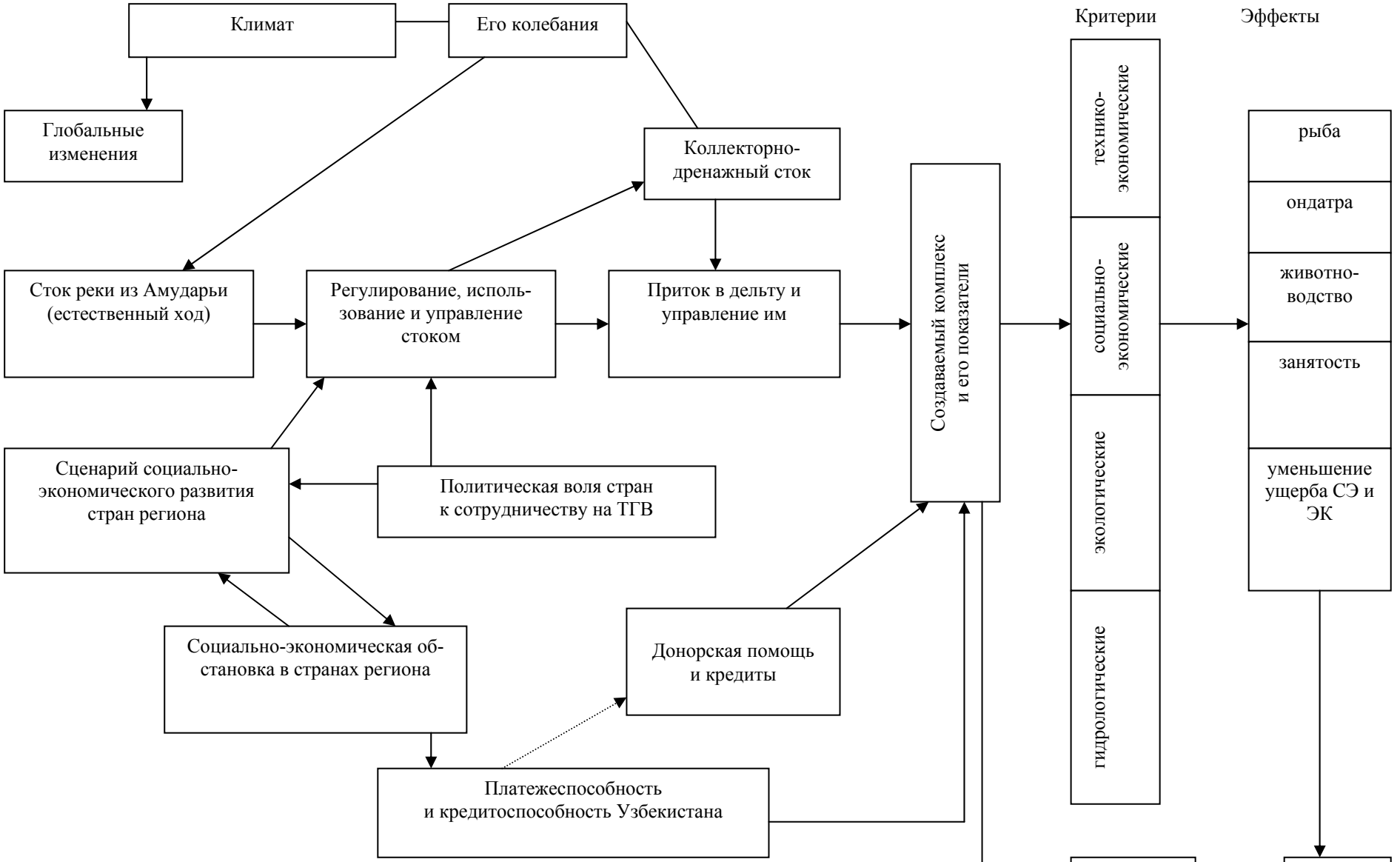


Рис. 4-6 Схема логической цепи выбора вариантов обводнения дельты

В последнее время на основе более детального сопоставления климатических рядов и стоковых характеристик предполагается намного меньший размер изменений, практически в пределах точности измерений до 2020 г. (+ 1…– 3). Более существенно величина стока, которую можно ожидать в створе Саманбай, будет зависеть от социально-экономической и политической обстановки в бассейне Аральского моря, которая будет определяющей как в части отбора воды из рек Амударьи и Сырдарьи, так и для возможности организации и проведения водосберегающих мероприятий, осуществления комплекса сооружений в дельте и, главное – для развития взаимовыгодной и четко налаженной совместной организации управления трансграничными водами. Политическое единство в следовании этим принципам позволит интенсивно вовлекать доноров в улучшение ситуации в бассейне вообще и в Приаралье в частности.

Варианты притока воды в дельту и ожидаемого стока КДС принимаются на основе результатов моделирования водного хозяйства Центральной Азии при различных сценариях развития: оптимистическом, пессимистическом, "сохранения существующих тенденций"*, по разработанным в модели ASB-MM, подготовленным НИЦ МКВК совместно с "Ресурс Анализ".

При этом устойчивость работы предлагаемого комплекса будет проверена при всех вариантах развития оценена по гидрологическому фактору – притоку к устью дельты. При этом должен быть удовлетворен ряд требований:

- гидрологических;
- социально-экономических;
- экологических;
- технико-экономических.

Гидрологические требования

- максимальное зарегулирование и использование стока реки, особенно паводкового, в интересах поддержания активной работы водоемов;
- максимальное поддержание площади ветландов в течение всего гидрологического года с учетом особенностей работы их по зонам, указанным выше;
- поддержание минерализации воды в водоемах, обеспечивающее экологические требования;
- организация пропуска паводков без ущерба для возводимых сооружений.

Социально-экономические требования

- максимальное восстановление прежней продуктивности;
- обеспечение максимальной занятости населения дельты;
- максимальное покрытие площадью водоемов социально-неблагополучных зон;
- максимальное снижение ущерба от исчезновения моря.

Экологические требования

Определение экологических требований было выделено в специальную задачу, которая была решена с привлечением консультанта академика Б.О. Ташмухамедова, членов наблюдательного комитета, специалистов и ученых Каракалпакского филиала академии наук. Для обоснования требований были использованы результаты мониторинга по комплексу озер Судочье в юго-западном углу Южного Приаралья. Работы по проектированию нового профиля этого озера, а также экологический мониторинг проводился силами участников проекта GEF "Управление водными ресурсами и окружающей средой бассейна Аральского моря" и помогли сформулировать экологические требования к комплексу водоемов Южного Приаралья.

Основные экологические требования к комплексу водоёмов дельты реки Амударьи определены:

* Описание сценариев развития дано в описании моделей, см. на веб-сайте www.icwc-aral.uz

- Поддержание проточности водоёмов, особенно для озёр, единственным источником питания которых являются коллекторно-дренажные воды. Особенно важно сохранение проточности в вегетационный период года.
- Поддержание уровня минерализации воды в озерах рыбохозяйственного значения не выше 5 г/л. Особенно важно сохранение данного уровня минерализации в весенний и летний периоды, когда происходит нерест, выплод личинок и рост мальков рыб (апрель-июнь).
- Поддержание глубины воды в озерах в зимний период года не ниже 1,5 м. Такая глубина обеспечит зимовку рыбному стаду и доступ ондатры к кормовым ресурсам.
- Предотвращение резкого уменьшения уровня воды в период нереста и выплода личинок рыб, поскольку это приведет к осушение мелководий и гибели молоди рыб.
- Предотвращение резких повышений уровня воды в зимний период года, поскольку это приведет к образованию наледей, ухудшающих условия зимнего питания ондатры, а при экстремальных изменениях - к разрушению убежищ и гибели зверьков
- Наличие мелководных зон, создающих условия для роста тростника, предоставляющего убежище и корм для гидрофильных видов птиц и ондатры.
- Долгосрочное сохранение акватории озер, формирующие гидробиологический режим водоёмов, обеспечивающее кормовой базой рыб и птиц.

Технико-экономические требования

- минимальная стоимость;
- максимальная эффективность опреснения по методам "стоимость – эффект", NPV, IRR.

С целью увязки и оценки всех факторов, определяющих действенность проекта, и проверки соответствия результатов работ вышеуказанным критериям, Наблюдательный комитет утвердил следующий порядок организации работ и график, которые были приняты за основу выполнения и контроля за ходом работ.

1. ***Оценка возможных ресурсов воды для комплекса дельт и южного Приаралья***. Принимая во внимание ранее выполненные работы по моделям реки Амударьи, было предложено по ожидаемым гидрологическим рядам по каждому из имеющихся вариантов определить водные ресурсы, приходящие к устью дельты Амударьи по каждому году из ряда в 20 лет, и ожидаемый гидрограф коллекторно-дренажного притока к Приаралью.
2. ***Определение отрицательных социально-экономических и экологических процессов и возможность их улучшения различными вариантами проектов,*** оценка степени улучшения. В качестве основы данного пункта используется сопоставление динамики рельефа на базе наблюдений, полученных на уровень 2000 г. группой А. Птичникова по проекту SFP № 974101 с добавлением полевых наблюдений «Эко Приаралье» по сравнению с фоном карты САНИИРИ 1992 г. Привлекаются данные, собранные НИЦ МКВК по другим проектам. Эти данные группой ГИС интерпретируются в форматы ГИСа, и на них накладываются схемы вариантов природоохранного комплекса.
3. ***Определение ориентировочных водных объектов и потребность в ежегодных объемах воды***. "Аралконсалт" дает первоочередную оценку параметров инженерных объектов каждого из комплексов по показателям: объем наполнения, площадь водоема, параметры соединительных каналов и т.д. Каждый из этих водоемов по заданиям группы моделирования и проектировщиков далее оценивается группой ГИС на предмет составления упорядоченных кривых "глубина – объем – площадь", как база данных для укрупненных гидрологических моделей.
4. ***Возможность удовлетворения водными ресурсами различных вариантов проекта на основе укрупненных гидрологических моделей***. Группа моделирования с учетом ранее проведенных работ по озеру Судочье усовершенствует грубую гидрологическую модель и оценит в какой степени, когда и насколько предлагаемые водоемы могут быть наполнены наличными ресурсами воды. Данные расчеты будут проведены для годового распределения

стока по модели. Предполагалось, что решения будут проанализированы для двух вариантов водоотведения:

- гарантированное обеспечение в год любой водности по минимальному притоку в дельту 95 % обеспеченности и стабильные водоемы, гарантирующие сохранение и поддерживание их экологической устойчивости;
- для остальных лет должна быть выработана стратегия периодического наполнения и поддержания водоемов с ограниченной устойчивостью биопродуктивности и биоразнообразия.

Параллельно проводятся уточнение модельного аппарата и тренинг специалистов по моделированию, а также по использованию MIKE 11, которая закуплена и использована далее в детальном моделировании выбранной системы водоемов.

5. ***Выбор основных параметров инфраструктуры*** в различных вариантах на основе моделирования.
6. ***Оценка потребных капвложений*** на первом этапе по укрупненным показателям. Одновременно по потенциальной продуктивности водоемов постепенно определяются ожидаемые экономико-социальные и экологические эффекты.
7. На основе этих предварительных анализов устанавливаются наиболее приемлемые варианты проектных решений по вышеуказанным критериям.
   Для уточнения экологических показателей силами Эко "Приаралье" развернута оценка качества воды в реках и водных объектах, особенно в период после маловодья, что позволит уточнить нынешнее положение в Приаралье. Одновременно проведена тарировка приборов по определению качества воды, приобретенных за счет проекта НАТО. Обработка образцов воды в лаборатории САНИИРИ.
8. По выбранному варианту проектного решения составлялся ***детальный план полевых исследований*** с целью уточнения параметров комплекса сооружений по требованию проектировщиков и модельеров. Одновременно была подготовлена более детальная модель водного объекта, которая решалась путем использования модели MIKE-11 голландского института IHE. Эта модель является основой для оптимизации не только инженерного решения параметров водоемов (расход каналов и водовыпусков, глубина водохранилищ или ветландов) и их режимов наполнения и сбросов, но и для разработки методов управления водоемами с точки зрения обеспечения устойчивости природно-антропогенного комплекса.
   Новая модель, используя MIKE 11, позволяла дать детальную картину режимов работы выбранного варианта с тем, чтобы оценить, насколько он удовлетворяют экологическим требованиям, выработанным выше. Здесь очень важно получение детальной гидрологической основы и GIS в масштабе 1 : 50000, а также оценки грунтовых условий. На основе их данных модельные исследования определили все параметры предлагаемой инфраструктуры, что позволило уточнить проектные параметры.
9. Используя все материалы пункта 8, выработаны инженерные решения стадии ТЭР для выбранного комплекса, а также дана технико-экономическую оценку, включая капвложения и эффективность по методике GB, NPV и т.д. Все это позволило разработать план управления комплексом.
10. ***Управление природным комплексом*** южного Приаралья включает:

- организационную структуру управляющего водными ресурсами и экологическими процессами в Приаралье;
- правила распределения воды в водоемах в годы различной водности;
- режимы попусков по сети водоемов и ветландов при различной водности;
- определение попусков в Аральский водоем.

Этим работам предшествовал тренинг по управлению ветландами и DSS.

V. ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

В данном разделе приводятся результаты расчетов по оценке притока воды к дельтам Амударьи и Сырдарьи на период в 20 лет. Расчеты выполнены для трех предполагаемых сценариев развития стран Центральной Азии - оптимистичном, промежуточном и варианте сохранения существующих тенденций развития на *гидрологической модели*, разработанной в НИЦ МКВК.

В качестве исходной информации для гидрологической модели были приняты гидрографы естественного стока рек (по аналогу за 1975/1976 – 1994/1995 годы), гидрографы требований потребителей к трансграничному стоку (водозаборы в странах региона), а также гидрографы возвратного стока в трансграничные реки из водохозяйственных районов. Требования на водозабор и возвратный сток были получены в результате оценок трех сценариев развития стран по социально-экономической модели (М.Рузиев, В.Приходько), которая является наряду с гидрологической моделью составной частью комплекса моделей управления бассейном Аральского моря (ASB-MM).

Гидрологические расчеты дают представление о количественной оценке речного притока в Приаралье в месячном разрезе до 2020 года, а также о минерализации воды, на фоне трех сценариев развития стран региона и различных вариантах регулирования стока водохранилищами.

Управление водными ресурсами в гидрологической модели осуществляется посредством регулирования стока с помощью водохранилищ. Построение режимов работы водохранилищ заключается в выборе режима

$$W_{k,\,t}\ k = 1,\ R,\ t = 1,\ T \tag{5-1}$$

который удовлетворяет целям планирования

$$F \rightarrow Extr \tag{5-2}$$

и системе ограничений

$$G_{i,\,t} = 0,\ i = 1,\ n \tag{5-3}$$

$$P_{i,\,t} > 0,\ j = 1,\ m \tag{5-4}$$

где: $k,\ R$ – индекс и количество водохранилищ; $i,\ j,\ n,\ m$ – индексы и количество ограничений, $t,\ T$ – временной шаг и период расчета; W – зарегулированный сток, F – целевая функция. Система (5-3) представлена балансовыми уравнениями, система (5-4) - ограничениями на допустимые объёмы наполнения и сработки водохранилищ.

Описание балансовых уравнений основывается на законах сохранения количества воды, солей и технологических схемах преобразования энергии на ГЭС. Соли представлены как консервативная примесь. Метод представления гидрологической сети – метод графов. Гидрологическая сеть разбивается на расчетные участки и створы, водохранилища, озёра, водозаборы, сбросы, ГЭС, которые в алгоритме имитируются сетью дуг – узлов. Балансовые уравнения решаются для каждого узла.

Гидрологическая модель отражает существующие в бассейне Аральского моря процессы, особенности, тенденции и ограничения формирования, регулирования (с помощью водохранилищ, ГЭС) и использования водных ресурсов трансграничных рек.

Модель позволяет проигрывать (в имитационном и оптимизационном режимах) различные сценарии развития на соответствие “требования на воду – располагаемые ресурсы” и вари-

анты управления водными ресурсами по выбранным критериям и ограничениям, рассчитывать водно-солевые балансы рек, водохранилищ. Основными составляющими гидрологической модели являются модули бассейна реки Амударьи и Сырдарьи. Гидрологическая модель разработана в системе GAMS и имеет информационную взаимосвязь с социально-экономической моделью через интерфейс (разработан в среде Access) и комплекс программ-трансляторов.

В рамках данного проекта были выполнены работы по уточнению гидрологических схем бассейнов рек Амударья и Сырдарья (линейные схемы, графы GAMS), введены изменения в алгоритмах основных модулей с целью исключения дублирования расчетов и установления связи с моделями ветландов. Введены коррективы в программное обеспечение, которое занимается экспортом и импортом данных.

Водные ресурсы в гидрологических схемах агрегированы по следующим источникам.

Бассейн Сырдарьи: (1) Река Нарын – суммарный приток к Токтогульскому водохранилищу, (2) Река Карадарья – суммарный приток к Андижанскому водохранилищу, (3) Боковая приточность к рекам Нарыну и Карадарьи, (4) Боковая приточность к реке Сырдарье (исключая реку Чирчик), (5) Река Чирчик – суммарный приток к Чарвакскому водохранилищу, (6) Река Арысь.

Бассейн Амударьи: (1) Река Вахш – суммарный приток к Нурекскому водохранилищу, (2) Боковая приточность к реке Вахш, (3) Река Пяндж, (4) Боковой приток к Амударье – реки Кафирниган, Сурхандарья, Шерабад, Кундуз.

Выполнена настройка гидрологической модели, которая заключалась в выборе целевых функций (критериев) оптимизации режимов работы водохранилищных гидроузлов с ГЭС. Для оптимистичного сценария развития стран был выбран критерий управления водохранилищами как максимум суммарного чистого дохода в орошаемом земледелии и гидроэнергетике, для сценария сохранения тенденций развития – максимум чистого дохода в орошаемом земледелии (при имитации ирригационно-энергетических режимов основных водохранилищ региона – Токтогульского и Нурекского и компенсации гидроэнергетических ущербов).

Таблица 5-1. Выбранные сценарии развития центральноазиатских государств на период в 20 лет

Сценарии	Краткая характеристика
1 - Оптимистичный сценарий	Вариант достижения 80 % потенциальной продуктивности земель, развития аграрного сектора, водосбережения, минимальных потерь воды, удовлетворения экологических требований, максимальных инвестиций, значительного уменьшения водозабора из трансграничных рек.
2 - Промежуточный сценарий (пессимистичный)	Вариант отсутствия значительных мероприятий по водосбережению, незначительного роста продуктивности земель, отсутствия необходимых инвестиций, незначительного уменьшения требуемого водозабора из трансграничных рек.
3 - Сохранение существующих тенденций развития	Вариант сохранения существующих тенденций развития государств, стабилизации продуктивности и требований на воду из трансграничных рек на современном уровне. Развитие на основе потенциала местных источников воды.

Расчеты показывают, что по сравнению с третьим сценарием при первом (оптимистичном) сценарии приток в Приаралье увеличится на 9,6 км^3/год, в том числе по Амударье - на 6,4 км^3/год, по Сырдарье - на 3,2 км^3/год.

Таблица 5-2. Средний годовой приток по рекам для трех сценариев развития стран (км^3/год)

Сценарии	Амударья	Сырдарья	Всего
1. Оптимистичный	15.2	7.8	23.0
2. Промежуточный	11.4	5.5	16.9
3. Сохранение существующих тенденций	8.8	4.6	13.4

Таблица 5-3. Амударья (Саманбай) - средние годовые расходы воды (Q) и ее минерализация (S)

Годы	Сценарий 1		Сценарий 2		Сценарий 3	
	Q м3/с	S г/л	Q м3/с	S г/л	Q м3/с	S г/л
1	235	1.56	212	1.70	196	1.75
2	327	1.50	301	1.60	288	1.62
3	441	1.35	415	1.45	415	1.45
4	323	1.50	314	1.55	314	1.55
5	368	1.40	318	1.50	292	1.60
6	390	1.38	282	1.60	276	1.65
7	238	1.55	209	1.70	187	1.80
8	244	1.53	85	2.10	10	2.20
9	352	1.45	240	1.75	76	2.10
10	400	1.38	336	1.60	288	1.60
11	320	1.50	190	1.70	38	2.10
12	263	1.54	136	1.95	12	2.20
13	650	1.10	491	1.35	298	1.55
14	647	1.10	526	1.25	519	1.25
15	419	1.35	143	1.90	57	2.10
16	596	1.20	412	1.45	276	1.60
17	812	1.00	570	1.30	314	1.55
18	887	0.95	732	1.00	740	1.00
19	869	0.97	659	1.05	526	1.15
20	853	1.00	647	1.10	533	1.10
Ср	480	1.30	360	1.50	280	1.60

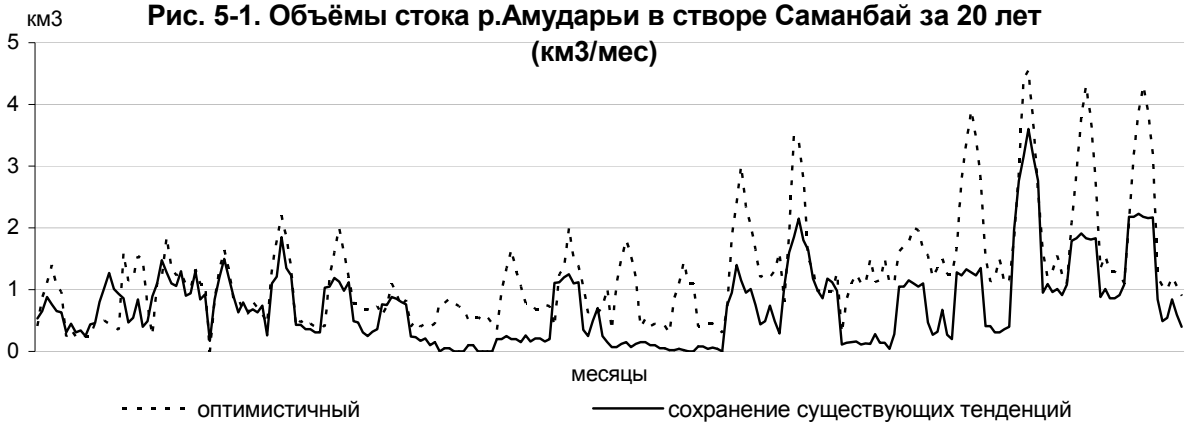


Рис. 5-1. Объёмы стока р.Амударьи в створе Саманбай за 20 лет (км3/мес)

Таблица 5-4. Годовой баланс трансграничных рек – современный уровень (км^3/год)

№	Показатель	Сырдарья	Амударья	Всего
	Приход			
1	Водные ресурсы	30.0	68.7	98.7
2	Возвратный сток	7.5	7.0	14.5
	Итого	37.5	75.7	113.2
	Расход			
1	Водозабор	30.5	60.2	90.7
2	Потери	3.0	7.0	10.0
3	Подача в Приаралье	4.0	8.5	12.5
	Итого	37.5	75.7	113.2

Таблица 5-5. Распределение водозабора из трансграничных рек по государствам (км^3/год)

№	Государство	В зоне управления БВО *)			Всего
		Сырдарья	Амударья	Сумма	
1	Казахстан	8.2	-	8.2	11.0
2	Киргизия	0.22	0.15	0.37	1.45
3	Таджикистан	2.0	8.3	10.3	10.7
4	Туркменистан	-	22.15	22.15	22.15
5	Узбекистан	11.15	22.65	33.8	45.5
	Всего	21.57	53.25	74.82	90.7

*) БВО распределяют воду между государствами по установленным лимитам.

Таблица 5-6. Водные ресурсы региона (км^3) за 1975/1976 – 1994/1995 годы

№	Годы	Бассейн Сырдарьи		Бассейн Амударьи		Всего
		вегетация	межвегетация	вегетация	межвегетация	
1	1975/1976	18.1	5.4	53.1	14.3	90.9
2	1976/1977	18.3	5.7	54.0	14.5	92.5
3	1977/1978	19.9	6.4	55.1	15.3	96.7
4	1978/1979	22.5	7.0	60.5	14.9	104.7
5	1979/1980	28.5	6.1	54.5	14.7	103.8
6	1980/1981	21.7	5.9	52.9	14.8	95.3
7	1981/1982	23.9	6.4	51.0	13.1	94.4
8	1982/1983	15.9	6.1	45.1	11.7	78.8
9	1983/1984	21.0	6.2	51.6	12.2	91.0
10	1984/1985	21.9	6.1	54.4	12.2	94.6
11	1985/1986	23.0	6.1	51.9	12.4	93.4
12	1986/1987	17.8	6.7	44.7	12.7	81.9
13	1987/1988	33.1	8.8	57.7	14.4	114.0
14	1988/1989	31.8	7.2	60.2	13.5	112.7
15	1989/1990	18.5	6.9	48.4	11.8	85.6
16	1990/1991	26.0	6.6	55.6	13.2	101.4
17	1991/1992	20.7	6.4	56.1	14.0	97.2
18	1992/1993	24.5	6.9	68.1	14.3	113.8
19	1993/1994	29.4	8.4	61.7	14.1	113.6
20	1994/1995	30.6	7.9	53.1	14.4	116.0
ср	за период					98.7

Река Амударья – прогнозный сток в створе Саманбай за период в 20 лет.
Объемы воды за месяц, сезон (вегетация, межвегетация), год (км^3).

Таблица 5-7. Вариант 1 - Оптимистичный сценарий развития

V = 4…9 months = апрель…сентябрь NV = 10…3 months = октябрь…март
IG = 4…3 months = апрель…март 4/10 months = апрель/октябрь и т.д.

N	Months	4/10	5/11	6/12	7/1	8/2	9/3	V/NV	IG
1	**4…9**	0.41	0.86	1.11	1.40	1.06	0.96	5.80	
	10…3	0.24	0.35	0.24	0.29	0.24	0.24	1.60	7.40
2	**4…9**	0.45	0.45	0.50	0.45	0.40	0.35	2.60	
	10…3	1.59	1.14	1.19	1.54	1.49	0.75	7.70	10.3
3	**4…9**	0.26	1.10	1.21	1.85	1.35	1.23	7.00	
	10…3	1.28	1.08	1.03	1.33	1.09	1.09	6.90	13.9
4	**4…9**	0.00	0.84	1.34	1.64	1.34	0.84	6.00	
	10…3	0.85	0.65	0.60	0.80	0.70	0.60	4.20	10.2
5	**4…9**	0.45	1.35	1.80	2.20	1.85	1.35	9.00	
	10…3	0.40	0.50	0.40	0.45	0.40	0.45	2.60	11.6
6	**4…9**	0.40	1.20	1.60	2.00	1.60	1.20	8.00	
	10…3	0.78	0.78	0.68	0.68	0.65	0.73	4.30	12.3
7	**4…9**	0.58	0.73	1.10	0.93	0.73	0.83	4.90	
	10…3	0.40	0.50	0.40	0.45	0.40	0.45	2.60	7.50
8	**4…9**	0.78	0.78	0.85	0.78	0.73	0.68	4.60	
	10…3	0.50	0.55	0.55	0.50	0.55	0.45	3.10	7.70
9	**4…9**	0.35	1.00	1.35	1.65	1.30	1.05	6.70	
	10…3	0.78	0.78	0.68	0.68	0.75	0.73	4.40	11.1
10	**4…9**	0.41	1.25	1.36	2.00	1.50	1.38	7.90	
	10…3	1.05	0.62	0.67	0.62	0.72	1.02	4.70	12.6
11	**4…9**	0.35	1.10	1.50	1.80	1.55	1.20	7.50	
	10…3	0.40	0.52	0.41	0.45	0.40	0.42	2.60	10.1
12	**4…9**	0.30	0.85	1.10	1.45	1.10	1.10	5.90	
	10…3	0.40	0.40	0.45	0.45	0.40	0.30	2.40	8.30
13	**4…9**	0.65	1.85	2.40	3.00	2.35	2.05	12.3	
	10…3	1.65	1.20	1.25	1.20	1.30	1.60	8.20	20.5
14	**4…9**	0.80	1.90	3.50	3.40	2.80	1.50	13.9	
	10…3	1.30	0.97	1.02	0.97	0.97	1.27	6.50	20.4
15	**4…9**	0.30	0.85	1.10	1.25	1.10	1.10	5.70	
	10…3	1.50	1.12	1.15	1.50	1.10	1.13	7.50	13.2
16	**4…9**	1.61	1.71	1.76	2.00	1.96	1.66	10.7	
	10…3	1.55	1.20	1.35	1.50	1.25	1.25	8.10	18.8
17	**4…9**	1.68	2.78	3.38	3.90	3.48	2.78	18.0	
	10…3	1.52	1.13	1.20	1.50	1.10	1.15	7.60	26.6
18	**4…9**	1.81	2.91	4.41	4.55	3.71	2.61	20.0	
	10…3	1.60	1.20	1.30	1.55	1.25	1.10	8.00	28.0
19	**4…9**	2.08	2.88	3.78	4.30	3.78	2.78	19.6	
	10…3	1.34	1.54	1.29	1.29	1.24	1.10	7.80	27.4
20	**4…9**	2.08	3.18	3.88	4.30	3.88	3.18	20.5	
	10…3	1.20	1.05	1.00	1.20	1.05	0.90	6.40	26.9
Ср									15.2

Река Амударья – прогнозный сток в створе Саманбай за период в 20 лет.
Объемы воды за месяц, сезон (вегетация, межвегетация), год ($км^3$).

Таблица 5-8. Вариант 2 – промежуточный (пессимистичный) вариант развития

V = 4…9 months = апрель…сентябрь NV = 10…3 months = октябрь…март
IG = 4…3 months = апрель…март 4/10 months = апрель/октябрь и т.д.

N	Months	4/10	5/11	6/12	7/1	8/2	9/3	V/NV	IG
1	**4…9**	0.40	0.60	1.00	0.85	0.60	0.65	4.10	
	10…3	0.40	0.52	0.41	0.45	0.40	0.42	2.60	6.70
2	**4…9**	0.33	0.49	0.83	0.65	0.50	0.50	3.30	
	10…3	1.29	0.90	0.95	1.25	0.93	0.88	6.20	9.50
3	**4…9**	0.60	1.20	1.55	1.75	1.55	1.25	7.90	
	10…3	0.94	0.90	0.85	0.80	0.85	0.86	5.20	13.1
4	**4…9**	0.00	0.93	1.40	1.78	1.40	0.99	6.50	
	10…3	0.61	0.70	0.54	0.50	0.55	0.50	3.40	9.90
5	**4…9**	0.42	1.26	1.68	2.10	1.60	1.34	8.40	
	10…3	0.24	0.35	0.24	0.29	0.24	0.24	1.60	10.0
6	**4…9**	0.43	1.08	1.43	1.73	1.43	1.20	7.30	
	10…3	0.24	0.35	0.24	0.29	0.24	0.24	1.60	8.90
7	**4…9**	0.48	0.48	0.53	0.55	0.48	0.48	3.00	
	10…3	0.65	0.65	0.55	0.55	0.62	0.58	3.60	6.60
8	**4…9**	0.25	0.30	0.30	0.25	0.25	0.25	1.60	
	10…3	0.22	0.22	0.17	0.17	0.17	0.15	1.10	2.70
9	**4…9**	0.53	0.53	0.58	0.60	0.53	0.53	3.30	
	10…3	0.74	0.84	0.65	0.65	0.57	0.85	4.30	7.60
10	**4…9**	0.33	0.49	0.81	0.69	0.51	0.47	3.30	
	10…3	1.46	1.10	1.15	1.45	1.12	1.02	7.30	10.6
11	**4…9**	0.30	0.30	0.40	0.35	0.30	0.35	2.00	
	10…3	0.80	0.60	0.55	0.80	0.65	0.60	4.00	6.00
12	**4…9**	0.25	0.30	0.30	0.25	0.25	0.25	1.60	
	10…3	0.43	0.50	0.50	0.45	0.42	0.40	2.70	4.30
13	**4…9**	0.34	1.00	1.34	1.65	1.34	1.03	6.70	
	10…3	1.75	1.30	1.35	1.75	1.40	1.25	8.80	15.5
14	**4…9**	0.45	1.30	1.70	2.15	1.65	1.35	8.60	
	10…3	1.60	1.20	1.30	1.55	1.25	1.10	8.00	16.6
15	**4…9**	0.25	0.30	0.30	0.25	0.25	0.25	1.60	
	10…3	0.40	0.50	0.55	0.50	0.40	0.55	2.90	4.50
16	**4…9**	0.71	1.41	1.81	2.20	1.86	1.41	9.40	
	10…3	0.80	0.47	0.62	0.77	0.52	0.42	3.60	13.0
17	**4…9**	1.66	1.76	2.00	1.76	1.71	1.61	10.5	
	10…3	1.45	1.20	1.15	1.45	1.20	1.05	7.50	18.0
18	**4…9**	1.91	2.61	3.05	3.41	3.11	2.61	16.7	
	10…3	1.20	1.05	1.00	1.20	1.05	0.90	6.40	23.1
19	**4…9**	2.48	2.48	2.55	2.48	2.43	2.38	14.8	
	10…3	1.22	0.87	0.97	1.22	1.02	0.70	6.00	20.8
20	**4…9**	2.11	2.31	2.55	2.46	2.31	2.26	14.0	
	10…3	1.27	1.02	0.95	1.27	1.02	0.87	6.40	20.4
Ср									11.4

Река Амударья – прогнозный сток в створе Саманбай за период в 20 лет.
Объемы воды за месяц, сезон (вегетация, межвегетация), год (км^3).

Таблица 5-9. Вариант 3 – Сохранение существующих тенденций развития государств

V = 4…9 months = апрель…сентябрь NV = 10…3 months = октябрь…март
IG = 4…3 months = апрель…март 4/10 months = апрель/октябрь и т.д.

N	Months	4/10	5/11	6/12	7/1	8/2	9/3	V/NV	IG
1	**4…9**	0.53	0.65	0.88	0.76	0.65	0.63	4.10	
	10…3	0.31	0.45	0.31	0.34	0.25	0.44	2.10	6.10
2	**4…9**	0.46	0.80	1.03	1.27	1.01	0.93	5.50	
	10…3	0.86	0.47	0.54	0.84	0.40	0.49	3.60	9.10
3	**4…9**	0.89	1.09	1.48	1.28	1.10	1.06	6.90	
	10…3	1.30	0.90	0.94	1.30	0.84	0.92	6.20	13.1
4	**4…9**	0.17	0.84	1.20	1.50	1.20	0.89	5.80	
	10…3	0.63	0.79	0.63	0.68	0.63	0.74	4.10	9.90
5	**4…9**	0.26	1.10	1.21	1.85	1.35	1.23	7.00	
	10…3	0.43	0.43	0.36	0.36	0.31	0.31	2.20	9.20
6	**4…9**	1.03	1.05	1.19	1.13	0.98	1.12	6.50	
	10…3	0.49	0.47	0.31	0.25	0.32	0.36	2.20	8.70
7	**4…9**	0.76	0.75	0.88	0.85	0.80	0.76	4.80	
	10…3	0.24	0.23	0.17	0.21	0.10	0.15	1.10	5.90
8	**4…9**	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.10	
	10…3	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.30
9	**4…9**	0.20	0.20	0.25	0.20	0.20	0.15	1.20	
	10…3	0.26	0.16	0.21	0.21	0.16	0.20	1.20	2.40
10	**4…9**	1.11	1.12	1.20	1.25	1.10	1.12	6.90	
	10…3	0.35	0.25	0.50	0.70	0.25	0.15	2.20	9.10
11	**4…9**	0.07	0.07	0.12	0.15	0.07	0.12	0.60	
	10…3	0.15	0.15	0.10	0.10	0.05	0.05	0.60	1.20
12	**4…9**	0.02	0.02	0.04	0.02	0.00	0.00	0.10	
	10…3	0.08	0.08	0.04	0.06	0.04	0.00	0.30	0.40
13	**4…9**	0.74	0.95	1.40	1.15	0.95	1.01	6.20	
	10…3	0.75	0.44	0.49	0.74	0.49	0.29	3.20	9.40
14	**4…9**	1.06	1.60	1.85	2.15	1.80	1.64	10.1	
	10…3	1.18	0.98	0.86	1.18	1.12	0.98	6.30	16.4
15	**4…9**	0.11	0.14	0.15	0.16	0.11	0.13	0.80	
	10…3	0.12	0.28	0.14	0.14	0.04	0.28	1.00	1.80
16	**4…9**	1.05	1.05	1.15	1.10	1.05	1.10	6.50	
	10…3	0.47	0.27	0.32	0.67	0.27	0.20	2.20	8.70
17	**4…9**	1.28	1.23	1.33	1.28	1.23	1.35	7.70	
	10…3	0.41	0.41	0.31	0.31	0.36	0.40	2.20	9.90
18	**4…9**	1.96	2.76	3.16	3.60	3.16	2.76	17.4	
	10…3	0.95	1.09	0.96	1.01	0.91	1.08	6.00	23.4
19	**4…9**	1.79	1.83	1.91	1.83	1.81	1.83	11.0	
	10…3	0.88	1.01	0.86	0.86	0.91	1.08	5.60	16.6
20	**4…9**	2.18	2.18	2.23	2.18	2.16	2.17	13.1	
	10…3	0.84	0.49	0.54	0.84	0.59	0.40	3.70	16.8
Ср									8.80

Коллекторный сток дельты Амударьи (ниже створа Тахиаташского гидроузла) формируется главным образом по коллекторам правого берега реки - КС-1, КС-3, КС-4 и левого берега – ККС, поступающего в озерную систему (Судочье). Современный суммарный годовой сток по данным магистральным коллекторам оценивается в 0.5…1.3 млрд. м^3. Данные о том, как изменялся объем стока за 1981…2000 годы, приводятся в таблице 5-10.

Таблица 5-10. Средние годовые объемы стока по коллекторам дельты Амударьи (млн. м^3)

Годы	ККС	КС-1	КС-3	КС-4	Сумма
1981-1985	592	361	218	174	1345
1986-1990	509	334	132	170	1145
1991-1995	647	378	220	211	1456
1996-2000	408	336	153	98	995
Средний	539	353	181	163	1236

В 2000-2001 годах коллекторный сток в дельте резко сократился до 0,4-0,3 млрд. м^3 в год, что было вызвано малой водностью реки и сокращением посевов риса в Каракалпакстане. Однако после двухлетнего периода маловодья летом 2002 года возобновились сбросы по реке ниже Тахиаташского гидроузла и увеличились расходы в коллекторах. Только с октября 2002 года по март 2003 года объем стока по коллекторам составил 387 млн. м^3. Максимальные расходы по коллекторам проходят в июне-августе (превышают средний многолетний расход в 2-4 раза), минимальные в феврале-марте.

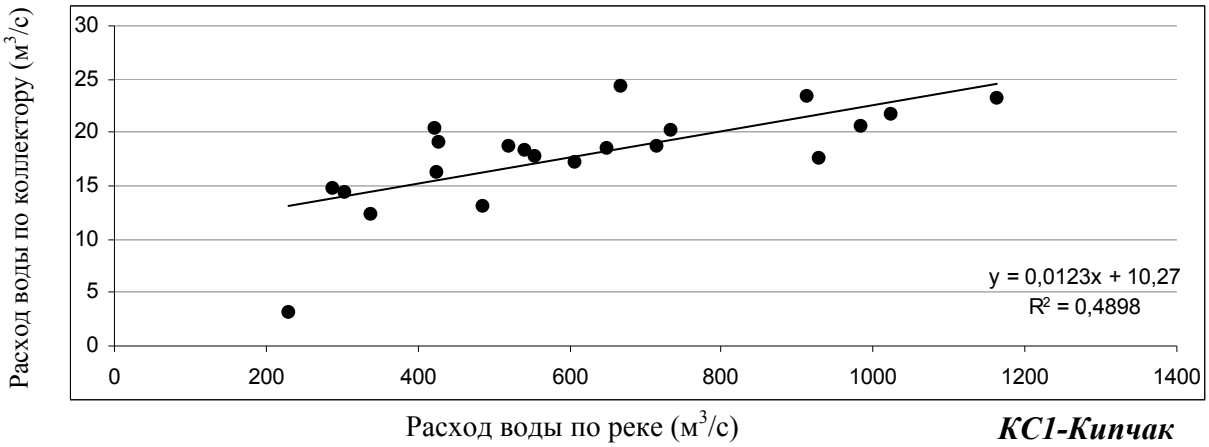
Для прогнозирования коллекторного стока дельты Амударьи определялись зависимости годовых объемов стока коллекторов КС-1, КС-3, КС-4, ККС от речного стока. Наилучшая корреляция для 1980-2000 годов получена по створу Кипчак (рис. 5-2).

Расчетное внутригодовое распределение коллекторного сока (в % от суммарного за год) для среднего по водности года составляет (в %): октябрь - 6, ноябрь-январь - 16, февраль-март - 4, апрель-май - 7, июнь-август – 52, сентябрь - 15.

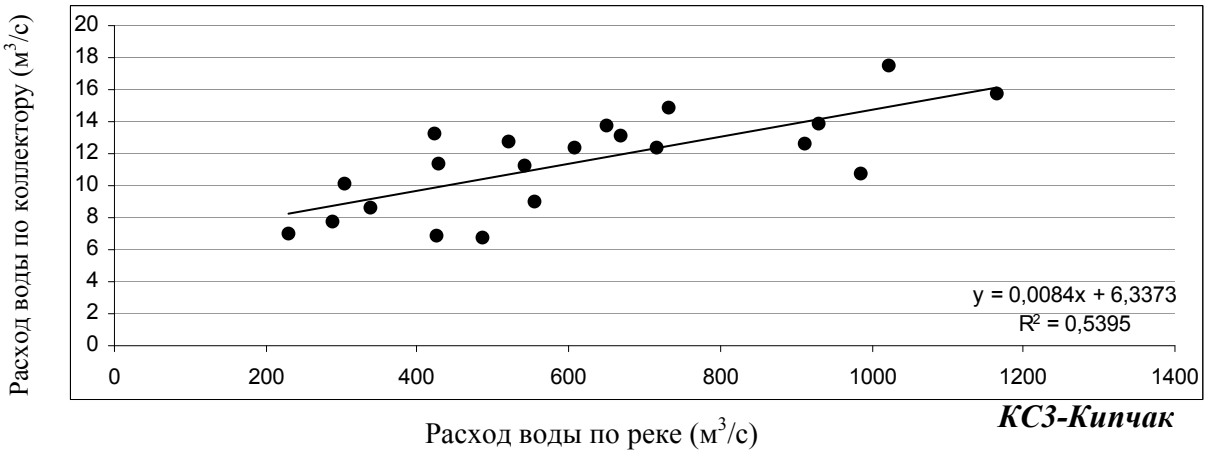
Более точный прогноз коллекторного стока требует комплексного моделирования процессов движения грунтовых потоков, во взаимосвязи с фильтрацией из оросительных каналов и с орошаемых полей (что в свою очередь определяется составом культур, площадями орошения, оросительными нормами и др.), уровнем воды в реке (которая может являться источником питания грунтовых вод или их дренирования). Основным естественным базисом разгрузки грунтовых вод Тахиаташской дельты являются на левом берегу озеро Судочье, на правом – Каратерень.

Рис 5-2. Зависимость среднегодовых расходов воды по коллекторам ККС, КС-1, КС-3, КС-4 от расхода воды в реке Амударья в створе Кипчак (по данным 1980-2000 гг.)

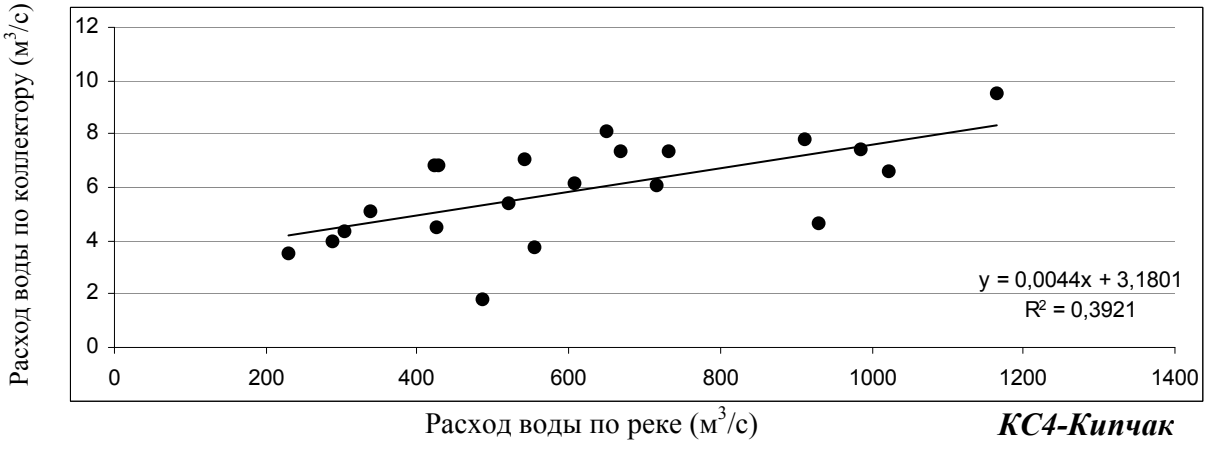
ККС-Кипчак



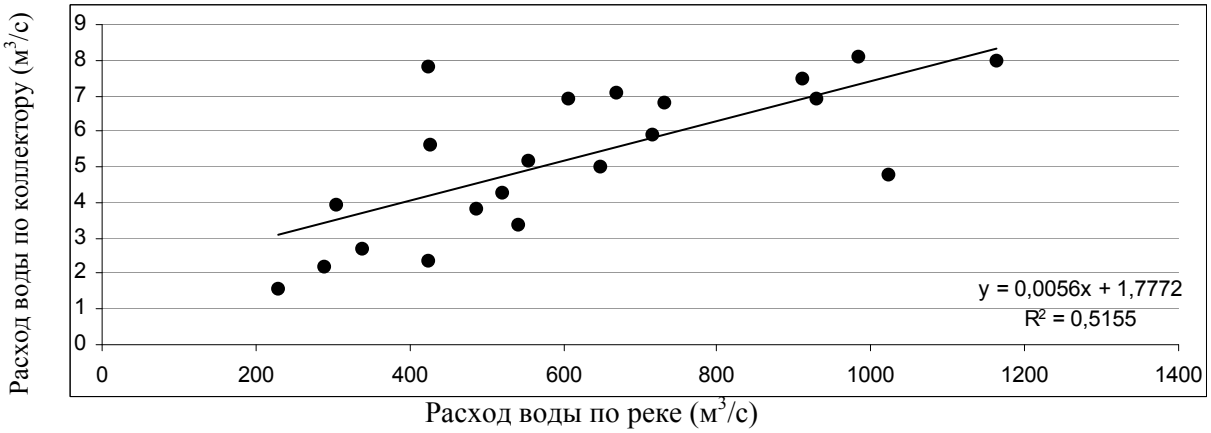
КС1-Кипчак



КС3-Кипчак



КС4-Кипчак



VI. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Анализ результатов моделирования различных вариантов обводнения дельты р.Амударьи, путем создания водоемов с управляемым режимом и при исследованиях вариантов функционирования озера Судочье, выполненных в составе проекта, определил ряд требований, как к математическим моделям, используемым для формального описания динамики изменения и развития водохозяйственной обстановки в регионе Аральского моря, так и к объему и качеству исходной информации, необходимой для проведения численных экспериментов. Основное требование к математическим моделям диктуется, в первую очередь, характером природно-климатических изменений этого региона, где невозможно выделить устойчивые повторяющиеся периоды, и, следовательно, непригодны модели регрессионного типа. Таким образом, в качестве основной базы принимается класс эволюционных моделей, опирающихся на выполнение каких-либо законов сохранения, здесь определяющим является закон сохранения массы жидкости. Следующее требование – необходимость в оптимизации, обусловлено большим количеством возможных вариантов обводнения дельты Амударьи со сложной водохозяйственной инфраструктурой и принципиально различными схемами распределения водных ресурсов по направлениям Западной и Восточной частей Аральского моря. Решение этой задачи управления опирается на математическую модель, реализованную в среде GAMS, с раздельным учетом существующих и проектируемых водоемов. Поэтому в качестве основы моделирования оптимизационных задач в этом проекте, также принимается язык GAMS, как по причине достаточно высокой надежности решений, получаемых на его основе, так и в силу наличия специалистов, владеющих этим языком в группах.

В качестве рабочей гипотезы для моделирования динамики развития Аральского моря принимается комплекс из трех типов математических моделей, отражающих различные аспекты в функционировании и развитии моря: гидрологический, гидродинамический и экологическая. Использование каждой модели преследует определенную цель и решает конкретный круг задач, необходимых для обоснования каждого варианта восстановления, а также для выработки рекомендаций по управлению водохозяйственной обстановкой в процессе эксплуатации водоемов в дельте Амударьи. Разные модели используют различные пространственно-временные масштабы для описания процессов, но единую топографическую основу, через которую выполняется согласование всех результатов моделирования (двух имитационных и одной оптимизационной), расположенных на двух иерархических уровнях.

Целью гидрологического моделирования является нахождение допустимых отметок водной поверхности в акватории системы озер и моря, исходя из существующих и планируемых объемов подачи водных ресурсов, определение внутригодовых колебаний отметок водной поверхности в зависимости от процента обеспеченности стока в реках Амударье и Сырдарье и выбранной водохозяйственной политики.

Математическая модель, выбранная для гидрологического моделирования, основывается на системе обыкновенных дифференциальных уравнений, отражающих структурные связи в системе водоемов и все статьи водохозяйственного баланса с учетом минерализации водных масс.

Исходные данные гидрологической модели состоят из графической схемы пространственного расположения водоемов с указанием подводящих и отводящих каналов и коллекторов, кривых изменения объема и площади свободной поверхности как функции отметок для каждого водоема, временных рядов поступления водных ресурсов, процентов покрытия свободной поверхности водоемов тростником и рогозом, графиков колебания температур и осадков.

Результаты моделирования представляют серии кривых изменения отметок поверхности водоемов в ежемесячном и годовом разрезе, объемов испарения и фильтрации, а также средние значения минерализации в пределах каждого водоема в зависимости от характера колебания стока и принятой политики распределения водных ресурсов.

Целью гидродинамического моделирования является нахождение интенсивности перемешивания водных масс внутри каждого водоема, определение основных параметров течений и

распределения минерализации в пространстве и во времени с учетом изменения гидравлического сопротивления вследствие зарастания различных частей акватории тростником и рогозом.

Математические модели, выбранные для гидродинамического моделирования, основывается на системе дифференциальных уравнений в частных производных, вытекающих из законов сохранения массы и импульса двухфазной жидкости, в предположении, что объем твердой фазы (в данном случае минерализации), достаточно мал и формирует лишь экологию среды, а уравнения сохранения импульса записываются как для гомогенной жидкости с переменной плотностью. Краевые условия для этих моделей формируются по результатам решения задачи первого уровня и физико-климатическим характеристикам исследуемого года.

Исходные данные гидродинамической модели состоят из: топографической карты рельефа местности, графической схемы расположения подводящих и отводящих каналов и коллекторов, временных рядов поступления водных ресурсов со значениями минерализации и температуры, участков покрытия поверхности местности тростником и рогозом, графиков колебания температур и функции испарения.

Результаты моделирования представляют собой серии таблиц, отражающих параметры течений в пределах акватории, числовые значения отметок свободной поверхности и минерализации в зависимости от состояния объекта и поступления водных ресурсов.

Целью экологического моделирования является нахождение допустимых значений глубин, минерализации и активного кислорода в выделенных акваториях Аральского моря, исходя из экологических требований к планируемым вариантам восстановления биологических и водных ресурсов. На основании этих данных будет выполнена оценка прироста биопродуктивности в выделенных акваториях Аральского моря.

Математическая модель, выбранная для экологического моделирования, основывается на системе обыкновенных дифференциальных и алгебраических уравнений отражающих процессы роста и отмирания биоресурсов в зависимости от глубины и минерализации водных потоков, динамики промерзания акваторий и наличия активного кислорода в летний и зимний периоды.

Исходные данные экологической модели состоят из: параметров водных потоков и их минерализации, полученных по результатам имитации гидравлической модели, временных рядов температуры и активного кислорода, полученные по результатам моделирования гидродинамических задач и коэффициентов прироста биомассы, как функции глубины, температуры, минерализации и активного кислорода, полученные по результатам экологических исследований.

Результаты моделирования представляются в виде серий карт изменения объемов растительности и биопродуктивности для различных временных периодов (для каждого периода своя серия) с выделением наиболее опасных временных интервалов в эволюции Аральского моря.

Исследования эволюции любого объекта математическими методами требуют выделения временных рядов, на которых выполняется калибровка и оценка адекватности выбранных математических моделей и временных периодов контроля и прогноза. В настоящем проекте эти периоды рационально распределены следующим образом:

- . . ., 1960 гг. – период стационарного (в многолетнем разрезе) состояния моря,
- 1961 – 2002 гг. – базовый период нестационарного состояния моря,
- 2003 - . . . - период прогноза,
- 2003 – 2004 гг. – контрольный период.

Первый период характеризуется среднемноголетними значениями параметров в ежемесячном разрезе, привязанных к координатам на территории проекта.

Второй период характеризуется ежегодными значениями параметров в ежемесячном разрезе, привязанных к объектам, выделенным на территории проекта.

Два первых периода составляют основу для получения числовых значений феноменологических параметров для всех групп математических моделей.

Открытость периода прогноза, обусловлена тем, что в данный момент времени можно достаточно определенно оценить период стабилизации Аральского моря по водному фактору,

т.е. отметку акватории и объем водного тела при различных объемах подачи водных ресурсов, однако время стабилизации гидрохимического и биологического процессов на данном этапе определить не удается.

Наличие контрольного периода в рамках выполняемого проекта позволяет дать оценку достоверности прогнозов в первом приближении и при необходимости уточнить рекомендации, полученные по результатам прогноза, или полностью отказаться.

Таким образом, все группы математических моделей должны быть отработаны в трех режимах:

- режим калибровки феноменологических параметров,
- режим краткосрочного прогноза,
- режим долгосрочных прогнозов.

Формальное описание отдельного водоема

Формальное описание процессов, определяющих эволюцию водоема, основывается на системе трех обыкновенных дифференциальных уравнений, отражающих процессы поступления и оттока водных ресурсов, изменение минерализации и зарастание акватории тростником. Выбор этого перечня компонентов экосистемы обусловлен анализом важности выделенных составляющих и возможностью косвенной оценки остальных экологических параметров через вышеперечисленные. Важнейшей составляющей водного баланса водоемов является испарение, слой которого в регионе Аральского моря в летние месяцы достигает ~ 200 мм/месяц со свободной поверхности воды. Еще большие потери происходят с поверхности воды, занятой растительностью. Эвапотранспирация тростника и рогоза увеличивает слой испарения в 1,6 ~1,7 раза, и достигает значений ~ 340 мм/месяц, при среднегодовом слое ~1600мм/год. Поэтому одним из основных параметров, формирующих водохозяйственный и экологический баланс озер, являются площади, занятые тростником, и минерализация воды. Для построения математической модели рассмотрим элементарную емкость, геометрия которой описывается двумя функциями *F(z)* и *L(z), z*-отметка поверхности воды, *F(z)*- площадь свободной поверхности зеркала воды при отметке *z, L(z)* – контур, охватывающий свободную поверхность *F(z)* при той же отметке *z.* Обе функции строятся по топографии местности, где расположена акватория. Под термином “элементарная емкость” здесь и далее понимается такая емкость, в пределах которой, воду можно рассматривать с единой отметкой – *z (t)*, средней минерализацией – *s(t),* и массой тростника – *m(t)).* Взаимодействие элементарной емкости с внешней средой происходит через свободную поверхность *F*, в виде испарения и осадков, через дно в виде фильтрационных потоков и через контур *L*, путем сопряжения с каналами, коллекторами или другими элементарными емкостями. Уравнения сохранения массы воды и солей в применении к элементарной емкости можно записать следующим образом:

$$\frac{dW}{dt} = \int_L Q(l,z,t)dl + q^0(t) - q_f(t) - q^e(t); \tag{6.1}$$

$$\frac{dS}{dt} = \int_L (s(l,t) \times Q(l,z,t))dl - q^s_f(t); \tag{6.2}$$

$$W(z) = \int_0^z F(h)dh; \tag{6.3}$$

Здесь: $Q(l,z,t),\ \forall l \in L$ – расход воды, определяемый условиями сопряжения на контуре *L,* $q^0(t)$ – осадки, $q_f(t)$ - фильтрационный отток, $q^e(t)$ – испарение со свободной поверхности, $q^s_f(t)$ – отток солей на границе “вода – дно акватории”. Поток испарения со свободной поверхности $q^e(t)$ зависит от доли покрытия этой поверхности тростником, обозначив через $e^{tr}(t)$ – интенсивность эвапотранспирации тростника, а через $e^0(t)$ – интенсивность испарения с открытой поверхности, получим выражение для $q^e(t)$:

$$q^e(t) = e^0(t) \times F^0 + e^{tr}(t) \times F^{tr} \tag{6.4}$$

здесь, F^0 , F^{tr} – площадь открытой поверхности и поверхности занятой тростником соответственно, $F^{tr}+F^0 = F$ – свободная поверхность акватории.

Процесс развития тростника в акватории обусловлен преимущественно двумя факторами: - глубинами водоема – h и минерализацией воды – s. Причем, экспериментально установлено, что тростник в акватории озера Судочье развивается только при глубинах меньше одного метра. При повышении уровня воды на участках с глубиной больше одного метра тростник постепенно отступает. Принимая, что эти условия формирования тростника сохраняются в акватории Приаралья, рассмотрим динамику изменения площади, захваченной тростником. Пусть $F^{tr}(z)$ – часть площади акватории покрытая тростником, а $F^l(z)$ – часть площади акватории с глубиной меньше одного метра,

$$F^l(z) = \{ F(z) - F(z-1) \text{ при } h>1;\ F(z) \text{ при } h \le 1\} \tag{6.5}$$

Полагая, что скорость захвата и отступления тростника подчиняются линейному закону, получим уравнение для $F^{tr}(z)$

$$\frac{dF^{tr}}{dt} = \lambda(T) \times (F^1 - F^{tr}) \tag{6.6}$$

Где: $\lambda(T)=\lambda^1(T)$, при $F^l - F^{tr} > 0$ и $\lambda(T)=\lambda^2(T)$, при $F^l - F^{tr} \le 0$ – скорости захвата и отступления соответственно. Функции $q^0(t)$, $q_f(t)$, обычно известны из гидрологических данных, кроме этого известны значения $W(0)$, $S(0)$, $F^{tr}(0)$, поэтому для замыкания системы уравнений (1) – (6) необходимо определить расходы по контуру элементарной емкости. Контур элементарной емкости проводится либо через характерные участки рельефа местности, для которых можно использовать зависимости типа уравнения Шези, либо через гидротехнические сооружения, где расходы определяются через параметры сооружения и потока по формулам гидравлики, количество таких формул (уравнений) равно числу участков сопряжения элементарных емкостей. Практически любую акваторию можно скомпоновать из набора элементарных емкостей. Для этого на топографической карте выделяются контуры предполагаемых емкостей, которые покрывают всю возможную водную поверхность. После этого для каждой емкости вычисляются по топографической карте функции $F(z)$- площадь свободной поверхности воды при отметке z, и $L(z)$- контур, охватывающий поверхность $F(z)$, при той же отметке z. Результатом этой работы является набор батиметрических кривых для всех выделенных контуров. Совмещая эти кривые, по контуру с наименьшей отметкой дна, строится интегральная батиметрическая кривая для всей акватории, которая используется в исследованиях первого этапа. Показатели функционирования акватории состоят из интегральных характеристик, отражающих средневзвешенное состояние элементов за различные промежутки времени. Эти показатели с ранжированием их по значимости.

- объем акватории $W(t)$ и относительные колебания объема в годовом и многолетнем разрезе $\delta W(t)/ W(t)$, параметры измерения: площадь зеркала водной поверхности - $F(t)$, $\forall t \in \{t\}$.
- минерализация воды в акватории – $s(t)$ и относительные колебания минерализации во временном $\delta s(t)/ s(t)$, и пространственном $\delta s(X)/ s(X)$ разрезах, параметры измерения – минерализация в различных точках акватории в разные моменты времени: $s(X,t)$, $\forall s(X,t)$, $\forall t \in \{t\}$; $X \in \{F\}$.
- поверхность, занятая тростником – $F^{tr}(t)$, параметры измерения – площадь зеркала воды, занятая тростником.

Этим показателям соответствуют уравнения (6-1), (6-2), (6-6). Численная реализация математической модели (6-1) – (6-6), осуществляется на дискретной временной сетке конечно-разностным методом. Для этого исследуемый интервал времени $\{t^0:t^K\}$ разобьем на равные промежутки Δt таким образом, что t теперь может принимать значения из множества $\{t^0, t^0+\Delta t,$

$t^0+2\Delta t, \ldots, t^0+K\Delta t=t^K\}$. Кроме этого выполним кусочно-линейную аппроксимацию контура L, в результате чего получим J участков сопряжения. Для каждого участка сопряжения назначим направление расхода Q и сгруппируем по признаку одинаковых знаков это дает J^+ и J^-, ($J= J^+ + J^-$). (Если в процессе счета знак Q получится отрицательным, то это означает противоположное направление течения). Значения параметров в элементарной емкости отнесем к моментам времени $t\in\{t^0, t^0+\Delta t, t^0+2\Delta t, \ldots, t^0+K\Delta t\}$, а параметров на участках сопряжения к моментам времени $t\in\{t^0+0.5\times\Delta t, t^0+1.5\times\Delta t, t^0+2.5\times\Delta t, \ldots, t^0+(K-0.5)\times\Delta t\}$, тогда вместо (6-1) и (6-3) получим:

$$W^{t+\Delta t} = W^t + \Delta t \times (\sum_{j\in J^+} Q_j^{t+\Delta t/2} - \sum_{j\in J^-} Q_j^{t+\Delta t/2} + q^{0,t} - q_f^t + q^{e,t}) \tag{6.7}$$

$$S^{t+\Delta t} = S^t + \Delta t \times (\sum_{j\in J^+} (s\times Q)_j^{t+\Delta t/2} - \sum_{j\in J^-} (s\times Q)_j^{t+\Delta t/2} + q_f^{s,t}) \tag{6.8}$$

$$F^{tr,t+1} = F^{tr,t} + \Delta t \times \lambda^t \times (F_{h<1}^t - F^{tr,t}) \tag{6.9}$$

$$F^{t+\Delta t} = F(W^{t+\Delta t}); \; Q^{t+\Delta t/2} = Q(W^t, W^{t+\Delta t}) \tag{6.10}$$

Остальные уравнения сохраняют тот же смысл, но вычисляются в моменты времени с осреднением по промежутку Δt.

Формальное описание системы водоемов

Система водоемов в данной работе формализуется в виде ориентированного графа **G**(J,I), где J={0,1, . . .,j}-множество вершин, соответствующих емкостным объектам, а I ={ 0,1, . . .,i}-множество дуг, отражающих связи по распределение водных ресурсов в системе. Каждый элемент i ∈I характеризуется парой (j,k), такой что (∀(j,k), j∈J, k∈J, k≠j), где: j - начальная вершина(узел), k - конечная вершина (узел), дуги i . Таким образом с каждой вершиной **G**(J,I) связан некоторый объект, обладающий объемом воды, а с каждой дугой – сооружение формирующее движение воды между вершинами. Уравнения, описывающие процессы функционирования отдельных водоемов, основываются на системе обыкновенных дифференциальных уравнений отражающих поступление, отток и испарение водных ресурсов, изменение минерализации и зарастание акватории тростником. Эти уравнения относятся к объектам J={0,1, . . .,j}-множество вершин. В этом разделе описывается формализация объектов, относящиеся к множеству I ={ 0,1, . . .,i}- дуги, которые определяют сопряжения водоемов между собой и внешней границей территории Аральского моря. Уравнения сохранения воды и соли на графе **G**(J,I), будут иметь вид:

$$\frac{dW_j}{dt} = \sum_{(k,j)\in I_j^+} Q_{k,j} - \sum_{(j,k)\in I_j^-} Q_{j,k} + q_j \tag{6.11}$$

$$\frac{dS_j}{dt} = \sum_{(k,j)\in I_j^+} (s\times Q)_{k,j} - s_j \times \sum_{(j,k)\in I_j^-} Q_{j,k} + q_j^s \tag{6.12}$$

$$Q_{j,k} = Q_{j,k}(a_{j,k}, W_j, W_k, U_{j,k}), \; \forall (j,k) \in \{I^U\} \subset \{I\} \tag{6.13}$$

$$Q_{j,k} = Q_{j,k}(t), \; \forall (j,k) \in \{\partial G\} \tag{6.14}$$

где: W_j – объем воды в j–ой вершине(м^3), I_j^+, I_j^- - множества дуг входящих в вершину j и выходящих из вершины j, соответственно; q_j – суммарный локальный приток (отток) в верши-

ну, связанный с осадками, испарением и т.п., (м^3/сек), q_j^s – суммарный приток (отток) в вершину солей (кг/сек), S_j – масса солей (кг), $s_{j,k}$ – минерализация (кг/м^3), $Q_{j,k}$ - расход между вершинами j и k (м^3/сек), $a_{j,k}$- функция, характеризующая конкретное гидротехническое сооружение, расположенное на дуге (j,k), $U_{j,k}(t)$ – управление дугой (j,k), $\{I^U\}$-подмножество управляемых дуг ($\{I^U\} \subset \{I\}$), $\{\partial G\}$ –внешняя граница системы. Рассматривая $\boldsymbol{W}$ и $\boldsymbol{S}$ – как векторы, размерности "J" , получим для системы нелинейных уравнений (11) – (14) задачу Коши, решение которой можно получить лишь путем численного интегрирования. Поэтому прейдем к дискретному пространству по времени. Для этого интервал $\{t^0:t^K\}$ разобьем на равные промежутки Δt таким образом, что t теперь может принимать значения из множества $\{t^0, t^0+\Delta t, t^0+2\Delta t, \ldots, t^0+K\Delta t=t^K\}$. Параметры системы в вершинах отнесем к моментам времени $t \in \{t^0, t^0+\Delta t, t^0+2\Delta t, \ldots, t^0+K\Delta t\}$, а параметры на дугах к моментам времени $t \in \{t^0+0.5\times\Delta t, t^0+1.5\times\Delta t, t^0+2.5\times\Delta t, \ldots, t^0+(K-0.5)\times\Delta t\}$, получим:

$$W_j^{t+1} = W_j^t + \sum_{(k,j)\in I_j^+} W_{k,j}^{t+1/2} - \sum_{(j,k)\in I_j^-} W_{j,k}^{t+1/2} + w_j^{t+1/2} \tag{6.15}$$

$$S_j^{t+1} = S_j^t + \sum_{(k,j)\in I_j^+} (s\times W)_{k,j}^{t+1/2} - \sum_{(j,k)\in I_j^-} (s\times W)_{j,k}^{t+1/2} + w_j^{s,t+1/2} \tag{6.16}$$

$$W_{j,k}^{t+1/2} = \Delta t \times Q_{j,k}(a_{j,k}, W_j^{t+1/2}, W_k^{t+1/2}, U_{j,k}^{t+1/2}),\ \forall (j,k) \in \{I^U\} \subset \{I\} \tag{6.17}$$

здесь: $w_j = q_j \times \Delta t$;

Таким образом, система из $2\times|\{J\}|$ дифференциальных уравнений на дискретной пространственно-временной сетке, редуцируется в систему из $2\times(K+1)\times|\{J\}|$- нелинейных алгебраических уравнений, относительно переменных в вершинах, связанных через $2\times K\times|\{I\}|$- переменных на дугах. из которых $K\times|\{I\}|$- переменных являются управлениями. Здесь $|\{.\}|$ - количество элементов в указанном множестве. Для расхода по дуге выполним следующее преобразование формулы (17), выражение для $Q_{j,k}$ можно записать в виде:

$$Q_{j,k}(a_{j,k}, W_j, U_{j,k}) = Q_{j,k}(f(a_{j,k}, U_{j,k}),\ W_j), \tag{6.18}$$

В функцию $f(a_{j,k}, U_{j,k})$ вместо $U_{j,k}$ подставим $\boldsymbol{U}_{j,k}$ - допустимое пространство управлений, и умножим ее на Δt, функция $\boldsymbol{W_{j,k}} = \Delta t \times f(a_{j,k}, \boldsymbol{U}_{j,k})$- образует новое допустимое пространство управлений, но уже по переменной $W_{j,k}$, таким образом, вместо (17) имеем:

$$W_{j,k}^{t+1/2} = W_{j,k}(W_j^t, W_j^{t+1}) \in \boldsymbol{W_{j,k}},\ \forall [(j,k) \in \{I^U\},\ t \in \{t^0:t^K\}] \tag{6.19}$$

Для завершения описания задачи необходимо определить формулы для вычисления расхода по дугам. Анализируя инфраструктуру Приаралья, можно выделить три типа сопряжения водоемов между собой. Каждый тип сопряжения описывается собственным уравнением гидравлики, в зависимости от особенности процесса течения жидкости.

- Течение в открытом русле, канале - (формула Шези)
- Течение через водослив с широким порогом - (формула водослива)
- Истечение из-под щита - (формула истечения из-под затвора).

Первые два типа являются неуправляемыми, где величина расхода определяется через параметры русла и уклон свободной поверхности, как функции отметок свободной поверхности сопрягаемых акваторий, а последний – управляемый, в котором, помимо параметров конструкции и отметок, участвует параметр управления, задающий величину открытия затвора. По своему типу, приведенная математическая модель, относится к классу моделей камерного типа. В этих моделях строго выполняется закон сохранения массы, а вместо законов сохранения импульса и энергии используются полуэмпирические уравнения гидравлики сооружений. Модели

этого типа исследованы достаточно подробно, поэтому здесь лишь отметим, что для моделирования водоемов с повышенной минерализацией наибольшую сложность представляет учет процессов выпадения в осадок солей с их последующим размывом, изменяющим как минерализацию, так и емкостные характеристики самих камер. В данной работе эти затруднения обойдены путем предварительного разделения процессов заиления (размыва) и динамики изменения минерализации с последующей склейкой решений на совпадающих моментах времени (ясно, что временные сетки для обоих видов процессов должны быть увязаны).

Идентификация гидрологической модели

На первом этапе численных экспериментов с гидрологической моделью необходимо решить следующие задачи:

- выполнить калибровку модели на основе среднемноголетних данных;
- уточнить количественные характеристики элементов водного баланса дельты

Для калибровки модели выбрана первая половина двадцатилетних гидрологических рядов и значения фактических отметок акватории Аральского моря за период 1980 – 1989 гг. Параметры дельты задавались путем сочетания батиметрических кривых для существующей системы водоемов. Поверхность, занятая тростником, моделировалась с помощью уравнения (6.6), настоящего отчета, где $\lambda(T)$ принималась в месячном разрезе по значениям температуры, вычисленным по среднемноголетним данным. Площадь, занятая тростником в начале моделирования задавалась равной площади водоемов с глубиной меньше одного метра. Начальный уровень заполнения дельты задавался только для 1980 г., для остальных лет он принимался по результатам расчетов предыдущего года. Фильтрационный отток (приток) на этом этапе имитационных экспериментов принимался равным нулю, поскольку его объемы находились в пределах погрешности исходной информации.

Водные ресурсы

Водные ресурсы, поступающие в дельту складывались из:

- стока в створе «Саманбай»
- суммарного стока по коллекторам

Осадки и испарение

Осадки принимались по среднемноголетним данным. Испарение вычислялось по составляющим:

- испарение с открытой поверхности воды озера, **e(t)**
- испарение с поверхности воды, покрытой тростником, 0.3* **e(t)**
- эвапотранспирация тростника, 1.3* **e(t)**

Функция e(t) - принята в среднемесячном разрезе по среднемноголетним данным, согласно отчету.

Минерализация

Минерализация дельты вычислялась с осреднением по всему объему в среднемесячном разрезе. Начальное значение минерализации в дельте задавалось только для 1980г, в виде допустимого значения 5г/л., для остальных лет начальное значение принималось по результатам расчетов предшествующего года.

Отток

Отток из дельты = сток в Аральское море, рассматривался как параметр управления, с помощью которого поддерживался уровенный режим, доступный существующей системе дельтовых озер, либо как величина дисбаланса на этапе калибровки модели.

Аральское море

Последний элемент в данной постановке рассматривается в виде одного водоема, поглощающего весь избыток водных ресурсов, уходящих из системы дельтовых озер реки Амударьи, имеющего средневзвешенную отметку свободной поверхности, динамика которой является основным индикатором для калибровки коэффициентов математической модели.

Калибровка модели

Проблемам оценки достоверности моделей, используемых для численных исследований физических и технологических процессов, посвящено достаточно большое количество литературы, где, в качестве общего утверждения можно выделить то, что практически любая математическая модель помимо основных уравнений, имеет ряд феноменологических параметров, не определенных в рамках самой модели. Получение числовых значений этих параметров (или формул для их определения) обычно называют идентификацией модели, а задачи, возникающие при этом - обратными. Следует отметить, что сложность решения возникающей обратной задачи зачастую превышает сложность решения исходной. Точность исследований процесса функционирования водоемов с управляемым режимом на базе сформулированной выше модели, во многом определяется точностью задания батиметрических кривых отдельных водоемов и соотношениями между площадью водной поверхности акватории и площадью поверхности, поросшей тростником. Поскольку основная потеря водных ресурсов в мелководных водоемах происходит с поверхности занятой тростником, то на первом этапе идентификации рассматриваемой модели, необходимо выполнить настройку соотношений между скоростью роста тростника на мелководье и его гибелью. Причем гибель тростника может происходить по двум причинам, либо в результате увеличения глубины водоема более h^{TR}, либо по причине высыхания части водоема при недостатке водных ресурсов. Из натурных исследований проекта следует, что $h^{TR} \approx$1м., а динамика процессов зарастания и гибели тростника, на порядок ниже динамики колебаний площади свободной поверхности, обусловленной испарением и поступлением водных ресурсов в водоемы. Дифференциальное уравнение роста и отмирания тростника имеет три феноменологических параметра, два из которых, скорость роста и скорость отмирания, в основном связаны с биологией растения и плодородностью почвы, а третий h^{TR}, занимает промежуточное положение между биологией и водным фактором, именно он принимается параметром вариации, при калибровке модели. Дополнительные соображения в пользу выбора именно h^{TR}, связаны с тем, что вариация этим параметром одновременно компенсирует и неизбежные погрешности батиметрических кривых. Для выполнения калибровки модели, кроме динамики поступления водных ресурсов в Приаралье, необходима и динамика оттока, информация о которой отсутствует, поскольку растекание стока в дельте реки происходит по множеству рукавов, на которых отсутствуют гидрологические посты. Одним из методов решения задач в подобных случаях, является привлечение дополнительной информации, выходящей за границы исследуемой системы, в нашем случае такая информация содержится в Аральском море. Аральское море является бессточным водоемом, у которого динамику свободной поверхности акватории можно описать обыкновенным дифференциальным уравнением:

$$\frac{dZ}{dt} = h^{oc}(t) - h^{E}(t) + \frac{W^{R}(t) + W^{G}(t,Z)}{F(Z)}; \qquad (6.20)$$

здесь: Z – отметка поверхности акватории моря, $h^{oc}(t)$- слой осадков; $h^{E}(t)$- слой испарения; $W^{R}(t)$-суммарный приток речных вод; $W^{G}(t)$- суммарный приток (фильтрационный отток при $W^{G}(t,Z)<0$) грунтовых вод; $F(Z)$- площадь поверхности акватории моря;

Анализ водного баланса Аральского моря, выполненный для различных периодов по фактическим значениям, приведенным в [3], показывает, что составляющая $W^{G}(t,Z)$ очень мала и находится в пределах точности измерений (невязки баланса). Разница между осадками и испарением ($h^{oc}(t)$- $h^{E}(t)$) - в многолетнем разрезе устойчиво колеблется вокруг значения «–87 мм» при величине стандартного отклонения «= 2,2 мм». Функция $F(Z)$- отражает геометрию впади-

ны, где расположено Аральское море и на рассматриваемых интервалах времени ее можно считать не зависящей от "*t*". Следовательно, имея значения о динамике уровня акватории Аральского моря, можно построить функцию $W^R(t)$. Тогда искомое значение h^{TR} – предельную глубину, на которой возможен рост тростника, определим из минимизации функционала:

$$\Im(h^{TR}) = \min_{h^{TR}} \int_{t1}^{t2} [W^R(t) - W(t, h^{TR})]^2 dt; \qquad (6.21)$$

где: $W(t, h^{TR})$-функция оттока из Приаралья, получаемая в результате моделирования. Сравнительные результаты для *t1*=1980г и *t2*=1989г, полученные при использовании фактических среднемесячных значений отметок поверхности Аральского моря, с гидрологических постов «Лазарева» и «Барсакельмес», приводятся на рисунках 6-1 и 6-2. На рисунке 6-3 приводятся результаты прогноза, полученного путем имитационного моделирования, на которые нанесены фактические значения динамики уровня Аральского моря, приведенные в проекте. На рисунке 6-3 приводится фактическая динамика поверхности Аральского моря во второй половине XX-века.

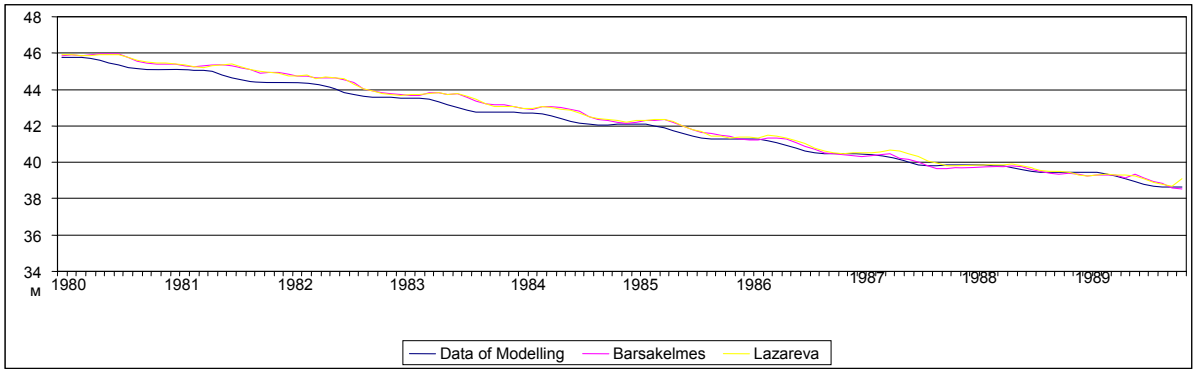


Рис. 6-1

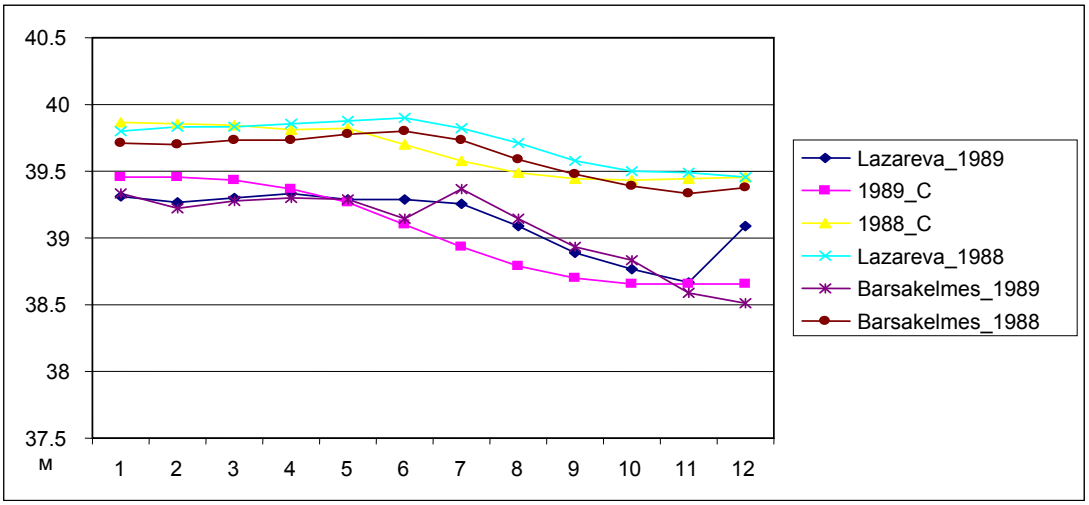


Рис. 6-2

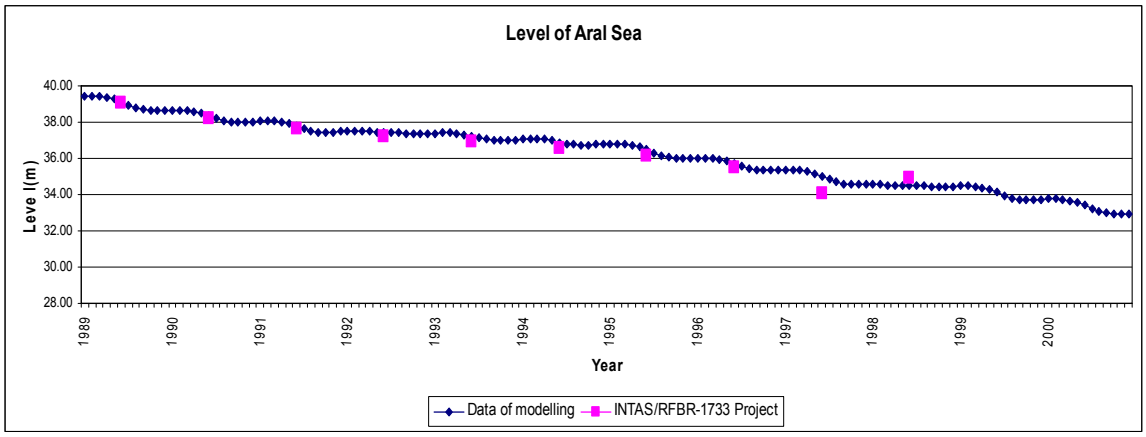


Рис. 6-3. Уровень Аральского моря

VII. ГИС

Географическая информационная система, разработанная и созданная в рамках проекта NATO - SFP 974357, позволила получить качественные и количественные характеристики объектов и явлений Южного Приаралья, сопоставить их свойства и взаимосвязи. Основной задачей группы ГИС являлось отображение и пространственный анализ экологических, топографических, геологических и других условий территории Приаралья, для проектирования сооружений и идентификации оптимального водохозяйственного режима, кроме того, работы по созданию геоинформационной системы позволили выявить отдельные характерные территории. Кроме того, собраны ряды данных (БД "Экология: Арал и Приаралье"), характеризующие качественные и количественные характеристики речного и коллекторно-дренажного стока, характеристики экологического состояния, отражающие направления процессов ландшафтного и экологического состояния территории Южного Приаралья. Данная обстановка является производной гидротехнической и хозяйственной деятельности на территории современной и древней дельты р. Амударьи, усыхания Аральского моря и изменения водного режима р. Амударьи в ее среднем, а особенно в нижнем течении. Подобное состояние и поведение объекта вынуждает реагировать, а также предусматривать такую реакцию как на предсказуемые, циклические изменения состояния объекта, так и на катастрофические, т.е. внезапные по времени, вызванные сочетанием природных антропогенных факторов, каждый из которых в отдельности не является основным ландшафтно – и рельефообразующим фактором. Невозможность предугадать составляющие комплексов экологических факторов вынуждает осуществлять сбор информации по каждому из доступных для информационного анализа объекту. Таким образом, в процессе работ по созданию БД уточнялась структура таблиц составляющих базу данных. Основные данные, входящие в БД:

1. экологические;
2. гидрологические;
3. метеорологические;
4. водохозяйственные;
5. социально-экономические.

Перечень основной информации, входящей в БД:

- данные, характеризующие качество речного стока р. Амударьи;
- данные, характеризующие качество коллекторно-дренажного стока;
- динамика количества озер Южного Приаралья и их площадей;
- климатические данные и т.д.

Также в БД вошли данные, характеризующие социально-экономическую ситуацию, складывающуюся в Южном Приаралье (источник проект ИНТАС RFBR 1733). Детальный анализ сложившейся социально-экономической ситуации позволил создать карту (рис. 7-1).

На представленной карте видно, что максимальное значение социально-экономического ущерба имеется в районе Междуреченского, Муйнаского и Рыбачьего водохранилищ.

В результате пространственного анализа было определено, что первый вариант искусственных водоемов максимально снижает социально-экономическое напряжение, т. к. обеспечивает доступность водных ресурсов на территориях с наибольшей плотностью населения, кроме того, польдер Аджибай-2 выступает как фильтр для солепылепереноса с обсохшего дна Аральского моря.

Результаты полевых исследований, на основании которых был создан картографический материал, также были введены в географическую базу данных проекта. В составе группы ГИС работали математик, гидрогеолог, мелиоратор, эколог.

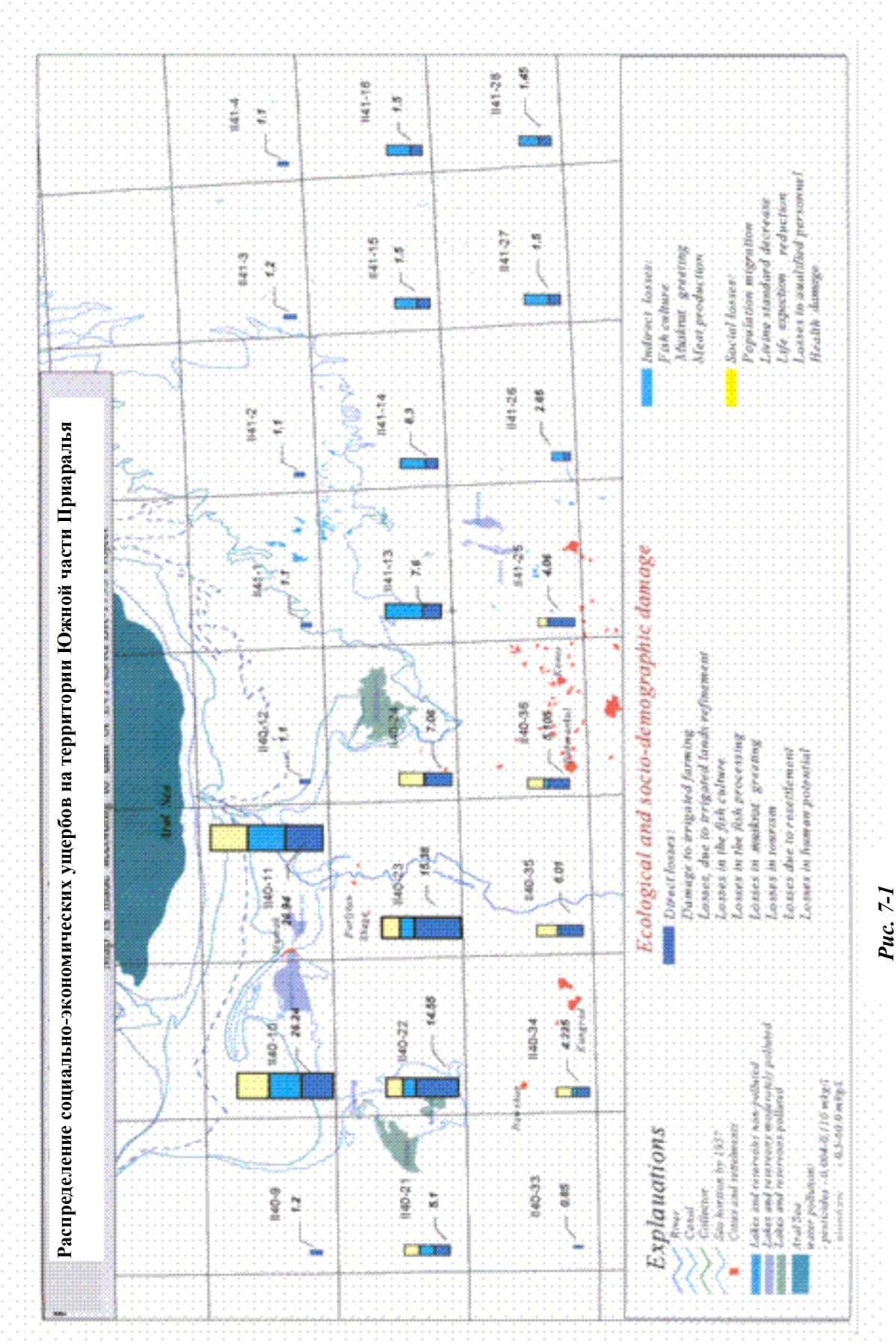

Распределение социально-экономических ущербов на территории Южной части Приаралья
Explanations
Ecological and socio-demographic damage
Direct losses:
Damage to irrigated farming
Losses, due to irrigated lands refinement
Losses in the fish culture
Losses in the fish processing
Losses in muskrat greating
Losses in tourism
Losses due to resettlement
Losses in human potential
Indirect losses:
Fish culture
Muskrat greating
Meat production
Social losses:
Population migration
Living standard decrease
Life expectation reduction
Losses in unskilled personnel
Health damage

Рис. 7-1

Оценка современного гидрологического, экологического и гидрогеологического состояния территории работ Южного Приаралья проводилась в нескольких направлениях и этапах. Можно выделить следующие основные этапы работ по созданию ГИС:

- Подготовка исходного материала (подбор топографических и тематических карт и снимков);
- Ввод информации - дигитайзирование, создание линейных и полигональных топологий, внесение атрибутивной информации;
- Систематизация топографической и тематической информации;
- Определение морфометрических характеристик естественных и искусственных водных объектов.

Основными направлениями создания географической информационной системы, были следующие:

- тематические карты, описывающие ретроспективное и современное состояние местности;
- обработка материалов полевых исследований предоставленных НПО «Эко Приаралье» и Громыко К.В.;
- Координатная привязка трех различных схем размещения комплекса искусственных водоемов и гидротехнических сооружений в дельте реки Амударьи;
- Уточнение конфигурации и площади естественных и искусственных водных объектов, по материалам предоставленным Аралконсалтом, НПО «ЭКО Приаралье», с использованием спутниковых снимков Landsat.

Пространственный анализ данных полученных путем оцифровки топографических карт в НИЦ МКВК с данными "Ландшафтной карты Южного Приаралья" состояние местности 1990 год, почвенной карты 1992 года и схематических оценок ландшафтной карты проекта 974101 по состоянию местности на 2000 год, позволил установить следующее:

- экологически критические зоны (рис. 7-2), характеризующиеся динамично неустойчивыми ландшафтами (движущимися песками в форме бархан и дюн), сохранившиеся без изменения в течение последних 10 лет, составляют площади по наложению слоев 127,5 тыс.га - первая зона;
- экологически нестабильные зоны, характеризующиеся потенциально неустойчивыми ландшафтами (песчаные почвы, незаросшие кустарники и тамариском) и сохранившие опасность в течение 8 - 20 лет, составляют площадь по наложению слоев 533,6 тыс. га - вторая зона;
- два катастрофически маловодных года - 2000 г. и 2001 г. - привели к практической осушке всех водоемов в Южном Приаралье. По данным дистанционных наблюдений лета 2001 г. площади обводненных угодий составили 21,0 тыс. га, площади увлажненных угодий 264,9 тыс. га по сравнению с 1999 годом, когда только обводненные угодья составляли 127,7 тыс.га.

Учитывая, что маловодные годы идут парами по Амударье, следует предполагать, что данное состояние является наихудшим и в дальнейшем естественное состояние дельты улучшится. Это позволит сконцентрировать свое внимание при оценке вариантов проекта на степени защищенности первой и второй экологически нестабильных зон. Была произведена дополнительная обработка спутниковых снимков с целью уточнения площади ветландов Южного Приаралья. Результаты обработки спутниковых снимков представлены в таблице 7-1.

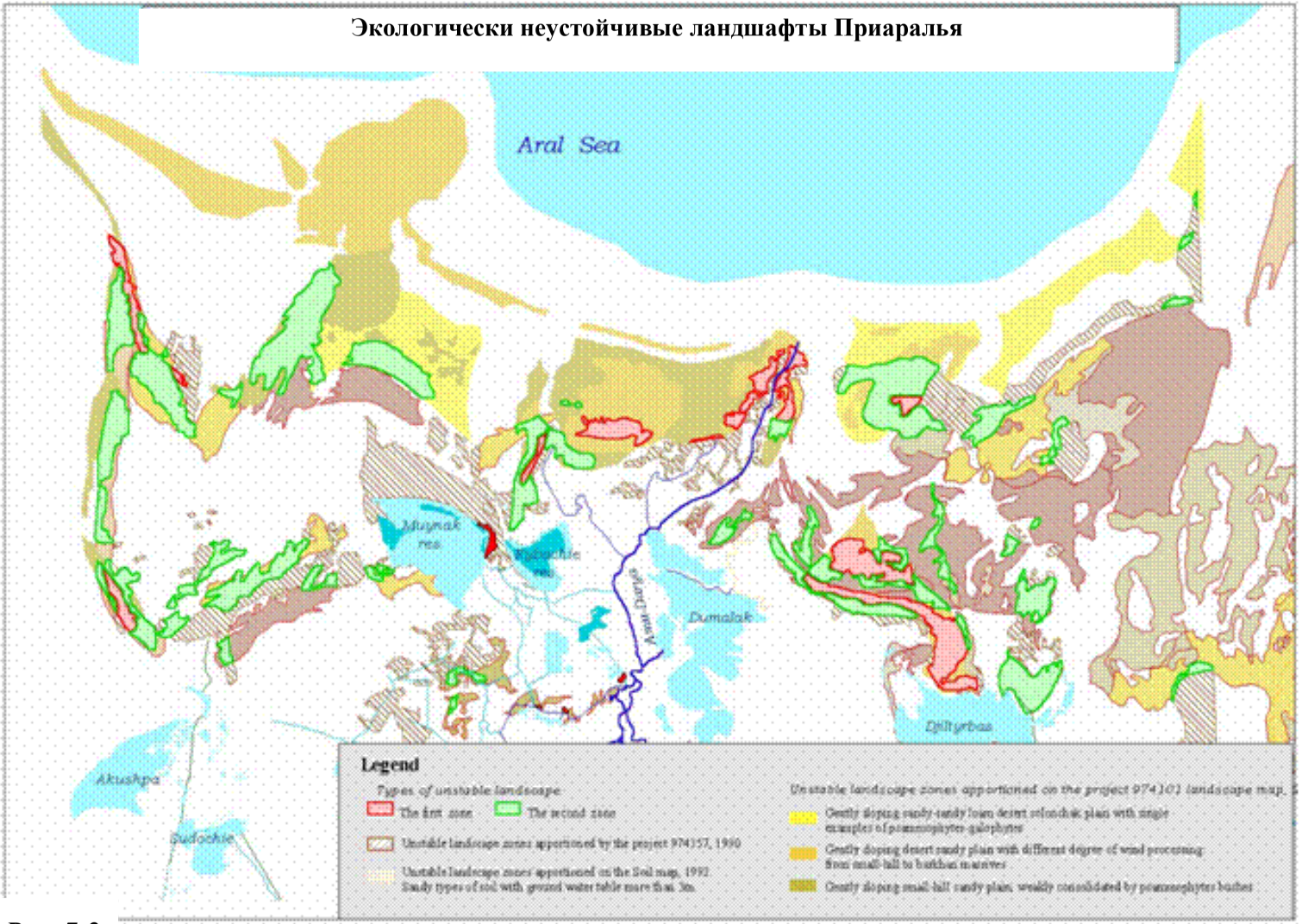

Экологически неустойчивые ландшафты Приаралья
Aral Sea
Muynak
Dumalak
Akushpa
Legend
Types of unstable landscape
The first zone
The second zone
Unstable landscape zones apportioned by the project 974157, 1990
Unstable landscape zones apportioned on the Soil map, 1992
Sandy types of soil with ground water table more than 3m.
Unstable landscape zones apportioned on the project 974101 landscape map.
Gently sloping sandy-sandy loam desert-relictdic plain with single examples of psammophyte-galophyte
Gently sloping desert sandy plain with different degree of wind processing from small-hill to barkhan massives
Gently sloping small-hill sandy plain, weakly consolidated by psammophyter bushes

Рис. 7-2

Таблица 7-1. Площади водной поверхности в дельте реки Амударьи, га

№	Наименование водоема	Дата		
		8.04.2000	***14.06.2001***	***4.08.2002***
1.	Судочье	41897,73	9570,04	6497,2
2.	Междуреченское	10050,42	592,79*	18375,21
3.	Рыбачье	5317,64	2019,68	5513,1
4.	Муйнакское	8623,34	1292,23	5163,2
5.	Джылтырбас	29357,73	5277,33	27620,5
6.	Быв. Зал. Аджибай	10980,9	656,53	6784,7
7.	Думалак	4576,89	927,23	6784,9
8.	Машан Караджар	16835,18	726,27	2813,9
	Итого	127639,83	21062,1	79552,71

*)Водная поверхность незначительная, заросшая растительностью. Растительность сосредоточена, вдоль русла реки Амударьи и озера Шегеколь.

Проведение первоначального этапа исследований по размещению комплекса искусственных водоемов позволило сделать вывод о значительном изменении рельефа местности в районе исследований, особенно на территории обсохшего дна Аральского моря и в чаше Междуреченского водохранилища. Изменение рельефа за последние 12 лет привело к смещению чаш водоемов и, следовательно, потребовало корректировку схем размещения всего комплекса искусственных водоемов. При детальной оценки рельефа местности в районе проектируемых сооружений использовались топографические карты масштаба 1: 50 000, для некоторых участков работ - Польдер Аджибай 1 (рис.7-3), уточнение морфометрических характеристик для этого сооружения.

Размещение польдера Аджибай 2 уточнялось по результатам полевых исследований НПО "Эко Приаралье". При построении батиметрических кривых для искусственных и естественных водоемов Южного Приаралья основными источниками информации являлись:

- материалы, предоставленные Аралконсалтом;
- топографические карты различного масштаба;
- материалы полевых исследований (НПО "Эко Приаралья");
- спутниковые снимки.

Использование материалов, отражающих состояние территории Южного Приаралья на различные даты, позволило оценить степень заиления ряда естественных водоемов и трансформацию дна вследствие изменения морфологии территории в связи с изменением ландшафтообразующих факторов Южного Приаралья. Достоверность получения результатов оценивалась по имеющимся в распоряжении проекта спутниковым снимкам.

Кроме того, для определения наиболее увлажненных территорий (то есть, наиболее низких отметок для польдеров) в районе обсохшего дна Аральского моря использовались спутниковые снимки (Landsat - приобретенные проектом SFP NATO 974357 и спутниковые снимки, предоставленные проектом SFP NATO 974101). Группой ГИС были использованы топографические карты масштаба 1:25 000 для уточнения морфометрических характеристик водохранилища Джылтырбас и Междуреченского водохранилища, результатом проведенных исследований явились три схемы размещения искусственных водоемов, соответственно топологии местности на 2000 год (рис. 7-4, 7-5, 7-6).

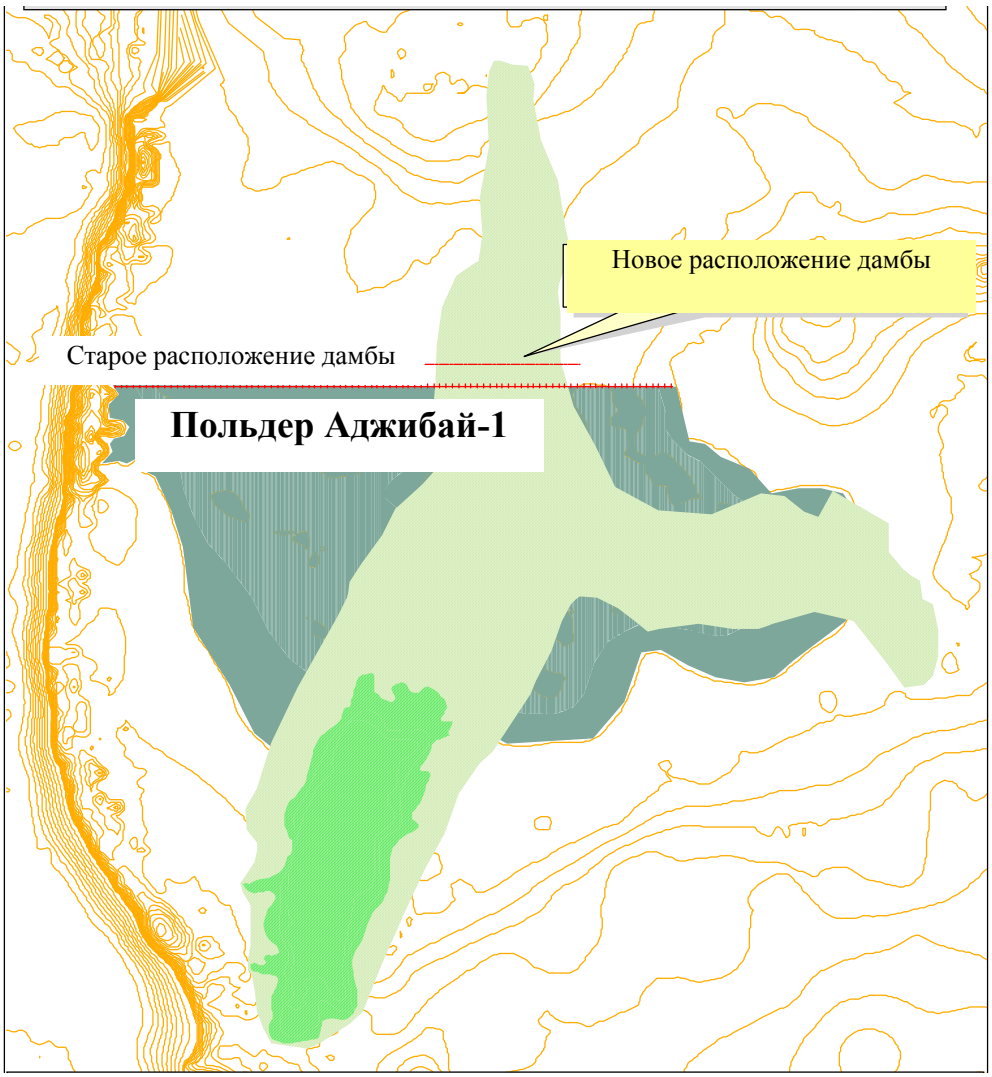


Рис. 7-3. Трансформация рельефа в бывшем заливе Аджибай

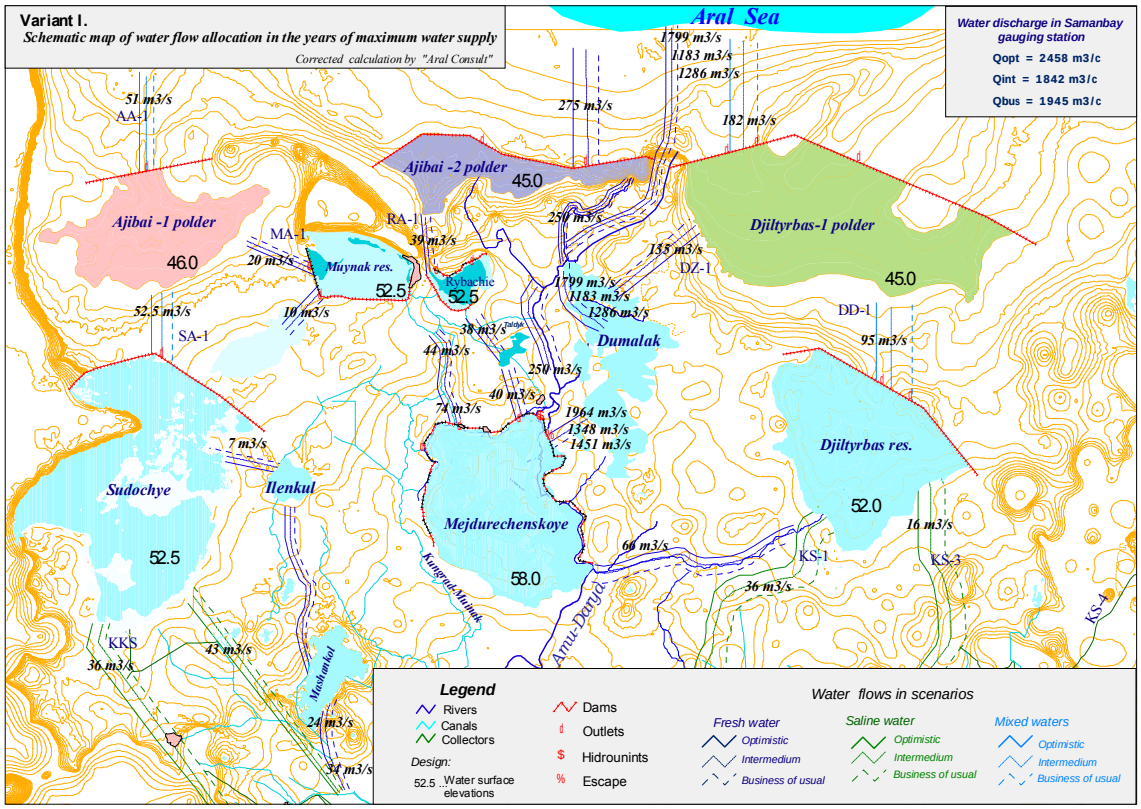

Variant I.
Schematic map of water flow allocation in the years of maximum water supply
Corrected calculation by "Aral Consult"
Aral Sea
Water discharge in Samanbay gauging station
Qopt = 2458 m3/c
Qint = 1842 m3/c
Qbus = 1945 m3/c
Ajibai -1 polder
Ajibai -2 polder
Djiltyrbas-1 polder
Djiltyrbas res.
Dumalak
Mejdurechenskoye
Sudochye
Ilenkul
Muynak res.
Rybachie
KKS
Legend
Rivers
Canals
Collectors
Dams
Outlets
Hidrounints
Escape
Water flows in scenarios
Fresh water
Saline water
Mixed waters
Optimistic
Intermedium
Business of usual

Рис. 7-4

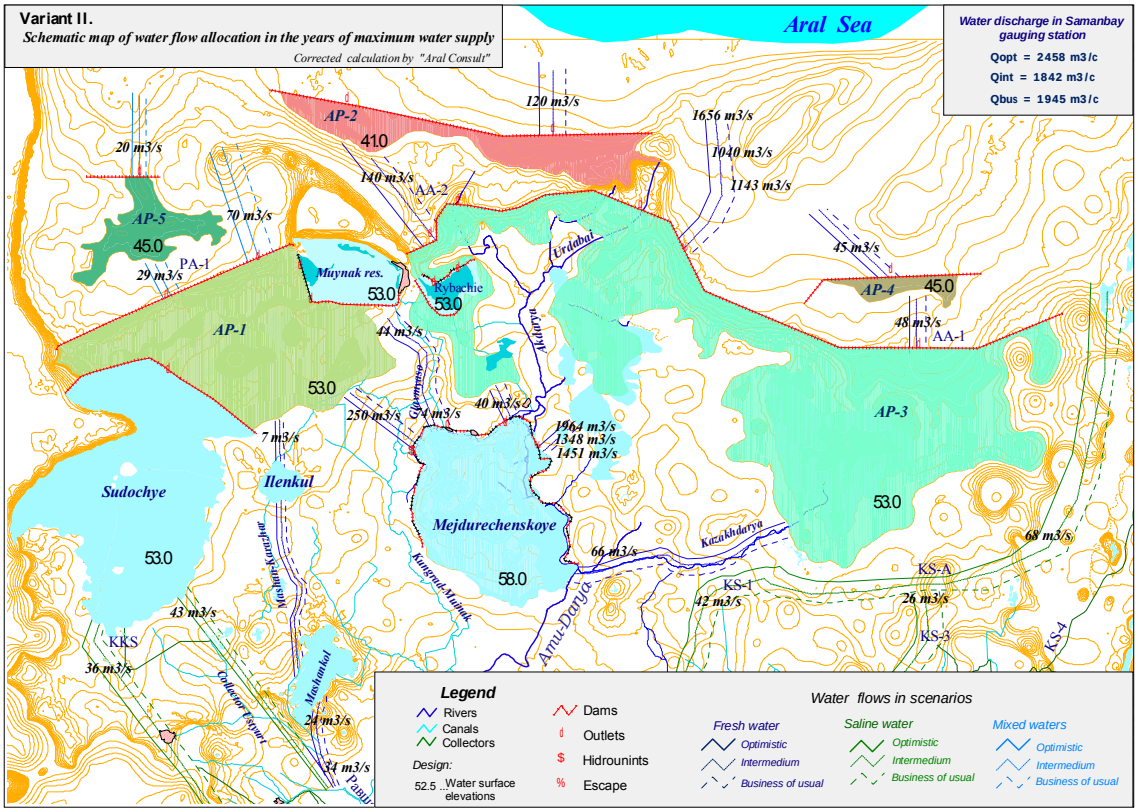

Variant II.
Schematic map of water flow allocation in the years of maximum water supply
Corrected calculation by "Aral Consult"
Aral Sea
Water discharge in Samanbay gauging station
Qopt = 2458 m3/c
Qint = 1842 m3/c
Qbus = 1945 m3/c
AP-1
AP-2
AP-3
AP-4
AP-5
Sudochye
Ilenkul
Mejdurechenskoye
Muynak res.
Rybachie
KKS
Legend
Rivers
Canals
Collectors
Dams
Outlets
Hidrounints
Escape
Water flows in scenarios
Fresh water
Saline water
Mixed waters
Optimistic
Intermedium
Business of usual

Рис. 7-5

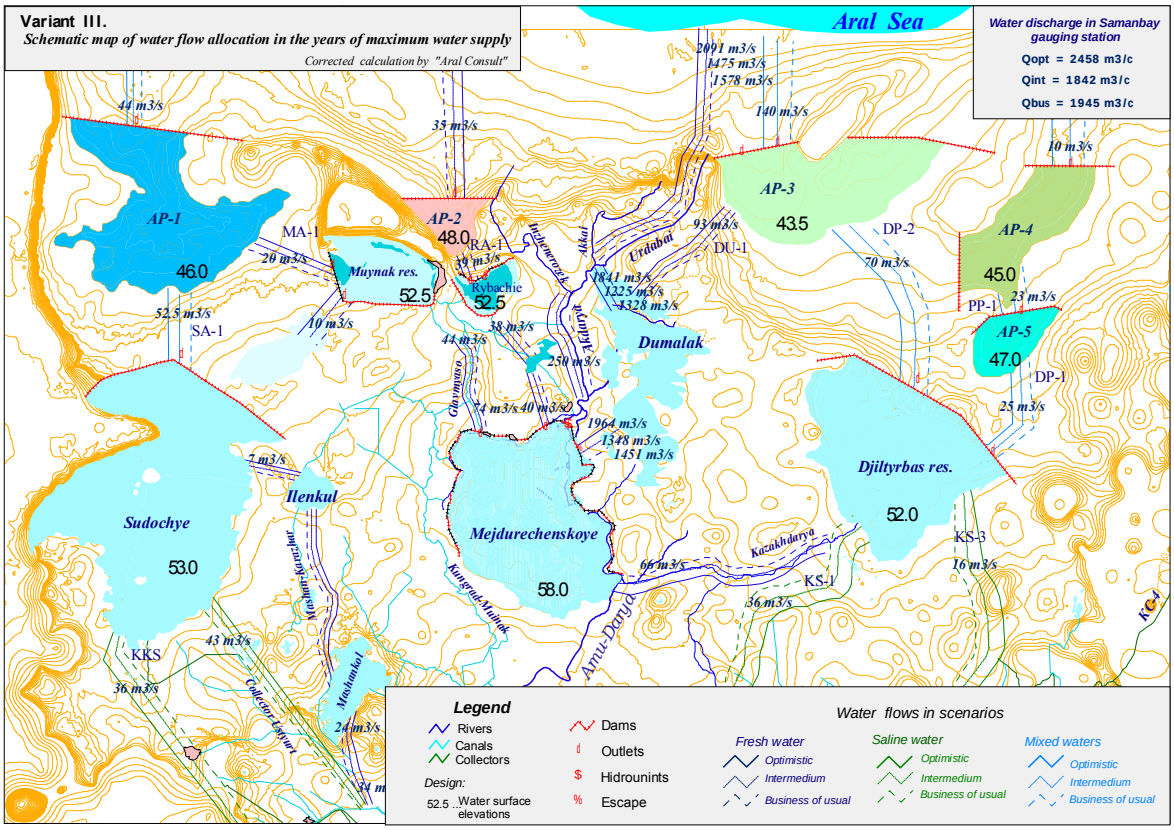


Рис. 7-6

Проектом SFP NATO 974101 проекту SFP NATO 974357 была предоставлена карта "Динамика ландшафтов приморской части дельты р. Амударьи и обсохшего дна Аральского моря". Группой ГИС было произведено сопоставление нестабильных ландшафтов, выделенных проектом SFP NATO 974357, и территорий с развивающимися экзогенными процессами (представляющими экологическую опасность), выделенных проектом SFP NATO 974101.

Сопоставление тематических слоев информации, предоставленных проектов SFP HATO 974101 с тематическими слоями (почвенная карта, карта нестабильных ландшафтов и др.), созданными проектом SFP HATO 974357, показало, что выполненная по несколько отличающимся методикам оценка экологического состояния ландшафтов Южного Приаралья в достаточной мере коррелируется. То есть зоны нестабильных ландшафтов, выделенные проектом SFP HATO 974357, практически полностью совпадают с зонами, представляющими наибольшую экологическую опасность (проект SFP HATO 974101), т.о. созданные тематические слои информации отображают реально складывающуюся ситуацию в дельте р. Амударьи.

Результаты пространственного анализа показывают, что выбранная схема размещения польдеров в районе развития эоловых процессов наиболее полно обеспечивает экологическую безопастность для территорий с наибольшей плотность населения. Группой ГИС была отдигитайзирована детальная карта обсохшего дна на 1994 год, сопоставление этой карты с почвенной картой на 1992 год показывает, что по мере отступления моря, на территории новой осушки происходят практически одинаковые процессы засоления, то есть, на территории новой осушки наблюдаются солончаки приморские гидроморфные и избыточно-гидроморфные (в том числе, маршевые солончаки) с различными уровнями залегания грунтовых вод от 0,1 до 2 метров. В процессе детального изучения местности, используя тематические карты и результаты полевых исследований, имеющиеся в распоряжении проекта, были определены основные направления изменения ландшафтов Южного Приаралья с 1990 года по 2002 год (рис. 7-7)

Карта осушенных зон Южного Приаралья, 2002 г.

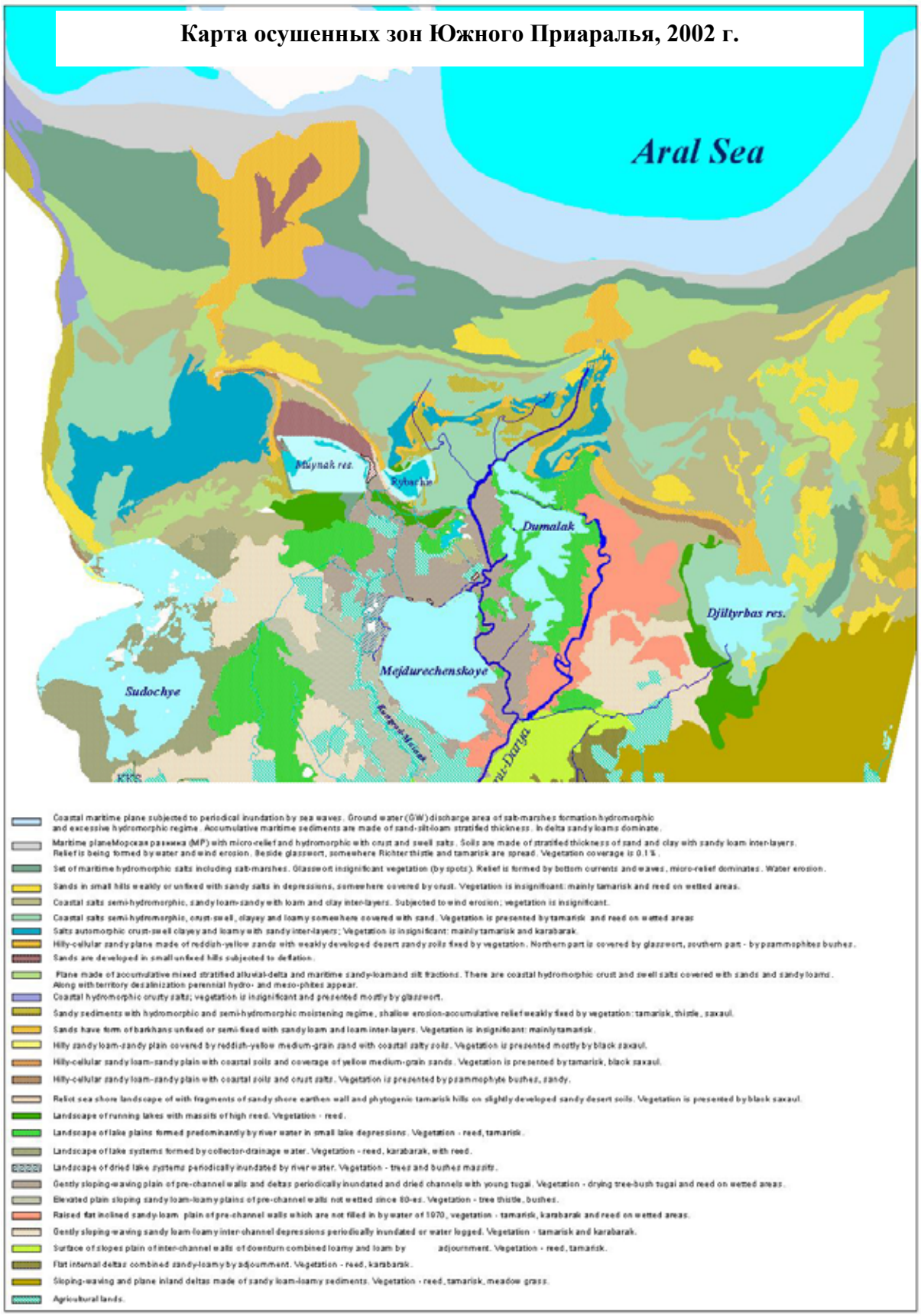


Рис. 7-7

Уточнение карты Южного Приаралья с учетом измения состояния обследованных ландшафтов. В работе использовалась карта Ландшафтообразующей растительности Южного Приаралья, созданная на базе полевых исследований и изучения спутниковых снимков.

Междуреченское водохранилище

Источниками для детальной оценки морфометрических характеристик чаши Междуреченского водохранилища и процессов его заиления послужили материалы полевых геодезических работ (Аралконсалт, НПО «ЭКО Приаралье»), результаты обработки спутниковых снимков и другие. Оценка заиления Междуреченского водохранилища базировалась на следующих данных:

- результаты обработки топографических карт;
- Материалы Аралконсалта (на 1985 год);
- «Карта изобаты Междуреченского водохранилища» - НПО «Эко Приаралье»;
- результаты полевых исследований;
- спутниковые снимки использовались для проверки полученныхрезультатов, полученных при уточнениии морфометрических характеристик чаши Междуреченского водохранилища.

В качестве иллюстрации проделанных работ приводится карта изобат Междуреченского водохранилища, по состоянию местности на июль 2002 года - НПО «Эко Приаралье». В таблице 7-2, приведены морфометрические характеристики Междуреченского водохранилища, полученные в результате дигитайзирования тематической карты масштаба 1 : 50 000 "Карта изобаты Междуреченского водохранилища".

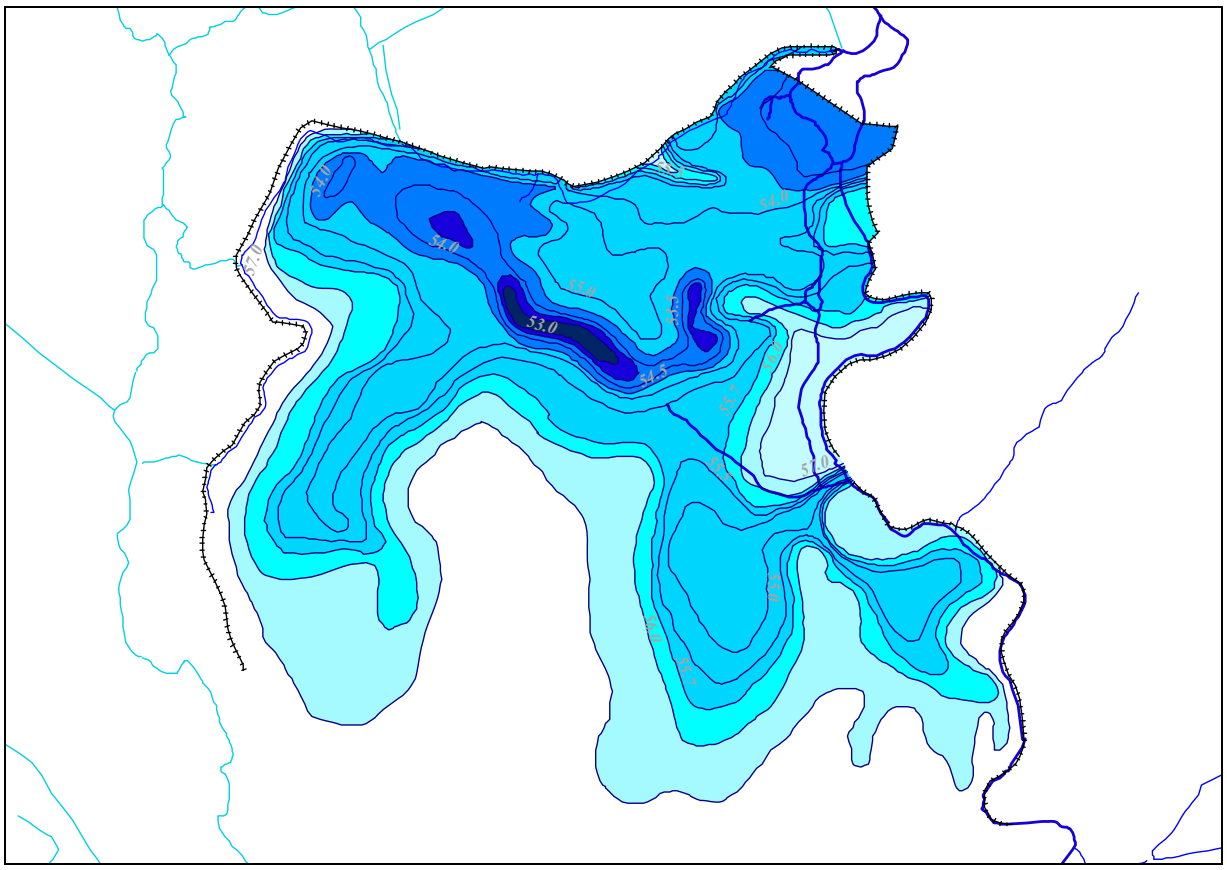


Рис. 7-8. Карта изобаты Междуреченского водохранилища (НПО Эко Приаралье)

Таблица 7-2. Результаты обработки материалов НПО ЭКО Приаралье

(изолинии представлены через 1 м, промежуточные отнесены к более высокой, например, 54.5 отнесена к 55)

	dS (m2)	sum S (m2)	W (m3)	sum S (ha)	W (mln. m3)
53	769806,5	769 806,50	769 806,50	76,98	0,77
54	16875462,6	17 645 269,10	9 977 344,30	1 764,53	9,98
55	65646827	83 292 096,10	60 446 026,90	8 329,21	60,45
56	108237171,1	191 529 267,20	197 856 708,55	19 152,93	197,86
57	77253651	268 782 918,20	428 012 801,25	26 878,29	428,01

Оценка заиления Междуреченского водохранилища производилась за период времени с 1985 года по 2002 год. В качестве базовых морфометрических характеристик 1985 года использовались материалы Аралконсалта. Состояние местности на 2002 год оценивалось по материалам Аралконсалта, с помощью пространственного анализа (ГИС обработка материалов) материалов Эко Приаралье и спутниковых снимков, результаты представлены на рис. 7-9.

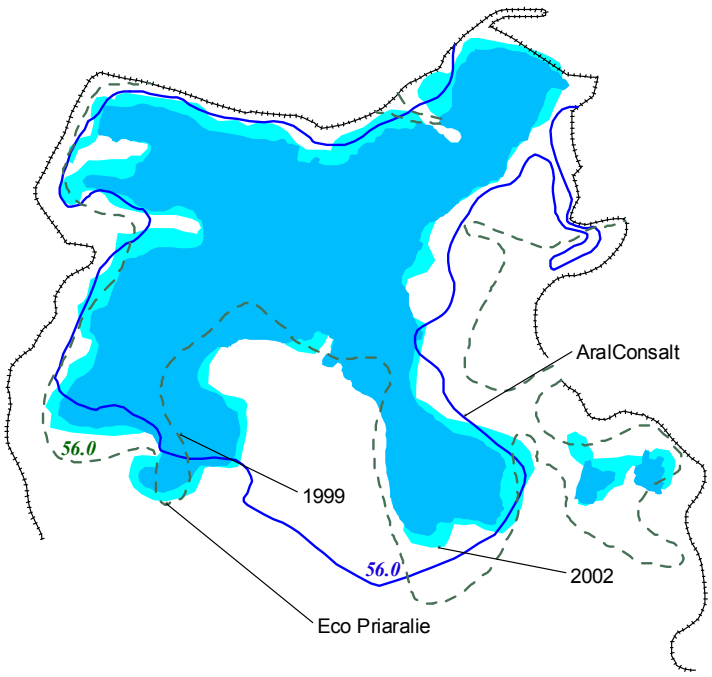


Рис. 7-9

В качестве иллюстрации достоверности полученных результатов приводим результат обработки спутникового снимка Landsat. Площадь Междуреченского водохранилища на 4 августа 2002 года составила ***16 758,38 га***, что фактически соответствует оперативным данным, полученным из Каракалпакии (рис. 7-10).

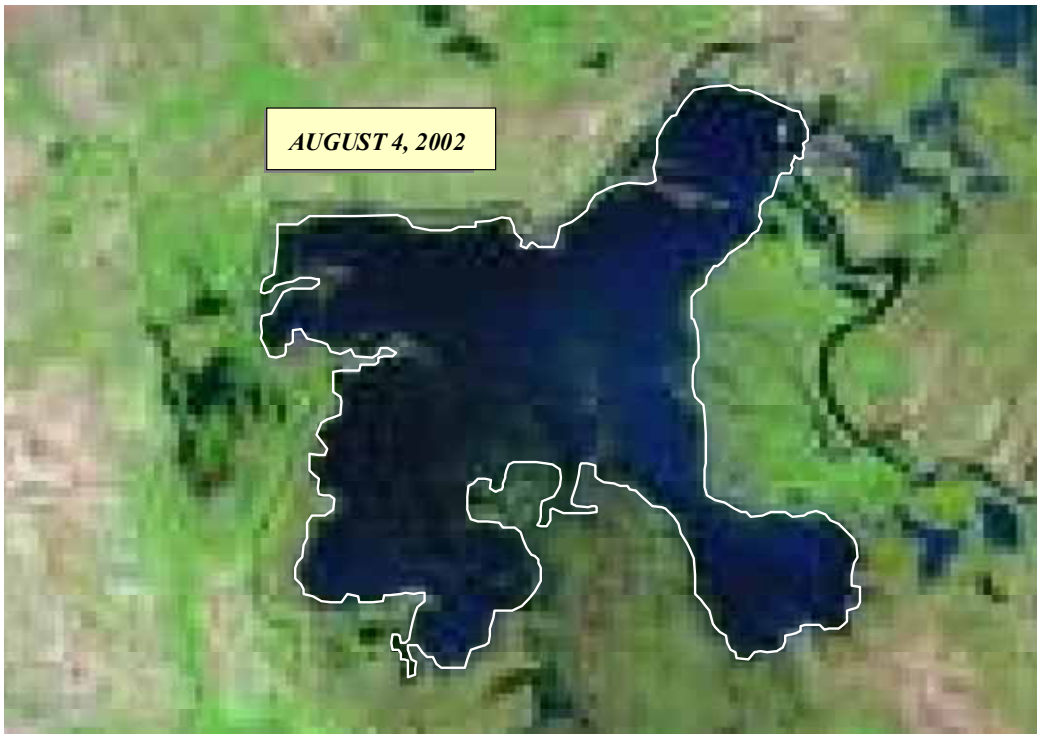


Рис. 7-10. Междуреченское водохранилище, состояние местности 4 августа 2002 г.

VIII. СУДОЧЬЕ – ПИОНЕРНЫЙ ОБЪЕКТ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ

Начиная с октября 1999 г. по конец 2002 г. в рамках проекта WEMP Агентства GEF было осуществлено выполнение компонента "E" – "Восстановление водно-болотных угодий озера Судочье". Проектные работы были выполнены голландской компанией "Resource Analysis" (инж. Юп де Шутер) совместно с ВЭП САНИИРИ (инж. А.И. Тучин) и "Аралконсалтом" (инж. Л. Гиленко).

Область изучения проекта расположена на территории водно-болотных угодий озера Судочье (рис. 8-1), которые состоят из бывшего залива на юге Аральского моря в западной части бывшей дельты реки Амударьи. Проектная территория расположена к северо-западу от хозяйства Раушан в Кунградском районе Каракалпакстана и территория площадь приблизительно в 500 км^2, включая в себя основные озера (открытые водоемы) Акушпа, Бегдулла Айдин, Большое Судочье и Каратерень. Основная часть воды подается на территорию через Главный левобережный коллектор (ГЛК), дренажный канал, втекающий с юга и также упомянутый как ККС, и дополнительная водоподача обеспечивается притоком от канала Устюрт с юго-востока только в течение нескольких месяцев в год. Полная площадь открытой водной поверхности при уровне воды 52,3 м. (н.у.б.м.) предполагается в 10,000 га с общей затопляемой территорией равной приблизительно 30,000 га.

Основные проблемы территории следующие:

- отсутствие средств управления водным хозяйством: вся вода, подаваемая через ККС, в настоящее время утекает через водовыпуск в Аккумской гряде на севере;
- высокая концентрация солей в воде, особенно в юго-западной части (Акушпа), из-за отсутствия возможности промывки. ГЛК (основной источник воды) или ККС отделен от области водно-болотных угодий дамбами, образовавшимися на обоих его берегах в ходе строительства, и поэтому не происходит почти никакого водообмена между каналом и близлежащими районами.

Цели проекта состояли в том, чтобы идентифицировать возможности улучшения качества воды (снижения концентрации солей) и стабилизации водохозяйственного режима (уровни, потоки) для оптимизации экологических условий. Дополнительное условие для проектных решений состояло в том, что независимо от выбранного водохозяйственного режима это не должно негативно воздействовать на дренажную обстановку или состояние грунтовых вод вообще в хозяйстве Раушан, расположенном на юго-востоке проектной территории.

Водно-болотные угодья озера Судочье образовались в неглубокой, но обширной котловине, и в прошлом это был самый большой внутренний водоем дельты Амударьи. Площадь водного зеркала озера доходила до 350 кв. км, средняя ширина – до 15 км, длина достигала 250 км, средняя глубина равнялась 2 м, максимальная – не превосходила 3 м, минерализация воды колебалась в пределах 0,6 – 1,7 г/л.

Обводнение северо-западного участка дельты реки Амударьи имело неустойчивый характер и менялось в течении относительно коротких периодов времени, что вызывало столь же неустойчивый характер гидрологического и гидрохимического режима озера. В периоды прекращения сброса речной воды происходило проникновение морской воды в озеро, прекращалась его проточность, что вызывало его осолонение – до 7,2 г/л (1952 г.) и 24 – 41 г/л (1966 г.). В периоды улучшенной обводненности дельты речными водами восстанавливалась проточность озера, и минерализация воды опускалась до 0.6 г/л (1953 г.) и 2 – 3 г/л (1961 – 1962 гг.). В шестидесятые годы в связи с усыханием Аральского моря и практическим прекращением поступления речной воды озеро обмелело и к 1968 г. распалось на ряд отдельных, небольших озер.

С конца шестидесятых годов в озеро начали поступать воды коллекторов ККС и ГК, и с этих пор судьба озера стала полностью зависеть от гидрологического режима этих водотоков. Многолетний средний сток этих коллекторов (главным образом ККС) составляет 0,64 км^3 при минерализации воды 3 – 4 г/л.

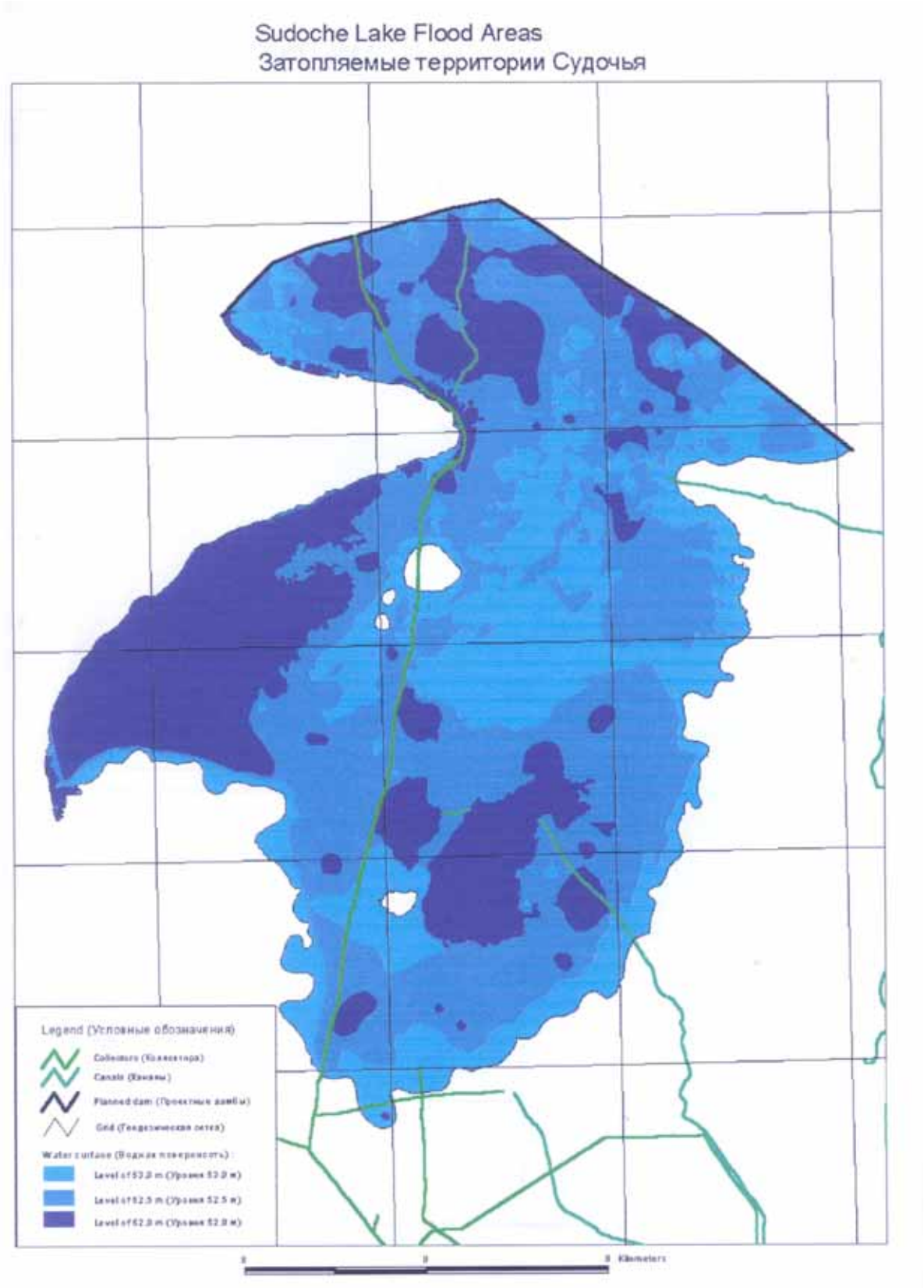

Sudoche Lake Flood Areas
Затопляемые территории Судочья
Legend (Условные обозначения)
Collectors (Коллекторы)
Canals (Каналы)
Planned dam (Проектные дамбы)
Grid (Геодезическая сетка)
Water surface (Водная поверхность)
Level of 53.0 m (Уровня 53.0 м)
Level of 52.5 m (Уровня 52.5 м)
Level of 52.0 m (Уровня 52.0 м)
0
0
0 Kilometers

Рис. 8-1

Анализ ретроспективного состояния озера Судочье показывает, что в истории его существования можно выделить 4 последовательных периода снижения и восстановления водного режима.

Результаты комплексной экологической экспедиции, проведенной осенью 1999 г., показали, что на современном этапе водно-болотные угодья озера Судочье представлены четырьмя водоемами, площадь которых составляет 43,8 км^2:

- озеро Акушпа – 307 км^2, занимающее около 70 % общей акватории водно-болотных угодий. Максимальная длина озера достигает 20 км, ширина – 6,5 км, глубина не превышает 1,5 м, длина береговой линии равна 62 км;
- озеро Каратерень –9,3 км^2, занимающее около 2,1 % от общей акватории водно-болотных угодий. Максимальная длина озера достигает 6 км, ширина – 1,25 км, глубина не превышает 1,5 – 1,7 м, длина береговой линии 17 км;
- озеро Бегдулла-Айдин – 24 км^2, занимающее около 5,5 % от общей акватории водно-болотных угодий. Максимальная длина озера достигает 4 км, ширина – 2,5 км, глубина не превышает 1,50 – 1,2 м, длина береговой линии 11 км;
- озеро Большое Судочье - 98 км^2, занимающее около 22,4 % от общеей акватории водно-болотных угодий. Максимальная длина озера достигает 10 км, ширина – 4,5 км, глубина не превышает 1,0 – 1,2 м, длина береговой линии 32 км.

В течение всего периода существования озера Судочье проточность водоема являлась основным условием сохранения и восстановления качества воды. Нарушение проточности неизбежно приводило к увеличению его минерализации, примером чего в настоящее время является озеро Акушпа. По уровню минерализации акваторию этого озера можно условно подразделить на три района:

- северо-западный участок озера с минерализацией 16 – 19 г/л, занимает 10 % акватории;
- центральный участок озера с минерализацией воды 20 – 24 г/л, занимает 30 % акватории;
- южный участок озера с минерализацией воды 25 – 29 г/л, занимает 60 % акватории.

Основным фактором, определяющим биологическое разнообразие озер, является уровень минерализации воды, который, как это было видно выше, во многом зависит от степени проточности водоемов. Рассмотрим экологические особенности отдельных водоемов водно-болотных угодий озера Судочье.

На первом этапе проектировщики и экологи при участии природоохранных ведомств и научных учреждений Каракалпакстана организовали оценку экологических требований и их сопоставление с режимами озер Судочьего.

Основными экологическими требованиями к озерам, как орнитологическому заказнику, являются долгосрочная сохранность акватории и достаточно высокая и доступная кормовая база. Современная акватория озер водно-болотных угодий озера Судочье не претерпевала существенных сезонных колебаний и в этом отношении практически отвечал вышеизложенным требованиям. Достаточно высокая биомасса перифитона и зообентоса на всех озерах составляла хорошую кормовую основу для нерыбоядных птиц. В осенний период акватория озера предоставляют убежище и прокорм для 70 000 птиц.

Развитие ихтиофауны в озерах предъявляет особые требования как к абиотическим, так и к биотическим условиям окружающей среды. Абиотические условия – это, прежде всего, уровень минерализации воды – не более 5 г/л, содержание растворенного в воде кислорода – не менее 4 – 5 г/л, нейтральная или слабощелочная реакция воды – pH 7 – 7,5, а также глубина воды не менее 1,5 м.

Анализ абиотических условий водно-болотных угодий озера Судочье показывает, что по величине минерализации воды озера Каратарень, Бегдулла – Айдин и Большое Судочье не отвечают требованиям этого показателя. Уровень минерализации воды озера Акушпа в несколько раз превышает допустимые нормы.

Содержание растворенного в воде кислорода во всех озерах не опускается ниже допустимых норм, однако, глубина озер, за небольшим исключением относительно глубоководных

участков озера Каратерень – до 1,7 м, менее экологических требований. В то же время небольшие глубины озер особенно опасны тем, что летом могут способствовать высокому прогреву воды, следствием чего могут быть ночные летние заморы, а зимой в период длительного ледостава - глубокие зимние заморы.

Экологические требования для выживания ондатры следующие: долгосрочная сохранность акватории с глубиной воды не менее 1,5 – 2,0 м и уровень ее минерализации – не более 3 г/л. Обязательным условием является проточность озер и недопустимость подъема воды в период ледостава выше, чем на 30 см.

Глубина и степень минерализации воды во всех озерах не отвечают этим экологическим требованиям. По классу бонитета места обитания ондатры на современной территории водно-болотных угодий озера Судочье относятся к 3-му (38 % территории) и 2-му (60 % территории) классу, которые характеризуются как удовлетворительные и малопригодные.

Проектным работам предшествовало гидрологическое моделирование для выбора окончательного варианта водохозяйственных мероприятий по их стоимости и гидроэкологическому воздействию для семи вариантов и четырех сценариев.

В рамках проекта Судочье была построена гидродинамическая модель посредством гидродинамического модуля и модулей дисперсии – адвекции пакета программ MIKE 11.

MIKE 11 – гидродинамическая одномерная имитационная модель, которая решает вертикально интегрированные уравнения сохранения непрерывности и импульса (движущей силы), основанного на подразумеваемой схеме конечных разностей, с вычислительной сеткой, где Q-точки помещены на полпути между соседними h-точками и в структурах (строениях), в то время как h-точки зафиксированы в поперечниках. Модуль дисперсии – адвекции программы MIKE 11 основан на одномерном уравнении сохранения массы растворенного или взвешенного вещества и требует выходных данных от гидродинамического модуля.

Имитации охватывают период с января 1994 г. до декабря 1998 г. В ходе гидродинамических имитаций были рассчитаны области затопления и оценены потери из-за эвапотраснпирации и испарения за каждые 2 дня. После завершения гидродинамических имитаций была смоделирована минерализация озера посредством использования модуля дисперсии – адвекции.

На основе этого моделирования были сделаны следующие выводы:

- в настоящее время только ККС имеет непрерывный поток и поэтому минерализация воды в канале (включая озеро Каратерень) не достигает высоких значений;
- предполагаемые размеры водовыпуска дамбы на Акумской гряде будут позволять регулировать уровни воды и расходыв течение всего года;
- озеро Акушпа остается изолированным после паводков; затем уровень воды уменьшается из-за испарения, а ее минерализация увеличивается;
- вода в озеро Судочье поступает из Устюртского коллектора, и при водоподаче менее 6 $м^3$/сек концентрация солей начинает возрастать;
- водохозяйственная инфраструктура должна быть дополнена каналом, обеспечивающим непрерывную подачу воды из ККС в озеро Акушпа, что позволит поддерживать необходимые уровни минерализации;
- для обеспечения водоподачи в различные водоемы необходимо регулировать уровни воды, однако имеющиеся расходы недостаточны для компенсации потерь от испарения и поддержки постоянного уровня в 52,5 м в течение всего года;
- дополнительный приток пресной воды в Устюртский коллектор улучшает ситуацию в озере Судочье, однако, ее минерализация остается высокой, достигая 13 г/л;
- для обеспечения низкого уровня минерализации в озере Судочье требуется дополнительная подача воды. Этот приток необходим в течение летнего периода, особенно в маловодные годы, и может быть получен из ККС посредством сооружения второго углубленного канала или путем регулирования притоков в Устюртском коллекторе;
- для улучшения общего представления о системе водно-болотных угодий озера Судочье и калибровки модели необходимо обеспечить постоянные замеры минерализации и уровней воды.

На основе модельных расчетов проектировщики запроектировали комплекс сооружений (рис. 8-2), в который входят:

- дамба на Аккумской гряде высотой н.у.б.м и проектным уровнем воды 52,50 метра н.у.б.м;
- регулятор водовыпуского сооружения на Аккумской гряде с максимальной пропускной способностью 52,8 м^3/сек при глубине 2,5 м над уровнем подошвы (49,50 м);
- отсечной коллектор КС-3А для сбора дренажных вод на северной стороне хозяйства Раушан с проектным расходом воды 4,5 м^3/сек;
- насосная станция Раушан, расположенная приблизительно на 8 км северо-западнее хозяйства Раушан в конце коллектора КС-3А и состоящая из 6 насосов с совокупной пропускной способностью 3,0 м^3/сек;
- головной водозаборный узел Устюртского коллектора для подачи речной воды в озеро Большое Судочье с максимальной проектной пропускной способностью 55 м^3/сек;
- реконструированный сброс на гидроузле Алтынкуль для подачи необходимого расхода речной воды из канала Раушан в канал Устюрт и с максимальной проектной пропускной способностью 34 м^3/сек;
- соединительный канал между экологическим прокопом ККС и озером Акушпа.

Кроме того, вся территория находится под влиянием режима расходов реки Амударья около Тахиаташа; режима расходов Главного левобережного коллектора (ГЛК) или ККС ирежима расходов коллектора Устюрт и оросительного канала Раушан. Руководящие принципы водохозяйственного управления способствует созданию оптимальных условий с точки зрения надлежащего экологического функционирования водно-болотных угодий озера Судочье.

Хотя каждый год отличается от предыдущего, первый принцип водохозяйственного управления – сохранение в максимально возможной степени проектного уровня воды на отметке 52,50 метра н.у.б.м. и как можно дольше в течение года. Следует выпускать только такое количество воды из притоков, какое поднимет уровень воды выше этого уровня. Максимальные уровни воды должны быть обеспечены ранней весной (период нереста) и в течение всего зимнего времени (выживание рыбы).

При существующем режиме водоподачи приблизительно 600 млн. м^3 входит в систему через ККС и приблизительно 200 млн. м^3 прибывает через коллектор Устюрт. Принимая во внимание необходимость сохранения минимальных стандартов качества воды в озерах Большое Судочье и Бегдулла Айдын, каждый год должно быть достигнуто соглашение относительно дополнительной максимально допустимой водоподачи через систему оросительных каналов Раушан и Устюрт. Ежегодно требуемое количество дополнительной пресной воды находится в пределах 600 млн. м^3 и должно быть обеспечено посредством соглашения между БВО «Амударья» и комитетом управления озера Судочье (КУОС), который уполномочен для общего управления водно-болотными угодьями озера Судочье решением Совета Министров Республики Каракалпакстан № 263/12 от ноября 1997 г.

Очень важно разработать предложения по организационному совершенствованию управления озера Судочье. Созданный по представлению проекта «Комитет управления озера Судочье» представляет собой неправительственную организацию, ассоциированными членами которой являются ГАО «Каракалпакбалык», государственный комитет природы республики Каракалпакстан, министерство сельского и водного хозяйства Республики Каракадпакстан, Управление заповедников и охотничьих хозяйств. Главная функция КУОС- эксплуатация озера Судочье совместно с ассоциированными членами и общественными наблюдательными комиссиями, созданными в населенных пунктах, прилегающих к озеру Судочье.

Совет КУОС, состоящий из представителей ассоциированных членов и общественных наблюдательных комиссий, принимает решения, обеспечивающие строгое выполнение правил и инструкций эксплуатации озера Судочье. Решения Совета КУОС принимаются к безоговорочному выполнению всеми ассоциированными членами и представителями общественных наблюдательных комиссий. После принятия решения Совета КУОС, соответствующего определенному гидрологическому режиму, предусмотренному проектом эксплуатации озера, каждый ассоциированный член КУОС действует таким образом, чтобы его внутренние порядки и правила были направлены на осуществление решений Совета КУОС.

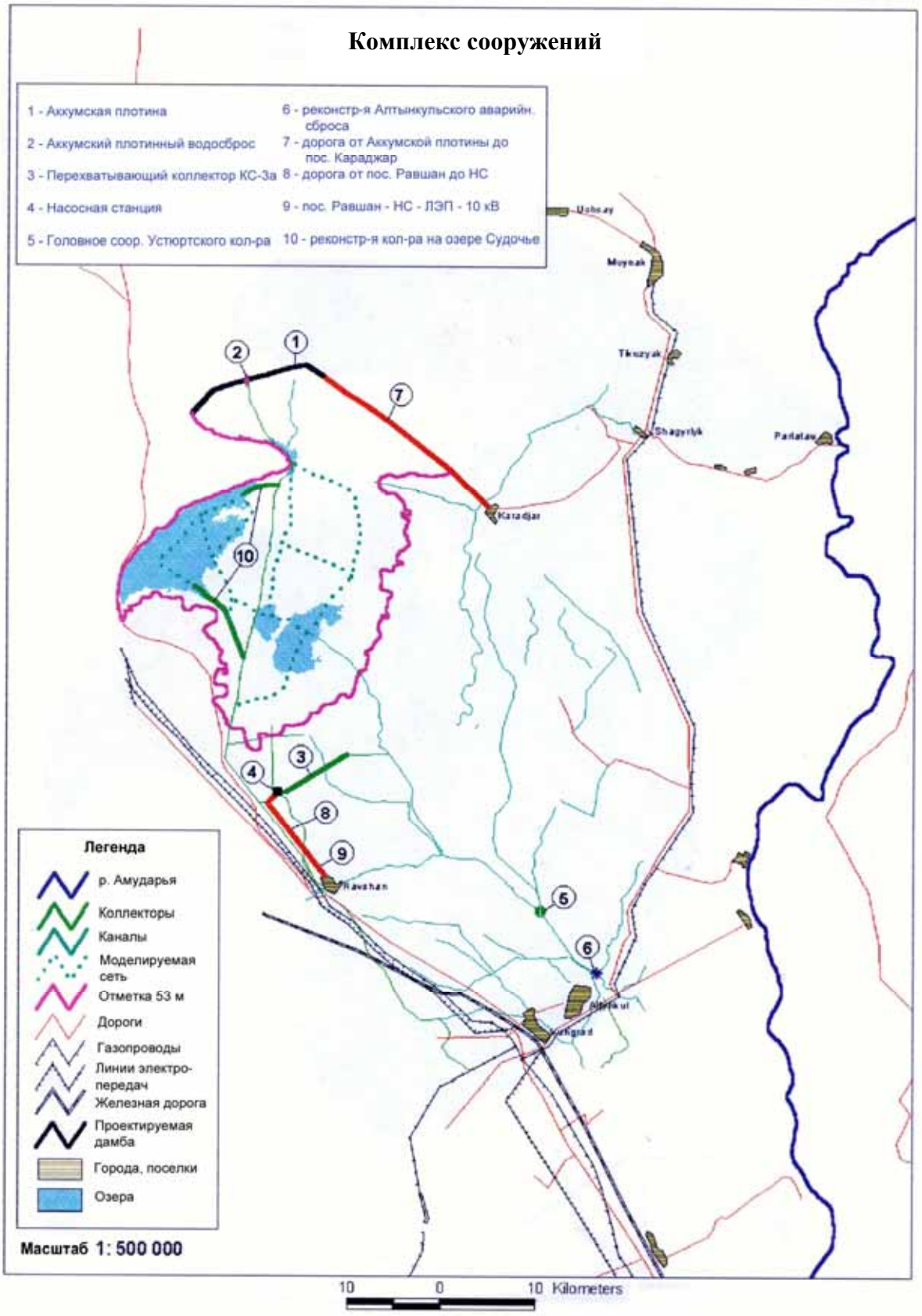

Комплекс сооружений
1 - Аккумская плотина
2 - Аккумский плотинный водосброс
3 - Перехватывающий коллектор КС-3а
4 - Насосная станция
5 - Головное соор. Устюртского кол-ра
6 - реконстр-я Алтынкульского аварийн. сброса
7 - дорога от Аккумской плотины до пос. Караджар
8 - дорога от пос. Равшан до НС
9 - пос. Равшан - НС - ЛЭП - 10 кВ
10 - реконстр-я кол-ра на озере Судочье
Легенда
р. Амударья
Коллекторы
Каналы
Моделируемая сеть
Отметка 53 м
Дороги
Газопроводы
Линии электро-передач
Железная дорога
Проектируемая дамба
Города, поселки
Озера
Масштаб 1: 500 000
10 0 10 Kilometers

Рис. 8-2

К сожалению, деятельность Совета оказалась не очень эффективной, может быть вследствие наступившего в 2000-2001 гг. маловодья, а может быть в связи с недостаточным юридическим статусом этой организации.

Тем не менее, после прихода многоводного года комплекс сооружений начал работать и режим озера Судочье по отметкам и распределению потоков показал, что он соответствует проектным проработкам.

IX. НАТУРНЫЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ

Южное Приаралье занимает территорию дельты реки Амударьи на участке от Междуреченского водохранилища на юге до берега Аральского моря на севере и от чинка плато Устюрт на западе до пустыни Кызылкум на востоке.

Климат Приаралья резко континентальный - с сухими, жарким летом - до 44-45^0 С и холодной зимой – до минус 30^0 С, незначительным количеством атмосферных осадков, в среднем 133 мм/год и высокой испаряемостью – до 1200-1600 мм/год.

Рельеф южного Приаралья характеризуется отсутствием более или менее крупных возвышенностей и впадин. Внутридельтовые водоёмы при относительно большой площади водного зеркала, как правило, имеют небольшие глубины. Периферийные части озёр покрыты сплошными зарослями полуводной растительности и чаще всего не имеют чётко выраженной береговой линии.

До 70-х годов прошлого столетия водоёмы Приаралья существовали за счёт стока реки Амударьи. В этот период минерализация воды в озёрах не превышала 0.4-1.25 г/л. Начиная с 60-х годов, приток воды в дельту реки начал сокращаться и к концу 80-х годов составлял всего несколько процента от среднего многолетнего значения. В результате этого большинство внутридельтовых пресноводных озёр прекратили своё существование. В этот же период в Каракалпакии завершилось строительство целого ряда коллекторов, что привело к образованию в Приаралье нового типа водоемов – концевых проточных и замкнутых аккумуляторов минерализованных коллекторно-дренажных вод.

Проточность дельтовых озёр являлась основным гарантом сохранения и восстановления качества воды. Прекращение проточности неизбежно приводило к резкому увеличению минерализации и ухудшению качества воды.

В 2000-2001 гг. сток Амударьи оказался наиболее низким за всю историю гидрологических наблюдении. Сокращение стока реки началось с апреля 2000 г и продолжалось до весны 2002 г. Следствием экстремального маловодья явилось резкое уменьшение и объёма стока коллекторно-дренажных вод. Сток коллектора ККС уменьшился со средней многолетней величины 568,2 до 46.24 млн.м^3, минерализация воды увеличилась до 9,7-14,4 г/л, коллектора ГК и КС-1 полностью высохли, в нижней части коллектора КС-3 вода сохранилась, но течение отсутствовало, минерализация воды достигала 13,2 г/дм^3.

В результате маловодья водоёмы Приаралья потеряли свою проточность, что при высоком уровне естественного испарения и отсутствии притока воды привело к полному обмелению и усыханию большинства из них. Это озёра Машанколь, Ходжаколь, Ильменьколь, Акушпа, Бегдулла-Айдин, Большое Судочье, Макпальколь, Междуреченское водохранилище и Жылтырбаский залив. В оставшихся водоёмах - озёрах Тайлы и Каратерень, заливах Муйнакский и Рыбачий площадь водного зеркала и глубина воды резко уменьшились, что привело к увеличению их минерализации – до 14 г/л в заливах и до 50-60 г/л в озерах.

Наглядным примером негативного воздействия маловодья явилась экологическая ситуация ветланда Судочье - наиболее крупной озёрной системы Южного Приаралья. До 2000 г. водная поверхность озёр этого ветланда достигала 42 тыс. га, к концу 2001 г. она уменьшилась до 6,5 тыс. га. В озере Акушпа, самом большом водоёме этой системы (11600 га), минерализация воды к середине 2001 г. выросла до 90-100 г/л, к концу года озеро совершенно высохло (рис. 9-1).

Увеличение минерализации воды вызвало деградацию изначальной пресноводно-солоноватоводной флоры и фауны озёр, замены её на солоновато-морские виды с прогрессирующим снижением общей биопродуктивности. Окончательное осушение и осолонение озёр привело к полной гибели водной биоты.

Ихтиофауна озёр претерпевала повсеместное ухудшение, замену высокопродуктивных видов рыб – толстолобика, белого амура, сазана на менее продуктивные – карася, плотву и ма-

лоценную, сорную рыбу. Рыбопродуктивность озёр уменьшилась с 36-61 кг/га в 2000 г. до 16-36 кг/га в первой половине 2001 г. или вдвое.

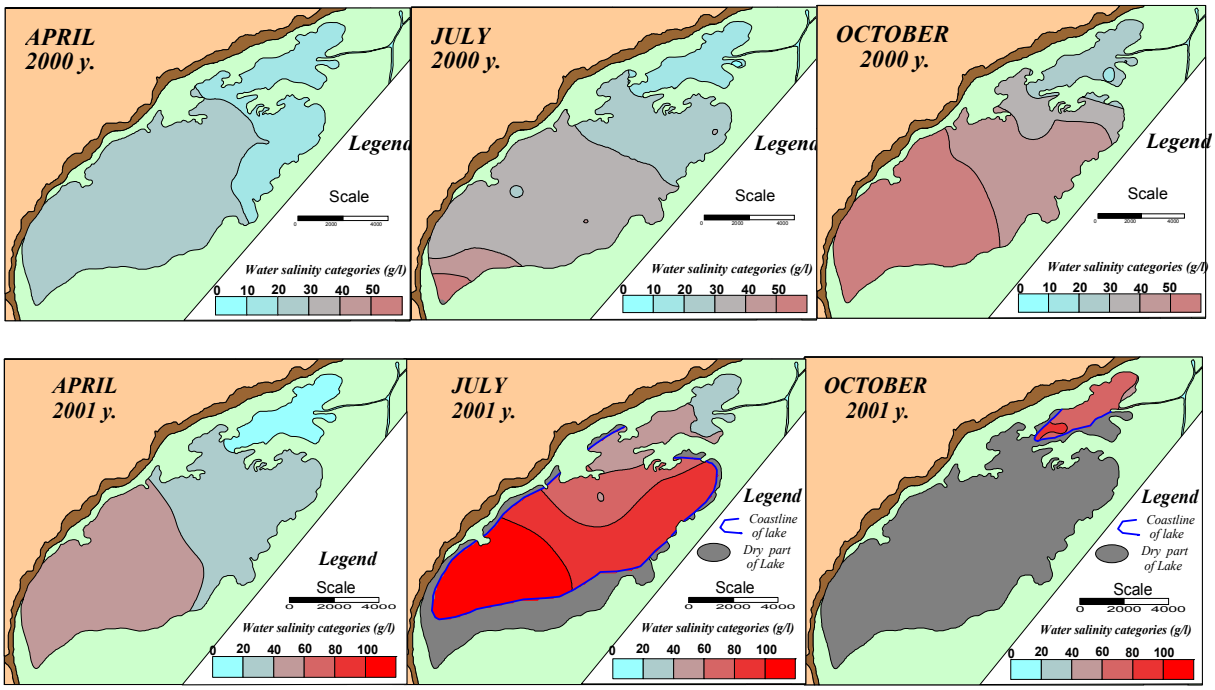


Рис. 9-1. Динамика осушения и минерализации озера Акушпа в 2000-2001 гг.

В конечном итоге обмеление, осолонение и осушение озёр привело к полной гибели всего рыбного стада. На территории вэтланда коллектор ККС остался единственным местом пригодным для обитания рыб. Однако и здесь тотальные обловы привели к практически полному уничтожению воспроизводственного состава ихтиофауны.

В результате обмеления и осушения озёр ветланда все тростниковые и рогозовые заросли, служившие источником пропитания и защитой для ондатры, местных и перелётных птиц, оказались на суше. Следствием этого явилось практически полное исчезновение популяции ондатры, численность которой за два года сократилась с 20-25 тыс. до единичных экземпляров.

До 2000 г. озёра ветланда Судочье представляли собой уникальное место по разнообразию и количеству водоплавающих и околоводных птиц. Здесь было отмечено 218 видов птиц, среди которых 12 видов были включены в Красную Книгу МСОП. За маловодные годы численность птиц ветланда сократилась с 70,5 до 2,6 тыс., причём доля гидрофильных видов уменьшилась с 91,6% до 38,2% (рис. 9-2)

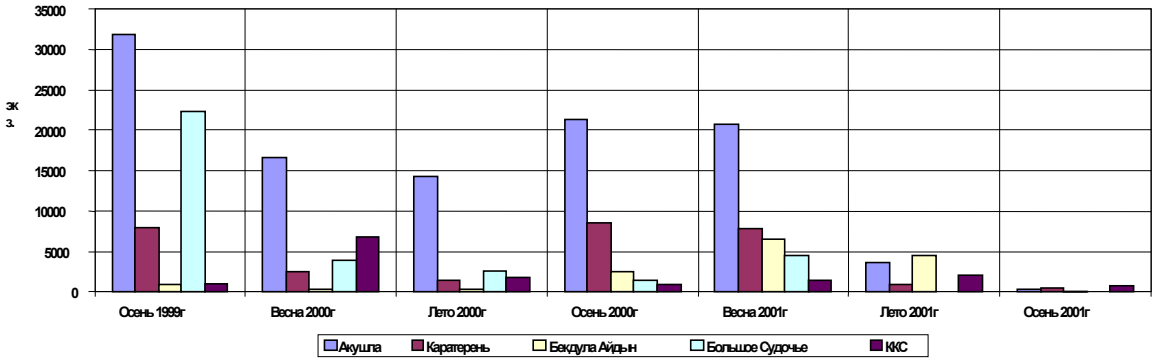


Рис. 9-2. Численность птиц на озёрах ветланда Судочье

Тяжелая экологическая ситуация сложилась почти на всей территории дельты Амударьи. Наиболее сохранившимися водоёмами здесь оставались только Муйнакский и Рыбачий заливы. Но и здесь тростниковые и рогозовые заросли оказались на суше, а гнездовья водоплавающих птиц были уничтожены шакалами и лисами. Рыбное стадо водоёма подверглось интенсивному облову местными жителями и многочисленными бригадами рыбаков.

В результате маловодья в Приаралье практически не сохранилось стабильных естественных ландшафтов. Здесь стали преобладать нестабильные, большей частью, медленно деградирующие ландшафты.

В 2002 г двухлетней период маловодья сменился на достаточно высоким уровенем водности. Паводок, начавшийся в июне этого года, продолжался в течение двух месяцев, достигнув расхода воды в створе Саманбай 920 м^3/сек. Общий объём стока, прошедшего через этот створ, составил 2144 млн. м^3. Однако, несмотря на избыток воды, сброс её в такие первоочередные водоёмы, как ветланд Судочье, Рыбачий и Муйнакский заливы не был обеспечен. Около 80-84% воды, поступившей на обводнение дельты, практически бесполезно ушло в её Правобережную сторону.

Непременным следствием изменения режима водобеспечения ветландов является изменение экологической ситуации. В целях отслеживания этих изменении в июле 2002 г. было проведено экспедиционное обследование левобережной, центральной и правобережной зоны Приаралья.

9.1. Караджарские озера

Водоснабжение озёр обеспечивает канал Раушан, разделяющийся в районе пос. Мошанаул на две ветки - канал Судочьеяб и протоку Раушан. Последняя впадает в озеро Машанколь, откуда по местным протокам вода поступает в озёра Ходжаколь и Ильменьколь. В районе Мошанаула на канале Раушан построено водораспределительное сооружение, предназначенное для переброски речной воды по коллектору ГК (бывший Устюртский) в озёра ветланда Судочье.

В канал Раушан вода начала поступать в конце июня. В июле сброс воды в коллектор ГК достигал 12 м^3/сек, в протоке Раушан расход воды составлял 5.1 м^3/сек и в канале Судочьеяб - 0,11 м^3/сек. Вода, наполнив основное ложе оз. Машанколь, залила обширные прибрежные заросли тростника, образовав практически непроходимые болотные топи. Минерализация воды в прибрежной части озера равнялась 1,3 – 3,5 г/дм^3.

Озеро Ходжаколь начало наполняться в конце июля, и к концу месяца вода залила только высохшее дно центрального плеса. Длина водного зеркала не превышала 2 км, ширина 0,8-1,0 км. Зеркало воды окружено широкой полосой мощных иловых отложений. Минерализация воды достигала 4,7 г/дм^3. Дальше оз. Ходжаколь вода не продвинулась и все нижележащие озера, в том числе и оз. Ильменьколь, оставались сухими.

На озёрах практически не встречалось водоплавающих птиц. Отсутствие птиц, видимо, обусловлено тем, что водная биота за время восстановления озёр не успела развиться, и для птиц отсутствовала кормовая база.

В конце июля подача воды в канал Раушан практически прекратилась - расход воды в нём составлял всего 1,8 м^3/сек, в канале Судочье вода отсутствовала, водораспределитель Судочинский и все ниже расположенные каналы были полусухие.

Прибрежную территорию озёр и каналов занимали следующие ландшафт образующие ассоциации растений:

1. Тростниковая ассоциация (Phragmites australis) – занимала всё побережье озёр.. Флористический состав не превышал 2-3 вида. Проективное покрытие достигало 100%.

2. Тростниково-гребенщиковая ассоциация (Tamarix hispida-Phragmites australis) – широко распространена в ближнем и дальнем прибрежье озер, образует обширные тростниковые луга. Проективное покрытие ассоциации достигало 80-90%. Тростниковые заросли и луга широко использовались для заготовки сена и выпаса скота.

3. Лебедово-гребенщиковая ассоциация (Atriplex lasiantha- Tamarix hispida) - занимала большие территории на засушливых землях, включала единичные кусты янтака (Alhagi

pseudalhagi) и парнолистника (Zygophyllum oxianum). Проективное покрытие достигало 80-90 %.

4. Солодковая ассоциация (Glysyrrhza glabra) - встречалась только на откосах каналов. Растения достигали высоты до 80-120 см и формировали проективное покрытие, достигающее 100%. Кроме единичных экземпляров тростника, ассоциация не включала другие виды растении.

5. Акбашево-янтаково-гребенщиковая ассоциация (Tamarix hispida- Alhagi pseudalhagi-Karelinia caspica) - состояла из двух ярусов. В первом ярусе доминировал гребенщик (высота растении достигала 2,5 м), во втором - янтак и акбаш (0,8-1,2 м). Общее проективное покрытие составляло в среднем 80%.

6. Акбашево-чингилово-гребенщиково-лоховая ассоциация (Karelinia caspica-Halimodendron halodendron -Tamarix hispida- Elaeagnus turcomanica) –имела 4-х ярусное строение. В первом ярусе господствал лох (Elaeagnus turcomanica), во втором - гребенщик (Tamarix hispida), в третьем, травяном ярусе – чингил (Halimodendron halodendron), акбаш (Karelinia caspica), янтак (Alhagi pseudalhagi), парнолистник (Zygophyllum oxianum) и в четвертом - ажрек (Aeluropus litoralis) и травянистые однолетние растения. Высота первого яруса достигала 5-6 м., второго – 2,5-3,0 м, третьего – 0,8-1,0 м и четвёртого - до 0,4 м. Проективное покрытие достигало 100%.

7. Разнотравно-лохово-гребенщиково-туранговая ассоциация (Populus pruinosa- Tamarix hispida-Eleaegnus turcomanica-mixtoherbosa) - имела четко выраженное 4-ярусное строение. Первый ярус представляла туранга (Populus pruinosa), достигающая высоты 10-15 м; второй-лох (Eleagnus turcomanica) – до 5-7 м; третий, кустарниковый ярус, с преобладанием гребенщика (Tamarix hispida) и чингила (Halimodendron halodendron). Проективное покрытие травостоя достигает 50-60 % .

Растительные ассоциации территории Караджарских озёр характеризовались интенсивным развитием и хорошим физиологическим состоянием травянистой и кустарниковой растительности, а также отсутствием в его составе солянок (Salsola sp) и карабарака (Halostachys caspica), приуроченных к засолённым почвам.

В конце 2002 г. и первой половине 2003 г. в результате интенсивной водоподачи по каналу Раушан произошло восстановление водного режима всех Караджарских озёр с оттоком избытка воды в сторону ветланда Судочье.

9.2. Ветланд Судочье

Водоснабжение ветланда Судочье обеспечивают коллектора ККС и ГК и канал Судочинский. В своё время сооружение этих водотоков не было завершено до конца. Русла канала Судочинский и коллектора ГК прерываются, не доходя 2-3-х км. до озера Большое Судочье, русло коллектора ККС прерывается на участке между озёрами Каратерень и Тайлы.

В летний период 2002 г. заполнение озёр ветланда происходило очень медленно. Последнюю декаду июля коллектор ГК оставался без воды, расход воды в коллекторе ККС составлял всего 8,3 $м^3$/сек. (при среднем многолетнем значении 20,4-22.1 $м^3$/сек). Большая часть центрального плёса и вся восточная и южная часть озера Акушпа оставались сухими. Площадь зеркала воды составляла 2795 га (24% от исходного значения), длина не превышала 8,5 км. В озере Каратерень вода занимала только небольшую часть центрального плёса, площадь водного зеркала составляла 21 га (4,2 % от исходной величины), длина 1,4 км и ширина 0,15 км. Тростниковые заросли озера оставались на суше. Озёра Бегдулла-Айдин и Большое Судочье были залиты водой, но её глубина не превышала 20-30 см. Небольшие глубины этих озёр благоприятствовали развитию надводной растительности, занимающей ранее практически голые центральные плёсы озёр.

В таблице 9-1 приводятся уровни горизонтов воды озёр ветланда за весенне-летний период 2002 г (многолетний средний уровень оз. Акушпа равен 52,61 м. абс. отм):

Таблица 9-1. Уровни горизонта воды озёр ветланда Судочье, 2002 г. (м. абс. отм.)

Озёра	март	апрель	май	июль	август	октябрь
Акушпа	51,41	51,46	51,44	51,49	51,520	51,55
Каратерень	49,99	50,03	50,07	49,65	50,003	50,15
Большое Судочье	51,33	51,60	51,44	51,66	51,760	52,05
Бегдулла-Айдин	51,56	51,64	51,49	51,70	51,807	52,03

Минерализация воды озёр Большое Судочье и Бегдулла-Айдин достигала 2,9-3,1 г/л, оз. Каратерень – 15.0 г/л и оз. Акушпа – 32,5 г/л. В коллекторе ККС минерализация воды составляла 2,1-3,6 г/л. Анализ содержания тяжелых и цветных металлов в донных отложениях озёр показал, что наиболее высока в них концентрация стронция (табл. 9-2). В то же время полевые измерения гамма радиационного фона озёр не обнаружили превышении естественного фона – 5-7 мкР/час, и поэтому можно предположить, что стронции донных отложении имеет природное, а не техногенное происхождение. Повышенное содержание некоторых тяжелых и цветных металлов (цинка, никеля, свинца, урана, мышьяка и др.) в донных отложениях определяется способностью грунтов адсорбировать и депонировать эти вещества из водной толщи.

Бригады рыбаков, ранее постоянно присутствующие на озёрах, покинули ветланд. Водоплавающих птицы практически не было видно. Фауна ветланда отличалась массовыми скоплениями азиатской саранчи, основой для развития которой послужили огромные территории осушенных тростниковых зарослей, что создало благоприятные условия для кладки яиц и развития личинок. Особенно большие стаи саранчи наблюдались в районах озёр Каратерень и Тайлы. Саранча уничтожила вокруг этих озёр большую часть зарослей тростника и начала представлять угрозу прилегающим сельскохозяйственным угодиям. Для борьбы с насекомыми были привлечены авиаотряды МЧС Узбекистана. Основные стаи и кулаги саранчи были уничтожены, но отдельные и порой довольно многочисленные скопления этих насекомых всё же сохранились.

Растительный покров ветланда характеризовался скудностью флористического состава. Прибережная растительность коллекторов ГК и ККС была представлена тростником (Phragmites australis), гребенщиком жестковолосистым (Tamarix hispiga), гребенщиком ветвистым (Tamarix ramosissima), карабараком (Halostachys caspica), янтаком (Alhagi pseudalgagi), акбашем (Karelinia caspia), парнолистником (Zygophyllum oxianum), ажреком (Aeluropus litoralis) и однолетними солянками. Проективное покрытие достигало 50-
80%, местами увеличиваясь до 100 %. Наиболее засушливой территорией ветланда являлась его южная часть. В почвенном покрове этого района преобладали пухлые солончаки, растительность была представлена следующими сообществами:

1. Солянковая ассоциация (Salsola dendroides) - состояла из одних солянок. Высота растений не превышала 60-80 см., проективное покрытие достигало 60-70 %.

2. Солянково-гребенщиково-карабараковая ассоциация (Halostachys caspia- Tamarix hispida- Salsola sp.) – наиболее распространенная ассоциация растений. Проективное покрытие колебалось от 10-20 до 70-80%. На территории ассоциации расположены обширные простанства, лишенные растительности.

3. Сведово-климокоптеровая ассоциация (Climocoptera aralensis-Suaeda sp.) – характеризовалась бедным флористическим составом. Проективное покрытие составляло 20-40 %

4. Саксаулово-гребенщиково-янтачная ассоциация (Alhagi pseudalhagi-Tamarix hispida-Haloxylon aphyllym) - имела 3-ярусную структуру. Первый ярус занимал саксаул, высота которого достигала 2,5 -3 м, во втором преобладал гребенщик (1-1,5 м) и в третьем, травяном ярусе, доминировал янтак (до 0,7 м). Проективное покрытие растений достигало 70 %.

Юго-западный предчинковый район ветланда характеризовался преобладанием в растительном покрове различных видов солянок (Salsola), карабарака (Halostachys caspica) и гребенщика (Tamarix hispida). Проективное покрытие растений колебалось от 20 до 90 %.

В северной части ветланда доминирующие положение занимал карабарак (Halostachys caspica), гребенщик (Tamarix hispida), солянка древовидная (Salsola dendroides) и лебеда

(Atriplex sp.). Проективное покрытие растений колебалось от 10 до 70%. Наибольшее проективное покрытие давали заросли лебеды.

Таблица 9-2. Содержание тяжелых металлов в донных отложений в водоемах ветланда Судочье

Водоёмы	Cu *мг/кг*	Zn *мг/кг*	NNi *мг/кг*	Mn *мг/кг*	W *мг/кг*	As *мг/кг*	Sb *мг/кг*	Co *мг/кг*	Cr *мг/кг*	U *мг/кг*	Th *мг/кг*	Sr *мг/кг*	Pb *мг/кг*	Mo *мг/кг*	V *мг/кг*	Se *мг/кг*
оз.Тайлы	22	68.4	47.6	704	0.7	41	0.1	12.1	64	9.7	7	1234	24.4	0.6	62	0.51
оз.Тайлы	24	66.5	50.4	814	2.1	36.7	0.2	10.6	59	10.9	5.8	1404	14.6	0.5	50	0.39
оз.Тайлы	30	119.7	44.8	616	6	40.5	0.7	12.3	71	11.5	6	932	24.2	4	62	0.32
оз.Акушпа	20	62.7	39.2	550	2	50.3	0.7	9.4	49	16.6	6.2	1781	22.6	3.3	56	0.35
оз.Акушпа	10	89.3	33.6	484	5.1	41.7	0.6	7.7	38	15.7	4.2	2724	17.2	0.5	45	0.39
оз.Акушпа	12	47.5	39.2	396	1.7	26.8	0.7	5.5	31	17.5	4.5	2643	17.6	2.1	39	0.35
оз.Акушпа	24	68.4	42	616	1.6	29.1	1.1	10.4	56	8.2	5.7	1265	20.8	1.6	67	0.25
оз.Акушпа	10	41.8	28	352	2.7	21.3	0.6	4.4	37	10.3	3	2305	14.9	1.3	50	0.29
оз.Акушпа	20	45.6	28	396	1.1	30.1	0.3	6.4	45	14.6	3.9	2809	16.3	1	34	0.44
оз.Каратерень	22	114	81.2	792	0.1	25.3	0.6	10.1	83	9.1	6.3	1503	14.3	1.5	39	0.24
оз.Каратерень	24	66.5	44.8	1210	2.7	24	1.1	10.6	80	10.3	5.8	1443	22.2	3.4	56	0.51
оз.Бегдулла-Айдын	22	60.8	36.4	748	1.2	18.3	1	9.6	66	5.6	3.9	1191	13	0.5	50	0.33
оз.Большое Судочье	18	43.7	44.8	572	0.1	3.9	0.4	6	37	23.3	3.1	2120	18.8	4.2	62	0.33
оз.Большое Судочье	*14*	*36.1*	*42*	*352*	*0.1*	*6.8*	*0.3*	*3.9*	*51*	*16.1*	*2.9*	*2051*	*15.2*	*0.5*	*39*	*0.4*

Основными ландшафтообразующими видами растений ветланда являлись солянки, карабарак и в меньшей мере гребенщик. Тростниковые луга из-за интенсивного перевыпаса, недостатка влаги и нападении саранчи находились в угнетенном состоянии.

С августа 2000 г. началось интенсивное заполнение озер ветланда, в результате чего к февралю 2003 г. уровень воды в озере Акушпа достиг 52,5 м. абс. отм. Водное зеркало озеро Каратерень распространилось вплоть до Аккумской плотины, при этом через ее водосливное устройство в сторону залива Аджибай сбрасывалось до 3-5 $м^3$/сек., к маю этого года расход сброса увеличился до 10-15 $м^3$/сек.

9.3. Муйнакский залив

Источником водоснабжения водохранилища является канал Главмясо. Основная часть водохранилища имела вид вытянувшейся вдоль плотины полосы воды с центральным плесом округлой формы. Длинна приплотинного участка водохранилища достигала 6,5 км, ширина 150-200 м, длина центрального плёса - 2,0 км, ширина – 1,0- 1,2 км. Глубина воды у дамбы достигала 2,5-3,0, на открытом плёсе - не превышала 0,7-0,9 м. Северная часть залива вплоть до г. Муйнака была залита водой, образующей многочисленные мелководные разливы, в то же время как южная часть оставалась сухой. Отметка горизонта воды в водохранилище равнялась 50,944 м.

Минерализация воды в водохранилище достигала 3,5-3,8 г/дм. Вода относилась к сульфитному классу, группе натрия, по величине минерализации – к умеренно солоноватым водам,

пригодным для всех видов рыбохозяйственной деятельности. Однако из-за тотального отлова, имевшего место в прошлом году, водохранилище потеряло свое рыбохозяйственное значение. Водоплавающих птиц в заливе не было отмечено.

Прибрежную зону, а также вновь залитые территории и южную часть залива занимали тростниковые (Phragmites australis) и в меньшей мере рогозовые (Typha angustifolia) заросли. Тростниковые заросли приплотиной части водохранилища были частично поедены азиатской саранчой.

В растительном покрове залива преобладали формации гребенщика. Наиболее характерными являлись джузгуново-гребенщиковая ассоциация (Tamarix ramosissima-Calligonium caputi-medusea) и акбашево-гребенщиковая ассоциация (Tamarix ramosissima- Karelinia caspia) растений.

Территория, прилегающая к противоложной стороне плотины, представляет собой слабо волнистую, засушливую равнину, поросшую карабарако-солянково-гребещиковой ассоциацией (Halostachys caspia- Tamarix hispida- Salsola dendroides) растении, проективное покрытие которых не превышало 40-50%.

В северной части залива встречались небольшие ассоциации песчаной акаций (Ammodendron longiracemosum). Ассоциация имела бедный видовой состав, растения достигали высоты 0,6-1 м, проективное покрытие не превышало 20-30 %.

9.4. Рыбачий залив

Источниками водоснабжения водохранилища являются канал Главмясо и канал Кабулбай, вытекающий из озера Макполколь. Сброс излишков воды происходит через канал Гончак, расположенный в северном конце водоёма.

Осенью 2001 г. водохранилище состояло из двух изолированных частей: небольшой у плотины и основной - в центральной части залива, называемой озером "Сарыбас". Летом 2001 г обе части озера слились, образовав единую водную поверхность, длина которой достигала 8 км, ширина 6,6 км и глубина – 2.5 м. Отметка горизонта воды составляла 51,9 м. Минерализация воды в водохранилище достигала 2,4-2,8 г/л. Из главных ионов превалировали сульфаты, хлориды и ионы натрия. Вода относилась к сульфатному классу, группе натрия, по величине минерализации - к слабо солоноватым водам, пригодным для всех видов рыбохозяйственной деятельности. Однако здесь, как и в Муйнакском заливе, прошлогодний тотальный облов привел к полной утрате рыбохозяйственного значения этого водоёма. Водоплавающих птиц на воде залива не было отмечено.

Прибрежную часть водохранилища покрывали свежие тростниковые заросли, по мере удаления от которых в фитоценозе начинали преобладать следующие ассоциациями растений:

1. Янтаково-гребенщиковая ассоциация (Tamarix ramosissima-Alhagi pseudoalhagi)- распространена повсеместно, но занимала относительно небольшие площади, проективное покрытие достигало 60-70 %;

2. Гребенщиково-лебедовая ассоциация (Atriplex sp.-Tamarix hispida) – распространена на засушливых участках, в её составе встречались парнолистник (Zygophyllum oxianum) и янтак (Alhagi pseudoalhagi). Проективное покрытие колебалось в пределах от 30 до 70%.

3. Янтаково-акбашовая ассоциация (Karelinia caspia- Alhagi pseudoalhagi) – являлась одной из доминирующих в тугайном комплексе растении. Проективное покрытие достигало 100%;

4. Солянково-гребенщиковая ассоциация (Tamarix ramosissima-Salsola sp.)- занимала осолонённые участки территории залива. Проективное покрытие не превышало 40-60%.

5. Туранговая ассоциация (Populus sp.) – характеризовалась деградацией древесного сообщества, которая выражалась в суховершинности деревьев многолетнего возраста и полном усыханием отдельный растений. Высота отдельных деревьев достигала 5-6 м. Деградация туранговых зарослей является одним из первых показателей опустынивания территории.

Доминирующее положение в растительном покрове Рыбачего залива занимала гребенщиковая формация растений.

9.5. Озеро Макпалколь

Источником водоснабжения озера является канал Маринкинузяк и его рукав - канал Зинетжарган. Ширина русла канала Зинетжарган достигало 35 м, глубина 5.5 м, канала Маринкинузяк соответственно 9 м и 3 м.

Летом 2002 г. озеро и прибрежная территория наполнились водой, берега водоёма превратились в болотистые топи, обильно поросшие полуводной и травянистой растительностью. Длина озера достигала 8 км, ширина 3,6 км. Открытая поверхность воды озера маскировалась наземной растительностью, покрывшей, за прошедшие маловодные годы, всё ложе водоёма

Минерализация воды в озере достигала 1,1-1,2 г/л. По величине минерализации озеро относилось к очень слабо солёным водам, пригодным для орошения сельхозкультур и всех видов рыбохозяйственной деятельности.

В прибрежной части озёра были распространены следующие растительные ассоциации:

1. Разнотравно-гребенщиковая ассоциация (Tamarix ramosissima-mixtoherbosum)- характеризовалась разнообразием видового состава. Кустарниковый ярус представлен гребенщиком. Основу травяного яруса составляли солодка (Glycyrrhiza glabra), янтак (Alhagi pseudoalhagi), прибрежница (Aeluropus sp), парнолистник (Zygophyllum oxianum), акбаш (Karelinia caspia) и другие виды растений. Высота отдельных растений достигало до 1,0-1,5 м, проективное покрытие - 80-100%.

2. Лебедово-солодково-тростниковая (Phragmites australis-Glycyrrhiza glabra-Atriplex sp.). В этой ассоциации преобладали мощные, молодые заросли тростника. Проективное покрытие достигало до 90-100 %.

Берега канала Главмясо и Зинетжарган заросли древесной растительностью – тополем (Populus pruinosa), лохом (Elaeagnus turcomanica). Высота тополей достигала 10-12 м. В прибережье каналов преобладали гребенщик (Tamarix ramosissima), карабарак (Halostachys caspica), акбаш (Karelinia caspia), янтак (Alhagi pseudoalhagi) и парнолистник (Zygophyllum oxianum).

Растительный покров прибрежной части озера отличался интенсивным развитием и хорошим физиологическим состоянием.

9.6. Междуреченское водохранилище

Западная и северная часть плотины водохранилища протянулась вдоль русла протоки Кыпшакдарья, восточная часть огибает русло реки Акдарья. В районе поселка Кызылжар в теле плотины расположено водозаборное сооружение канала Главмясо, посёлка Порлатау - канала Маринкинузяк. Во второй половине июля водозабор каналов составлял соответственно 15 и 40 $м^3$/сек. В августе в связи со снижением водности Амударьи поступление воды в дельту было прекращено. Следствием этого стало прекращение подачи воды в выше названные каналы. Водное зеркало Междуреченского водохранилища за период летнего половодья достигало длины 18-19 км и ширины - 15-16 км.

В 2002 г. в нижней части восточной плотины было завершено строительство бокового водослива. Длина водослива достигала 1800 м, проектный расход 3600 куб. $м^3$/сек. Летом в течение 31 суток через водослив происходил сброс воды в сторону Думалакской системы озёр. За этот период на некоторых участках водослива произошла просадка бетонных плит, приведшая к нарушению поверхности сооружения.

В таблице 9-3 приводятся отметки горизонта воды у бортового водослива за вторую и третью декады июля (проектный уровень водослива равен 56,0 м):

Таблица 9-3. Уровни горизонта воды Междуреченского водохранилища, 2002 г.

Дни месяца							12	13	14	15	16
Уровень горизонта воды, м. абс. отм.							56,28	56,32	56,36	56,41	56,47
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
56,52	56,52	56,41	56,37	56,28	56,23	56,16	56,16	56,05	56,03	56,00	55,97

С прекращением работы бортового водослива через водоток Тышканузяк из водохранилища продолжался неучтённый сброс воды в сторону Думалакской системы озёр. Расход воды в водотоке достигал 12-15 $м^3$/сек.

Минерализация воды в водохранилище равнялась 0,6-0,9 г/$дм^3$. Из анионов минеральном составе воды доминировали сульфаты и хлориды, из катионов - натрий и магний. Вода относилась к сульфатно-хлоридному классу, группе натрия и магния, по величине минерализации - к пресным водам, пригодным для различных целей хозяйственно-питьевого и промышленного водопользования, а также для всех видов рыбохозяйственной деятельности. Вновь сформированная ихтиофауна водохранилища имела невысокую рыбопродуктивность.

Водохранилище не имело сомкнутых зарослей тростника. Это растение произрастало на относительно небольших, разрозненных участках береговой линии водоёма. Прибережная растительность водохранилища была представлена следующими ассоциациями растений:

1. Лебедово-акбашево-тростниковая ассоциация (Phragmites australis-Karelinia caspia-Atriplex sp) - чаще всего встречалась северной и западной части водохранилища, проективное покрытие достигало 100 %.

2. Гребенщиково-солянковая ассоциация (Salsola dendroides-Tamarix ramosissima) – наиболее широко распространенная, проективное покрытие достигает 80 %.

3. Гребенщиковая ассоциация (Tamarix ramosissima) – занимал отдельные, относительно небольшие территории. Проективное покрытие колеблется от 40 до 60%.

4. Лохово-гребенщиково-туранговая ассоциация (Populus pruinosa-Tamarix ramosissima-Elaeagnus turcomanica) – занимала прибрежные зоны русла реки Акдарья и в меньшей мере Кыпчакдарья. Общее проективное покрытие достигало 90 %. Сообщество имело четырехярусное строение. Первый ярус составляла туранга, высота деревьев достигала до 10-12 м. Второй ярус занимал лох туркменский (высота 3-4 м.). В третьем ярусе преобладал гребенщик. Самый нижний ярус составляли травянистые растения.

5. Янтачно-акбашевая ассоциация (Alhagi pseudalhagi- Karelinia caspia) – занимала отдельные, относительно небольшие участки, расположенные чаще всего в естественных понижениях, проективное покрытие составляло 80-100 %.

Русло Амударьи ниже поселка Порлатау оставалось сухим. Дно реки покрывали песчаные барханы, берега поросли гребенщиком (Tamarix sp.) и турангой ((Populus pruinosa).

9.7. Жылтырбаский залив

Основная масса воды, поступившая дельту Амударьи ушла на заполнение Жылтырбаского залива, водная поверхность которого протянулась с севера на юг на 20-22 км и в нижней части почти вплотную подошла к коллектору ККС. Уровень горизонта воды в приплотинной части залива составлял 50,513 м.

Минерализация воды озера достигала 3,4-3,5 г/л. В минеральном составе воды превалировали сульфитные и хлоридные ионы, из катионов - ионы натрия. Вода относилась к сульфитному классу, по величине минерализации – к умеренно солоноватым водам, пригодным для всех видов рыбохозяйственной деятельности.

Центральный плёс залива, особенно его южную часть, окружали залитые водой тростниковые заросли, образовавшие обширные заболоченные пространства. Территория Жылтырбаского залива, богатая свежими выросшими тростниковыми зарослями и водными разливами, привлекла летом этого года самое большое количество водоплавающих и околоводных птиц.

В растительном покрове прибрежной части озера доминирующее положение занимали заросли карабарака (Halostachys caspica) и гребенщика (Tamarix hispida). В этом сообществе выделялись 2 стадии: переходная от гребенщиковой к карабарачниковой и типично гребенщиково-карабарачниковая ассоциация (Halostachys caspica-Tamarix hispida). Для ассоциации характерно 2-ярусное строение: первый - кустарниковый ярус, представлен гребенщиком и карабараком (1-2 м) и второй - травяной, сильно разреженный, флористически-скудный. Проективное покрытие достигало 50-60 %.

Реже встречались сообщества климокортерово-сведовой ассоциации (Suaeda crassifolia-Climocoptera sp.). Проективное покрытие растений не превышало 30 %. Отдельными пятнами была отмечена солянка натронная (Salsola nitraria) и лебеда (Atriplex sp).

На юго-западном, увлажненном берегу залива Жылтырбас большие площади были заняты зарослями янтака (Alhagi pseudalhagi), акбаша (Karelinia caspia), парнолистника (Zygophyllum oxianum) и тростника (Phragmites australis). Проективное покрытие растений достигало 80-100%.

На осушенной территории залива расположено несколько самоизливающихся артезианских скважин со слабоминерализованной (1,5-2,0 г/дм^3), теплой водой (38-40^0 С). Вокруг скважин расположены стойбища чабанов, выпасающих крупный рогатый скот и запасающих тростник на сено.

9.8. Коллектор КС-3

Коллектор КС-3, не доходя до южной оконечности плотины залива Жылтырбас, сворачивает в протоку Жылтырбас Правая. Ширина коллектора в этом месте 45 м., глубина - 1,2-1,8 м. Отметка уровня горизонта воды была равна 48,851 м., расход воды - 5,6 м^3/сек.

Минерализация воды в коллекторе не превышала 2,1-2,3 г/л. В химическом составе воды преобладали сульфатные и хлоридные ионы, из катионов - ионы натрия и магния. Вода относилась к сульфатному классу, группе натрия и магния, по величине минерализации - к слабо солоноватым водам, пригодным для всех видов рыбохозяйственной деятельности.

В средней части коллектор протекает в глубоком овраге, с правым обрывистым и левый пологим склонами. Русло коллектора пересекают несколько разрушенных и действующих мостов, на его берегах лежат ржавые остовы трех крупных земснарядов. Берега коллектора покрыты разрозненными зарослями тростника.

Прибережная растительность коллектора представлена следующими ассоциациями растений:

1. Лохово-янтаково-акбашевая ассоциация (Karelinia caspia-Alhagi pseudalhagi-Elaeagnus turcomanica) - наиболее распространена в среднем течении коллектора, проективное покрытие достигало 60-70%.

2. Разнотравно-турангово-гребенщиковая ассоциация (Tamarix ramosissima-Populus pruinosa-miztoherbosum) – занимала наиболее увлажнённые территории, характеризовалась разнообразием видового состава (более 20 видов). Проективное покрытие достигало 100%.

3. Янтаково-солянковая ассоциация (Salsola dendroides- Alhagi pseudalhagi) с доминированием древовидной солянки. Проективное покрытие растений не превышало 70 %.

4. Солянково-карабараково-саксауловая ассоциация (Haloxylon aphyllum-Halostachys caspica-Salsola sp.) - занимала относительно небольшие, возвышенные участки земли. Проективное покрытие ассоциации достигало 40-60 %.

5. Солянково-сведовая ассоциация (Suaeda crassifolia-Salsola sp.) - занимала наиболее засушливые участки земли. В сообществе встречались редкие кусты саксаула, достигающие высоты до 1, 5 м. Проективное покрытие составляло не более 20%,

6. Лебедёвая ассоциация (Atriplex sp.) – образовывала небольшие, но плотные разрастания с 100% проективным покрытием.

9.9. Коллектор КС-1

Расход воды в коллекторе достигал 12-15 м^3/сек, минерализация воды не превышала 2,1 г/л. Вода относилась к сульфатному классу, группе натрия, по величине минерализации - к слабо солоноватым водам, пригодным для всех видов рыбохозяйственной деятельности. В русле коллектора наблюдались большие скопления молоди рыб.

Фитоценоз прибрежья коллектора представлен следующими ассоциациями растений:

1. Солянково-янтачная ассоциация (Alhagi pseudoalhagi-Salsola dendroides) – занимала наиболее увлажнённые участки, проективное покрытие растений достигало 100 %. Среди кустов верблюжей колючки часто встречались молодые поросли тростника.
2. Янтаково-акбашевая ассоциация (Karelinia caspica-Alhagi pseudoalhagi) – пареобладала на правом берегу коллектора. Проективное покрытие достигало 80-90 %.
3. Янтаково-гребенщиковая ассоциация (Tamarix ramosissima-Alhagi pseudoalhagi) - преобладала на левом берегу коллектора, имела двухярусное строение: первый ярус образовывал гребенщик, во втором ярусе преобладал янтак.

9.10. Оценка экологического состояния

Экспедиционное обследование территория Приаралья показало, что приток воды в дельту Амударьи привел к снижению её минерализации во всех пойменных водоёмах. Исключение составили только озеро Акушпа и Каратерень ветланда Судочье, оказавшиеся без достаточного водобеспечения. (табл. 9-4). В результате этого экологическое состояния водоёмов центральной и правобережной зон значительно улучшилось, экологическое состояние водоёмов левобережной зоны не претерпело существенных изменении.

Таблица 9-4. Химический состав воды водных объектов Приаралья (г/л /мг/экв)

№	Водный объект	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^{+}+K^{+}$	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}	Cl^{-}	Σ 2002	Σ 2001
1	Оз.Машонколь	0,1 4,9	0,12 9,7	0,44 19,28	0,03 0,16	0,85 17,68	0,56 15,69	**2,1**	**Сух.**
2	Оз. Ходжаколь	0,36 0,98	0,27 12,26	1,0 24,56	0,05 0,501	2,12 25,74	1,3 20,45	**5,1**	**5,8**
3	Коллектор ККС	0,35 17,5	0,21 17,5	0,29 11,6	0,219 3,6	1,2 25,0	0,639 18,0	**2,92**	**14.4**
4	Оз. Каратерень	0,74 37,0	1,03 109,0	2,8 120,5	0,39 6,45	6,5 135,0	4,1 125,0	**15,36**	**54,0**
5	Оз.Акушпа	0,96 48,0	2,56 209,0	6,21 270,0	0,35 5,75	12,91 254,0	9,49 267,3	**31,56**	**Сух.**
6	Оз.Бегдулла-Айдин	0,480 24,0	0,232 19,0	0,291 12,6	0,317 5,2	1,248 26,0	0,869 24,48	**3,280**	**Сух.**
7	Рыбачий залив	0,16 7,45	0,26 19,7	0,3 13,17	0,09 1,53	0,99 20,53	0,67 18,32	**2,47**	**14,0**
8	Рыбачий залив	0,17 8,67	0,28 22,8	0,35 15,2	0,104 1,77	1,15 23,75	0,78 21,2	**2,83**	**8,9**
9	Муйнакский залив	0,18 8,91	0,28 16,92	0,71 30,61	0,07 0,48	1,47 30,59	0,91 25,5	**3,62**	**14,6**
10	Муйнакский залив	0,19 9,66	0,31 18,3	0,76 33,18	0,08 0,52	1,59 18,56	0,98 27,6	**3,91**	**19,5**

№	Водный объект	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^{+}+K^{+}$	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}	Cl^{-}	Σ 2002	Σ 2001
11	Оз.Макполколь	0,17 7,52	0,05 4,48	0,16 5,47	0,17 2,59	0,32 7,0	0,30 8,46	**1,17**	**Сух.**
12	Междуреченское водохранилище	0,8 4,0	0,87 7,2	0,28 11,2	0,17 2,8	0,65 13,6	0,85 24,0	**1,35**	**Сух.**
13	Жылтырбаский залив	0,26 12,51	0,19 15,2	0,64 27,9	0,1 1,60	1,47 32,1	0,9 23,6	**3,56**	**Сух.**
14	Коллектор КС-3	0,1 4,9	0,12 9,7	0,44 19,28	0,03 0,16	0,85 17,68	0,56 15,69	**2,1**	**13,2**

Наиболее позитивное воздействие улучшение водной ситуации в Приаралье, оказало на растительный покров. Воздействие выражено в улучшении физиологического состояния растениий, увеличении проективного покрытия и повышении видового разнообразия. Вследствие этого появились на территории дельты Амударьи, интенсивно восстанавливающие естественные фитоценозы (рис. 9-3).

Основными ландшафто-образующими видами наземной флоры Приаралья являлись тростник, гребенщик, карабарак, солянки и лебеда. Восстановление фитоценоза привело к заметному увеличению численности популяции фазана и зайца.

Сравнение экологической ситуации, сложившейся в Приаралье в 2000-2003 гг. показывает, что после жестокого маловодья 2000-2001 гг., приведшего к катастрофическому ухудшению экологической обстановки, восстановление водности Амударьи привело к концу 2002 г. к улучшению, а к середине 2003 г - к полному восстановление гидрологического режима основных водных объектов и как следствие этого, повсеместному улучшению экологической ситуаций в регионе.

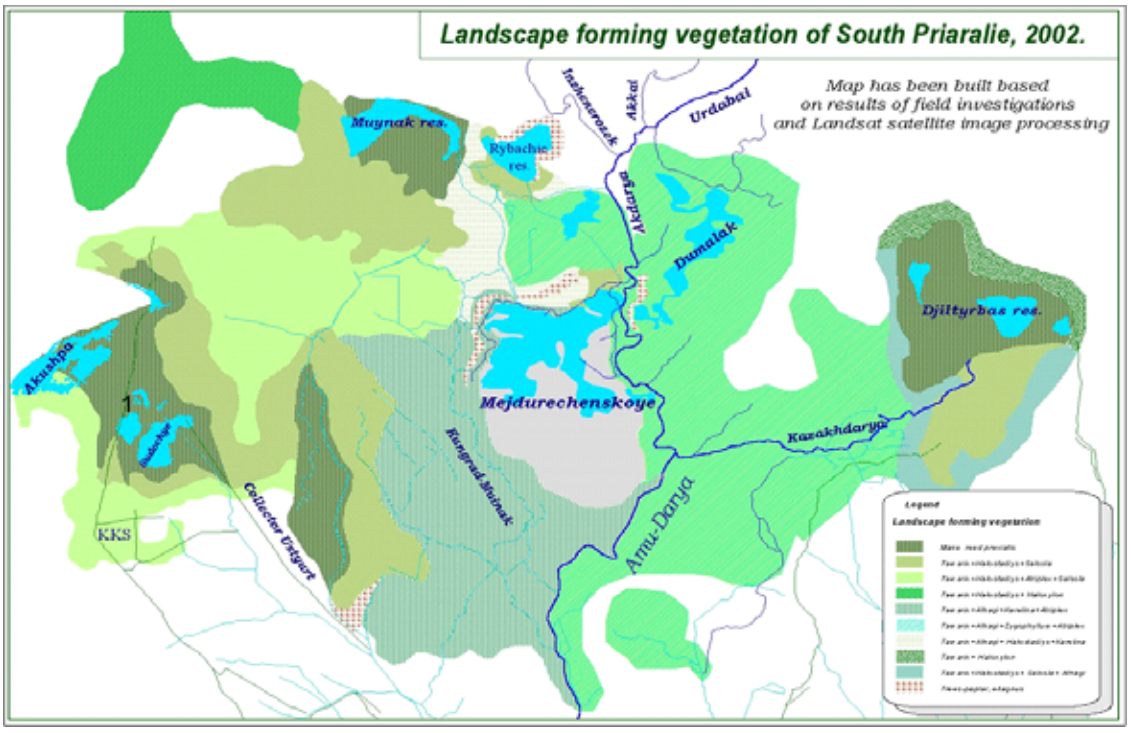


Рис. 9.3. Карта ландшафтообразующего растительного покрова Приаралья за 2002 г.

9.11. Классификация ветландов

Анализ ретроспективного состояния Приаралья показал, что из всех местных экосистем водно-болотные угодья обладали наибольшей способностью к восстановлению и сохранению биоразнообразия и продуктивности биоресурсов. Экосистемы ветландов широко используются местным населением в качестве:

1. Источников растительного сырья – прежде всего, тростника.
2. Объектов рыболовства,
3. Объектов добычи ондатры.

Поэтому создание широкой системы управляемых ветландов явится наиболее эффективным путём ликвидации негативных экологических и социальных последствии Аральского кризиса.

Однако водохозяйственная ситуация дельты Амударьи не способна обеспечить гарантированное водоснабжение всех ветландов Приаралья. В зависимости от режима водоснабжения здесь будут формироваться постоянные и непостоянные озера, кратковременные водоемы и затопляемые поймы, способные обеспечить оптимальное развитие только определённых биоресурсов, каждое из которых, в свою очередь, предъявляет индивидуальные требования к экологическим условиям окружающей среды (рис. 9-4).

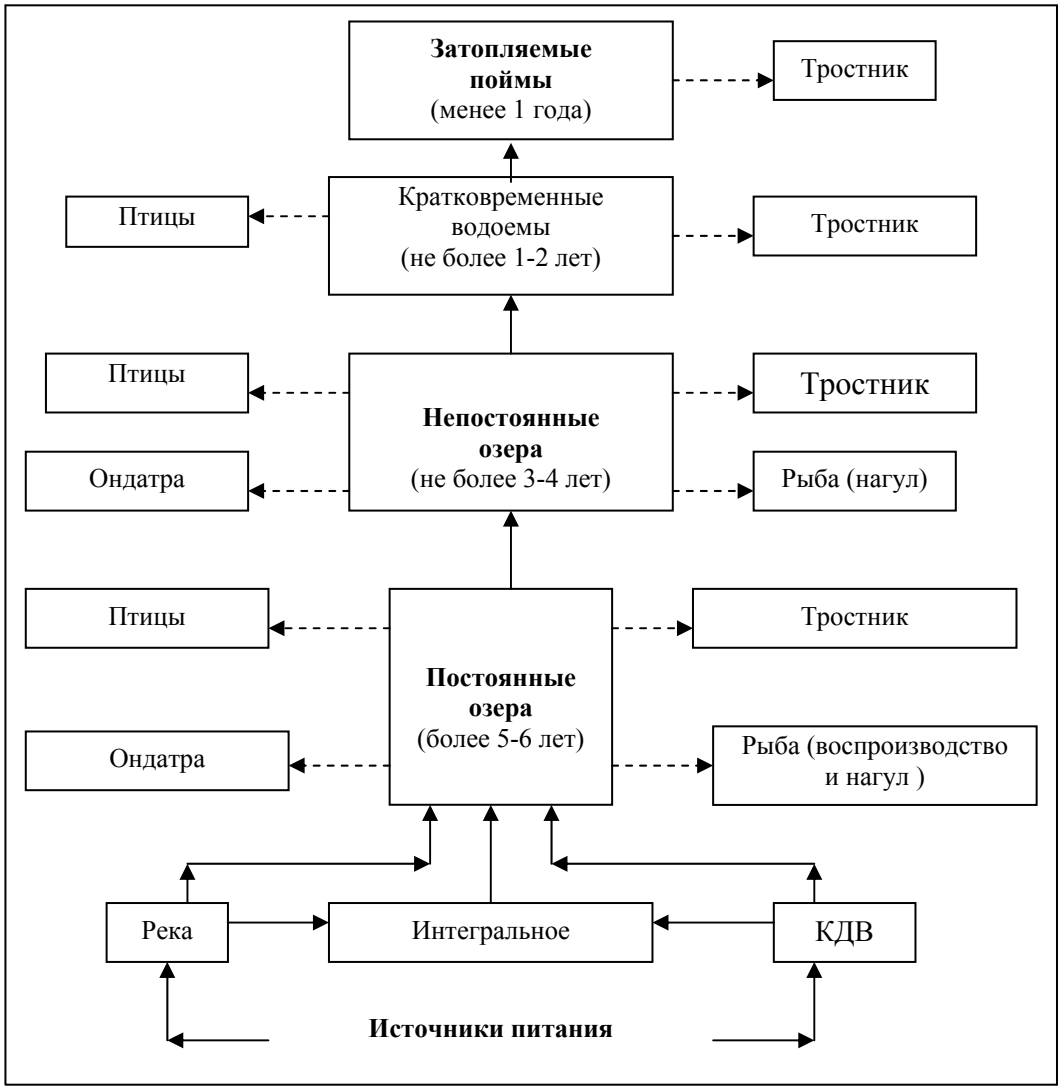


Рис. 9-4. Классификация ветландов и направленность использования их биоресурсов

9.12. Экологические требования основных биоресурсов

Основными востребованными местным населением биоресурсами ветландов Приаралья являются тростник, промысловые породы рыб, ондатра и водоплавающие виды птиц.

Тростник

До Аральского кризиса заросли тростника занимали большую часть дельты р. Амударьи. Биомасса тростниковых зарослей достигала до 40 т/га в сухом весе. В настоящее время площадь тростниковых зарослей значительно сократилась, сами они в большей или меньшей степени деградировали. Биомасса тростника не превышает 20-25 т/га в сухом весе, составляя, в основном, 10-15 т/га, а на участках с высоким уровнем минерализации воды – от 1,5 до 5,0 т/га.

В ветландах Приаралья тростник представлен двумя формациями – водной и луговой. Из-за сложности и трудоёмкости хозяйственного использования водные заросли тростника играют, в основном, природоохранную роль, предоставляя убежище и кормовую базу местной и глобальной (перелётные птицы) фауне. Луговые заросли тростника имеют, в основном, хозяйственное значение, поскольку широко используются для заготовки фуража и летнего выпаса крупно рогатого скота.

Одним из основных условий для развития водных формации тростника является уровень минерализации воды. Солёность воды в пределах от 4 до 10 г/л практически не сдерживает развитие этого растения, при её увеличении свыше 15-20 г/л происходит деградация зарослей с их последующим медленным отмиранием.

Проточность водоёмов является одним из основных условий для развития тростника. В слабопроточных водоёмах с минерализацией воды не более 8-10 г/л заросли тростника обычно вытесняются рогозом, не имеющим столь широкого хозяйственного применения.

Глубина проникновения сплошных зарослей тростника достигает 1,2-1,3 м, наиболее оптимальными для развития тростника являются водоёмы с глубинами воды не более 1,0-1.2 м.

Основными условиями для развития луговых зарослей тростника является сохранение высокого уровня влажности и степень засоления почв, вызывающая осмотический эффект не выше 30-40 бар. В Приаралье это хлоридно-сульфатные почвы с содержанием иона хлора не более 0,1-0,25% и суммой солей не выше 0,9%. На более осолоненных почвах развитие тростника ухудшается и на очень сильно засоленных (сумма солей более 6 % и иона хлора более 1,85%) практически прекращается.

В маловодные годы сохранение уровня грунтовых вод на глубине 2,5-3 м позволяет корневищам тростника сохранять свою жизнеспособность в течение 2-3 лет. Восстановление водного режима вызовет восстановление тростниковых зарослей ветланда.

Восстановление тростниковых зарослей происходит и в результате семенного размножения. Семена тростника при обилии света и влаги дают массовые всходы и к концу вегетационного периода первого года жизни формируют хорошо различимые корневища диаметром около 0,5 см. На второй год растение достигает высоты более 1 м, а на 3-4 году формируют уже полноценные заросли.

Рыба

Для размножения и развития рыб необходимы особые абиотические и биотические условия окружающей среды. Абиотические условия должны отвечать следующим требованиям - содержание растворенного в воде кислорода не ниже 4-5 мг/л, свободное зеркало воды - не менее 50% и средняя глубина - не ниже 1,5 м. Свободная поверхность воды необходима для поддержания ветрового перемешивание водных масс, являющегося основным источником поступления в воду кислорода, глубина озёр - для сохранения рыбного стада в зимний период года. В нерестовых водоёмах в период размножения рыб – апрель-июнь, колебания уровня воды не должны приводить к резкому обмелению мелководий, являющихся местом развития икры и ранних стадий мальков рыб. Минерализация нерестовых водоёмов не должна превышать 5 г/л. Превышение этого уровня приводит к гибели икры, личинок и мальков. Взрослые стадии рыб выдерживают более высокие концентрации солей. Минерализация воды до 10-15 г/л не оказывает существенного воздействия на их упитанность, плодовитость и темпы роста.

Биологические условия – это, прежде всего, кормовая база - достаточно большие площади заросших водной растительностью мелководий с хорошо развитым планктоном и бентосом, приемлемый уровень пищевой конкуренции и пресса хищничества.

Водоёмы Приаралья, как правило, имели хорошую кормовую базу для развития местных – сазана, карася, плотвы и интродуцированных растительноядных – толстолобика, белого амура - видов рыб. Но если для размножения местных рыб в озёрах имелись достаточно благоприятные условия, то для интродуцированных рыб, дающих до 30% общего улова, они не пригодны. Пополнение стада этих рыб происходит только за счёт ската молоди из Амударьи. Поэтому большое значение для сохранения и увеличения биоресурсов ветландов играют попуски речной воды в период размножения этих рыб.

Ондатра

Ондатра, завезенная в Приаралье в конце сороковых годов прошлого столетия, к началу шестидесятых годов заселила территорию всей дельты Амударьи. Промысел этого зверька достигал несколько сотен тысяч шкурок в год. С ухудшением экологических условий численность и ареал ондатры начали сокращаться, и в настоящее время добыча шкурок практически прекратилась.

Основными условиями для обитания ондатры являются наличие хорошо развитых зарослей тростника и рогоза, выполняющих защитную и кормовую функции, и глубина водоём не менее 1,5 м. Глубина необходима для сохранения в зимний период года проходов к кормовым угодьям. Изменение уровня воды в холодный период года более чем на 30 см, как правило, приводит к нарушению зимовальных условий и, как следствие этого, к гибели зверьков. Минерализация воды не оказывает прямого воздействия на ондатру, но, обусловливая развитие тростниковых и рогозовых зарослей, играет серьезную опосредственную роль в расселении и развитии ее популяции. Плотность ондатры 4-5 семей/га с отловом до 20-25 зверьков в год не оказывает угнетающего воздействия на заросли тростника.

Зимой существенное влияние на численность популяции зверька оказывают хищные звери – волк, лисица, шакал, но гораздо больше вреда приносят кабаны, разрушающие хатки зверьков. Большой ущерб численности ондатры причиняет браконьерство, особенно в период её размножения.

Птицы

Основными экологическими условиями для пребывания птиц является долгосрочная сохранность акватории с хорошо развитой надводной растительностью, предоставляющей защиту и укрытие, особенно в период гнездования и воспитания птенцов. Уничтожение тростниковых и рогозовых зарослей, как правило, приводит к сокращению численности водоплавающих и околоводных птиц. А также наличие больших мелководий, заливов и плёсов с высокой и доступной кормовой базой - гидрофлора, бентос, молодь рыбы. Минерализация воды не оказывает непосредственного воздействия на птиц, но, как и в случае с ондатрой, проявляется через продуктивность гидрофлоры и гидрофауны.

Состав орнитофауны определяется характером водоёмов – на относительно глубоких озёрах доминирующие положение занимают водоплавающие птицы - лебеди, пеликаны, утки, бакланы, лысухи и другие, на мелких, заболоченных водоёмах – птицы водно-болотного комплекса - кулики, цапли, крачки и др.

Большое значения для развития орнитокомплексов ветландов имеет степень проявления человеческого фактора, в любом случае оказывающем беспокойствующее воздействие, а при агрессивных проявлениях - отлёт птичьих стай.

9.13. Требования к экологическим условиям ветландов

В социально-экологической структуре Приаралья постоянные озера явятся объектами воспроизводства всех основных биоресурсов. При этом они должны обладать экологическими условиями, отвечающими требованиям успешного размножения и развития водной растительности, рыб, птиц и ондатры. Это:

Постоянные озера

- Средняя глубина не менее 1,5 м, хорошо развитая полуводная растительность - тростник, рогоз, занимающая не более 50% площади водоемов;
- Концентрация растворенного в воде кислорода не ниже 4-5 мг/л, минерализация воды в период нереста и выроста личинок и мальков рыб (апреля–июль) не выше 5 г/л.
- Плотность популяции ондатры в пределах 4-5 семей/га тростниковых и рогозовых зарослей.
- Колебания уровня воды в период размножения рыб и в зимний период года – не более 30 см.
- Проточность озёр и проведение попусков воды из Амударьи.
- Наличие защищённых мелководий, заливов и плесов с хорошо развитой водной растительностью, зоопланктоном и зообентосом.
- Предотвращение неконтролируемой хозяйственной деятельности и браконьерства.

Непостоянные озера

Длительность существования таких водоемов недостаточна для создания собственного воспроизводственного косяка рыб. Размножение промыслового поголовья здесь не будет иметь практического значения и поэтому, в отличие от первого типа, экологические условия, необходимые для размножения рыб, необязательны. Промысловое стадо рыб будет формироваться, в основном, за счёт ската молоди с притоком воды. Рыбопродуктивность может быть значительно увеличена за счёт искусственного зарыбления. По остальным составляющим экологические условия, предъявляемые к этим озерам, не отличаются от предыдущих:

- Средняя глубина не менее 1,5 м., хорошо развитая полуводная растительность - тростник, рогоз, занимающая не более 50% площади
- Концентрация растворенного в воде кислорода не ниже 4 - 5 мг/л, минерализация воды 10-15 г/л.
- Проточность и проведение попусков воды из Амударьи.
- Плотность популяции ондатры в пределах 4-5 семей/га тростниковых и рогозовых зарослей.
- Колебания уровня воды в зимний период года – не более 30 см.
- Наличие защищённых мелководий, заливов и плесов с хорошо развитой водной растительностью и донной фауной.
- Предотвращение не контролируемой хозяйственной деятельности и браконьерства.

Кратковременные водоемы

Длительность существования этого типа водоемов недостаточна для развития в них промыслового стада рыб и ондатры. С этой позиции представляют меньшую хозяйственную ценность для местного населения, и поэтому фактор антропогенного беспокойства здесь будет сведён к минимуму. Отсутствие этого фактора явится благоприятным условием для обитания водоплавающих и околоводных птиц. Территории этих ветландов будут способны играть роль рефугиумов для сохранения биоразнообразия местной и глобальной орнитофауны, и в этой связи должны отвечать экологическим требованиям, необходимым для развития полуводной растительности и обитания птиц:

- Максимальная глубина не более 1,0- 1,2 м.
- Минерализация воды не более 15 г/л.
- Наличие мелководий, заливов и плесов с хорошо развитой гидрофлорой и гидрофауной.

Периодически затопляемые поймы

Пойменные ветланды явятся территориями, благоприятными для развития болотно-луговых и луговых форм тростниковых зарослей, и связи с этим могут быть использованы для выпаса скота и заготовки сена. Непродолжительный период сохранения водной поверхности ограничивает развитие рыб, ондатры, водоплавающих и околоводных птиц. Экологические условия ветландов должны соответствовать требованиям, необходимым для оптимального развития лугового тростника:

- Минерализация луговых почв не выше 0,9% от сухого веса с содержанием иона хлора не более 0,25%

- Сохранение уровня грунтовых вод на глубине не ниже 2,0-2,5 м.

9.14. Экологическое значение ветландов

Сохранение биоразнообразия и повышение естественной продуктивности биоресурсов является одной из важных экологических и социальных задач Приаралья, определяющее значение в решении которых принадлежит озерам и ветландам, поскольку, обладая высокой потенциальной биопродуктивностью, они являются естественными убежищами для местной и глобальной фауны.

Режим водообеспечения ветландов, особенно в маловодные годы, должен исходить из приоритетности их экологической и социальной значимости. В этом отношении несомненный приоритет принадлежит постоянным озерам, поскольку в маловодные годы они должны сохранять роль рефугиумов биоразнообразия. Опыт прошедших маловодных лет показал, что экосистемы непостоянных и временных озер деградируют и полностью погибают в течение одного-двух годов. В этих условиях восстановление их биоразнообразия будет происходить преимущественно за счет биоресурсов постоянных водоемов. Роль основных рефугиумов биоразнообразия и основных источников биоресурсов Приаралья обуславливает необходимость поддержания в этих озерах гидрологического и гидрохимического режима, обеспечивающего сохранение их биологического потенциала. В Южном Приаралье статус таких озер может быть придан Рыбачьему, Муйнакскому и Судочьему.

Роль кратковременных водоемов в сохранении биоразнообразия Приаралья значительно меньше, гораздо большее значение они имеют, как источники социально востребованных биоресурсов. В ранге приоритетности режима водообеспечения они занимают второе место. Сюда относятся Междуреченское водохранилище, Караджарская система озер и озеро Макпалколь.

Особое значение периодически затопляемых ветландов – это предоставление условий для обитания птиц. Приаралье занимает ключевое положение на Западно-Азиатском миграционном маршруте птиц, поэтому роль таких ветландов в сохранения биоразнообразия местной и глобальной орнитофауны неоценимо велика. Тем более, что их биоресурсы явятся объектами социального потребления и поэтому будут обладать высоким уровнем антропогенного беспокойства. Статус такого ветланда может быть придан заливу Жылтырбас, расположенного в наиболее безлюдном районе Приаралья. Наличие ветландов, предоставляющих убежище орнитофауне, является необходимым условием для сохранения биоразнообразия птиц. В условиях маловодья роль таковых должна возлагаться на непостоянные и - в крайнем случае - на постоянные.

Статус кратковременных водоемов придается водоемам Аджибай 1, Аджибай 2 и Жылтырбас, расположенных на концевых участках водораспределительных систем. При достаточно высоком уровне водобеспечения на территории этих ветландов могут образовываться водоемы, сохраняющиеся более длительный период времени, что приведёт к изменению их статуса.

Затопленные поймы очень важны с позиции поддержания продуктивности камыша и естественной флоры. Как показали исследования, важно обеспечить возможность их репродукции путем недопущения осушения их более 2 лет.

X. ВАРИАНТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ИХ ОЦЕНКА

10.1. Введение

Создание буферных защитных зон в виде цепи локальных водоемов с целью формирования искусственно обводненных ландшафтных экосистем начато в Южном Приаралье до 1995 года по временным схемам. За это время были построены в дельте Амударьи и на осушенном дне Аральского моря нерегулируемые водоемы Рыбачий, Муйнакский, Джилтырбас, Думалак и другие, с общим зеркалом водной поверхности порядка 1600 км^2. Несмотря на ограниченный характер проводимых мероприятий, экологический эффект оказался относительно высоким и выразился в полутора – двукратном сокращении солепереноса на прилегающие культурные земли, частичном восстановлении флоры и фауны в дельте реки, а также в улучшении условий рыбоводства и жизнеобеспечения местного населения. Однако проектные и строительные работы при нынешней ограниченности средств, но все-таки инженерным схемам долгое время не велись, пока Агентством ГЭФ по проекту "WEMP" Копоненту Е и проекту "Малых водоемов" эти работы за счет МФСА не получили нового импульса. Именно за счет этих средств был построен комплекс озер Судочье и частично реконструировано Междуреченское водохранилище.

Проект SFP – 974357 предусматривает создание комплекса инженерных сооружений в дельте Амударьи и искусственно обводненных ландшафтных экосистем, прилегающих к ней территорий осушенного дна Аральского моря, с целью восстановления естественного экологического режима во всем Южном Приаралье. Как уже было сказано выше, в целом задача возрождения Приаралья дифференцирована по трем зонам: дельта Амударьи, осушенное дно и сам останец моря. В данной работе выполнено проектирование по двум зонам:

- ***Первая зона*** – обустройство дельты Амударьи для восстановления в значительной мере исторически сложившегося экологического режима и создание условий для нормальной жизнедеятельности. Для этой зоны выделены водоемы первой очереди заполнения. К ним отнесены Междуреченское, Рыбачье, Муйнакское и Джилтырбасское водохранилища, озера Машанкуль, Иленкуль, Макпалколь и Думалак.
- ***Вторая зона*** – обустройство осушенного дна Аральского моря для смягчения последствий понижения уровня моря. Для нее выделены водоемы второй очереди, Аджибай – 1, Аджибай – 2, Джилтырбас – 1, в которые вода будет поступать в зависимости от водообеспеченности.

10.2. Первый этап работ

Анализ ранее выполненных решений и предложений по проблеме Приаралья, разработанных в разные годы НПО САНИИРИ, Узводпроектом, Евроконсалтом и Узгипромелиоводхозом, представил для сопоставления 3 варианта инфраструктур водных объектов, которые необходимо рассмотреть в данном проекте.

Сопоставление этих вариантов показывает, что имеется ряд начатых строительством или частично введенных в эксплуатацию водоемов, а также естественных водоемов, которые участвуют во всех вариантах проектов. К ним относятся Междуреченское, Рыбачье, Муйнакское и Джилтырбасское водохранилища, озера Судочье, Машанкуль, Иленкуль, Макпалколь и Думалак. В намеченной системе мероприятий эти водоемы в зависимости от объема поступающей в Приралье воды, будут использованы с различными элементами модернизации максимально возможное количество лет под развитие рыбоводства, ондатроводства и выращивание камыша.

Кроме того, в каждом из вариантов имеется ряд искусственных водоемов, расположенных на осушенном дне моря, которые создаются с целью смягчения негативных последствий от влияния обнаженного дна Аральского моря и будут выполнять роль нагульных

водоемов для рыбоводства в годы нормальной и повышенной водности, но будут осушаться в перебойные годы.

Во всех вариантах были определены параметры водоемов, основных сооружений, подсчитаны ориентировочные технико-экономические показатели по объектам строительства.

В работах по проектированию использовались данные ранее выполненных проектов по строительству искусственных водоемов в дельте Амударьи, географическая база данных, создаваемая в рамках проекта SFP 974357, и натурные исследования «Эко Приаралья».

На завершающей стадии первого этапа проектных работ, при анализе полевых исследований, данных спутникового зондирования и картматериалов была установлена необходимость корректировки ранее разработанных проектных решений с учетом изменения рельефа, произошедшего за последние 10 лет. В результате корректировки уточнены параметры польдеров во всех вариантах, а также батиметрические характеристики некоторых водохранилищ.

Уточненные параметры сооружений, принятых к рассмотрению в проекте, приведены в таблице 10-1.

Таблица 10-1. Уточненные параметры сооружений, принятых к рассмотрению в проекте

Наименование сооружения	**Отметка зеркала воды, м**	**Отметка верха дамбы, м**	**Площадь зеркала, км^2**	**Емкость, млн.м^3**	**Длина дамбы, км**
Вариант I					
Польдер Аджибай-1	46,0	47,5	281,3	258,6	18,0
Польдер Аджибай-2	45,0	46,5	174,4	390,4	39,2
Польдер Джилтырбас-1	45,0	46,5	624,2	894,8	54,0
Муйнакское вдхр.	52,5	54,0	97,4	162,2	8,1
Рыбачье вдхр.	52,5	54,0	62,4	134,2	8,0
Междуреченское вдхр.	58,0	59,5	398,5	797,0	45,1
оз. Судочье	52,5	53,5	432	283,8	18,8
Джилтырбас	52,0	53,5	353,0	372,4	38,0
Сумма			**2423,2**	**3293,4**	**229,2**
Вариант II					
АП-1	53,0	54,5	722,8	1106,7	36,30
АП-2	41,0	42,5	202,5	133,0	56,3
АП-3	53,0	54,5	1577,2	3040,3	108,2
АП-4	45,0	46,5	43,3	31,0	30,5
АП-5	45,0	46,5	118,8	63,3	10,4
Муйнакское вдхр.	53,0	54,5	125,3	217,9	8,4
Рыбачье вдхр.	53,0	54,5	71,2	167,6	8,2
Междуреченское вдхр.	58,0	59,5	398,5	797,0	45,1
оз. Судочье	53,0	54,5	450,0	283,8	19,1
Сумма			**3709,6**	**5840,6**	**322,5**
Вариант III					
АП-1	46,0	47,5	372,1	377,5	24,7
АП-2	48,0	49,5	50,0	79,7	12,2
АП-3	43,5	45,0	303,0	239,4	32,9
АП-4	45,0	46,5	171,7	144,2	34,4
АП-5	47,0	48,5	29,4	15,9	13,9
Муйнакское вдхр.	52,5	54,0	97,4	162,2	8,1
Рыбачье вдхр.	52,5	54,0	62,4	134,2	8,0
Междуреченское вдхр.	58,0	59,5	398,5	797,0	45,1
оз. Судочье	52,5	53,5	432,0	283,8	18,8
Джилтырбас	52,0	53,5	353,0	372,4	38,0
Сумма			**2269,5**	**2606,3**	**236,1**

Параметры естественных водоемов – озер Машанкуль, Иленкуль, Думалак и Макпалколь имеют характеристики, приведенные в табл. 10-2

Таблица 10-2. Параметры естественных водоемов, принятые к рассмотрению в проекте

Наименование водоема	Отметка зеркала воды, м	Площадь зеркала, км^2	Емкость, млн.м^3
оз. Машанкул + оз.Иленкуль	54.0	291,6	267,7
оз. Думалак	55,5	256,3	333.7
оз. Макпалколь	53,5	47,5	46,8
Сумма		**595,4**	**648,2**

Для уточненных параметров комплексов сооружений были определены объемы водопотребления, данные о которых приведены в табл. 10-3.

Таблица 10-3. Предварительная схема водопотребления в вариантах комплексов сооружений (км^3)

I вариант			II вариант			III вариант		
На заполнение емкостей	На испарение и фильтрацию	Всего	На заполнение емкостей	На испарение и фильтрацию	Всего	На заполнение емкостей	На испарение и фильтрацию	Всего
1. Система водохранилищ								
1,75	2,153	3,903	1,466	1,672	3,138	1,75	2,153	3,903
2. Система естественных озер								
0,65	1,021	1,671	0,65	1,021	1,671	0,65	1,021	1,671
3. Система польдеров								
1,544	1,728	3,272	4,374	4,321	8,695	0,857	1,482	2,339
Итого по всем системам								
3.944	4,902	8,846	6,49	7,014	13,504	3,257	4,656	7,913

В соответствии с расчетами по оценке объемов притока речной воды и формированию в дельте Амударьи дренажного стока за период в 20 лет, выполненными ВЭП НПО САНИИРИ, намечено распределение поступающей в дельту воды по существующим и проектируемым водоемам, в увязке со сценариями развития государств и вариантами комплексов сооружений. Определены трассы водотоков для заполнения водоемов, а для обоснования параметров гидротехнических сооружений и каналов составлены и промоделированы гидравлические схемы распределения максимальных расходов речной и коллекторной воды от створа Саманбай вниз к Аральскому морю с учетом потерь на испарение и фильтрацию в проектируемых водоемах.

В результате на основе подготовленных конструктивных решений получено сопоставление трех вариантов по объемам строительства (табл. 10-4).

Таблица 10-4. Ориентировочные технико-экономические показатели по вариантам комплексов сооружений

Наименование	Ед. изм.	Вариант I	Вариант II	Вариант III
Выемка и срезка	тыс.м^3	17,477	47,424	15,323
Насыпь	тыс.м^3	57,000	475,9	51,308
Монолитный бетон и ж/бетон	тыс.м^3	45,8	63,38	44,17
Сборный ж/бетон	тыс.тн	7,64	9,742	7,298
Арматура	тыс.тн	1,964	2,322	1,758
Камень	тыс.м^3	167,7	192,3	160,0
Щебень, гравий	тыс.м^3	858,7	228,9	905,7
Мех.оборудование и металлоконструкции	тн	398,4	450,2	389,1
Стоимость в долларах США	тыс.долл.	347,762	792,483	329,716

Сопоставление по другим показателям показано в таблицах 10-5 и 10-6.

С целью выявления экологической эффективности каждого варианта комплекса площади водоемов, которые были уточнены на основе обработки космических снимков за ряд лет (см. раздел VII) были наложены с помощью ГИС на слои экологически нестабильных ландшафтов, которые были намечены для защиты с помощью предлагаемого мелиоративного набора сооружений. Сами по себе экологически нестабильные ландшафты были получены в соответствии с материалами, указанными в разделе 9, на основе сопоставления почвенно-ландшафтных съемок, проведенных САНИИРИ в 1990-1992 гг., с данными почвенно-ландшафтных исследований, осуществленных в рамках проекта 974101 (Н. Новикова, А. Птичников) в 2000 г. В качестве опасных зон, подлежащих защите, было выбрано, опять-таки, наложение слоев на те ландшафты, которые не стабилизировались за период почти десятилетних трансформаций. Это сопоставление показало низкую эффективность варианта 3 и почти равную эффективность вариантов 1 и 2 по данному критерию.

Таблица 10-5. Предварительная оценка смягчение экологической опасности Южного Приаралья в зависимости от рассматриваемого комплекса защитных сооружений

Площадь экологически нестабильных ландшафтов по зонам	Степень защищенности экологически нестабильных ландшафтов по вариантам в %		
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Сценарии развития	оптимистический	оптимистический	оптимистический
	пессимистический	пессимистический	пессимистический
1 зона – 127,5 км^2	38,4 %	42,3 %	19,8 %
	15,2 %	15,2 %	15,2 %
2 зона – 533,6 км^2	19,1 %	36,5 %	14,3 %
	6,8 %	6,8 %	6,8 %

Еще одним важным фактором является оценка покрытия намечаемыми мероприятиями зон социально-экономического ущерба, наблюдаемого от снижения уровня Аральского моря, оцененного в рамках проекта INTAS – RFBR 2000. Этот ущерб был пофакторно распределен по территории Приаралья с учетом таких факторов, как наличие селитебных зон, плотность населения, рыбных и других промысловых угодьев и т.д.

Наложение на слои распределения этих ущербов различных вариантов комплекса заданных защитных сооружений выявили (таблица 10-6) почти равную и достаточно высокую эффективность вариантов I и II и значительно меньше варианта III.

Таблица 10-6. Предварительная оценка покрытия зон социально-экономических ущербов Южного Приаралья в зависимости от рассматриваемого комплекса защитных сооружений

Социально-экономические ущербы, млн. $ USA	**Степень покрытия зон социально-экономических ущербов в %**		
	Вариант 1	**Вариант 2**	**Вариант 3**
Сценарии развития	оптимистический	оптимистический	оптимистический
	пессимистический	пессимистический	пессимистический
Прямые и косвенные потери ***149,56***	89,4	91,8	52,5
	64,7	63,9	33,4

Таким образом, сравнение трех вариантов показывает, что по стоимостным показателям наиболее дешевым является вариант III, несколько дороже (разница в стоимости составляет около 5%) вариант I и в 2,4 раза дороже вариант II.

По объему требуемой воды для поддержания функционирования комплексов варианты I и III ориентировочно могут удовлетворяться даже в маловодный год. Во II варианте эти объемы превышают допустимые даже в среднемноголетний год.

По оценке смягчения экологической опасности первый вариант близок к показателям второго варианта, но в 2 раза больше варианта 3. По оценке смягчения по степени покрытия зон социально-экономических ущербов первый и второй варианты близки, а вариант 3 – в два раза меньше. На этом основании принят к дальнейшей разработке в ТЭО вариант 1.

Правительство Каракалпакстана на заседании Наблюдательного Комитета 6 февраля 2002г. одобрило предложенное решение.

10.3. Заключительный этап работ

В процессе разработки проекта были выполнены зональные полевые исследования. «Эко Приаралье» осуществило повторную целевую оценку узловых точек Междуреченского водохранилища в зоне Думалака. Для уточнения фактических параметров по узловым сооружениям проведена детальная нивелирная съемка северной и восточной дамб, с поперечниками через 500 метров, на длине 26,8 км, и построен профиль дна Междуреченского водохранилища. Обследована детально протока Казахдарья, а также маршрут Междуречье – Думалак – Джилтырбас – Аккала, старое русло Амударьи до залива Аббас, Муйнакское и Рыбачье водохранилища, канал Главмясо.

В целом анализ сооружений дельты показал, что они находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют реконструкции.

Было учтено, что при участии Глобального экологического фонда и Всемирного банка разработан проект и завершаются работы по реабилитации озерной системы Судочье в качестве объекта Рамсарской конвенции.

В дальнейшем проектирование велось по следующим основным водным объектам:

- Междуреченское водохранилище;
- Канал Главмясо;
- Муйнакское водохранилище;
- Рыбачье водохранилище;
- Водохранилище Джилтырбас;
- Водоем Аджибай-1;
- Водоем Аджибай-2;
- Водоем Джилтырбас-1.

Параметры водохранилищ и водоемов, откорректированные к окончательному проектированию, приведены в таблице 10-7.

Таблица 10-7. Проектные параметры водохранилищ и польдеров

Наименование сооружения	Отметка зеркала воды, м	Отметка верха дамбы, м	Площадь зеркала, км^2	Емкость, млн.м^3	Длина дамбы, км
Аджибай –1	46,0	47,5	281,3	258,6	18,0
Аджибай –2	45,0	46,5	174,4	390,4	39,2
Джилтырбас –1	45,0	46,5	624,2	894,8	54,0
Муйнакское вдхр.	52,5	54,0	97,4	162,2	19,3
Рыбачье вдхр.	52,5	54,0	62,4	134,2	8,0
Междуреченское вдхр.	57,0	59,0	267.4	421.2	53,33
Джилтырбас	52,0	53,5	353,0	372,4	39,0
Сумма			**1860.1**	**2633.8**	**230,83**

Междуреченское водохранилище. Проектом предусматривается создание Междуреченского водохранилища емкостью 450 млн. м^3 при отметке НПУ 57,00, с площадью зеркала 320,5 км^2. В состав работ входят следующие объекты:

- Реконструкция восточной дамбы;
- Реконструкция северной дамбы;
- Реконструкция западной дамбы;
- Строительство водосбросного регулятора на ПК 293 + 00 Северной дамбы;
- Реконструкция бокового водослива.

- Реконструкция восточной, северной и западной дамб на общей длине 45,75 км заключается в создании качественной насыпи из суглинистого грунта с отметкой гребня 59,00 м, шириной по верху 8,5 м и с заложением верхового откоса 1:7. Кроме того, верховой откос северной дамбы на участках от ПК 240+00 до ПК 250+00 , от ПК 265+00 до ПК 280+00 и от ПК 295+00 до ПК 327+00 (всего 5,7 км) крепится отсыпкой из камня с уполаживанием до m=3.
- Водосбросной регулятор предназначен для сброса в реку Акдарья паводковых и бытовых расходов воды, с последующим отведением их в польдер Аджибай – 2 расходом до 250 м^3/с и понижение Думалак расходом до 300 м^3/с, а также для регулирования уровня воды в Междуреченском водохранилище. В состав сбросного сооружения входит регулятор, совмещенный с сопрягающим сооружением, подводящее и отводящее русла. Расчетный расход сооружения 550 м^3/с. По своей конструкции регулятор принят открытого типа с диафрагмой и состоит из понура, щитовой части, выходного лотка, сопрягающей части и водобоя. Щитовая часть представляет собой разрезную коробку с шестью пролетами по 5 м, с отметкой порога 51,8 м. Каждый пролет имеет две линии пазовых конструкций для основных и ремонтных затворов.
- В качестве реконструкции существующего бокового водослива в 80 м ниже его строится грунтовая дамба длиной 1880 м, ПК 0 которой сопрягается с северной дамбой Междуреченского водохранилища, а ПК 18+80 - с западной дамбой. Гребень дамбы шириной 8 м расположен на отметке 59,00 м. Заложение верхового откоса 1:7 низового 1:3. Для автоматического сброса воды в Думалакские озера при превышении НПУ в Междуреченском водохранилище, в дамбе устраивается водослив с длиной по фронту 360 м. Расход водослива 570 м^3/с при напоре над порогом 1м. Водослив имеет трапецеидальную форму с заложением верхового и низового откоса 1:3. Отметка порога водослива 57,00 м ширина по верху 6 м. Конструкция водослива выполнена из армированного монолитного бетона.

Таким образом, общая пропускная способность всех сооружений, отводящих воду из Междуреченского водохранилища, превышают 1200 м^3/сек, что и было определено окончательными расчетами по модели работы канала.

Канал Главмясо предназначен для подачи воды из Междуреченского водохранилища в Муйнакское водохранилище. Длина канала составляет 26,2 км. Сечение канала, за исключени-

ем отдельных участков целиков, построено на пропуск расхода до 40 м^3/с, канал требует реконструкции под расход 70 м^3/с.

Гидравлические элементы канала

Q, м^3/с	b, м	h, м	n	i	m	V, м/с
70	20	3,48	0,03	0,00013	3,0	0,7

Для подачи в канал воды из водохранилища предусматривается строительство двух водовыпусков – регуляторов.

Водовыпуск – регулятор № 1 , на расход 44 м^3/с, строится на ПК 2+00 новой трассы канала Главмясо, ниже автодорожного моста на дороге Шеге-Парлытау. Он представляет собой пятиочковую конструкцию из сборных железобетонных труб сечением 2х2 м. Для регулирования расходов служат плоские скользящие затворы с винтовыми подъемниками.

Водовыпуск – регулятор №2 , на расход 26 м^3/с, расположен в 100 м восточнее водовыпуска №1 и в одном с ним створе. В состав сооружения входят подводящий и отводящий каналы общей длиной 300 м. Водовыпуск представляет собой трехочковую конструкцию из сборных железобетонных труб сечением 2х2 м.

Муйнакское водохранилище в бывшей акватории Муйнакского залива образуется в западной и южной части залива подпорными дамбами. Его наполнение производится через канал Главмясо из Междуреченского понижения. Проектом предусмотрена реконструкция существующей западной дамбы и строительство южной дамбы.

Западная дамба, протяженностью около 8 км, выполнена неинженерного профиля с отметками гребня от 53,50 до 55,00 м. Со стороны верхнего бьефа дамба на всем протяжении подмыта с образованием откоса близкого к вертикальному. Для обеспечения устойчивости дамбы со стороны низового откоса производится качественная отсыпка суглинистого грунта в насыпь с шириной гребня 25,5 м, с низовым откосом 1:3. Такая схема отсыпки принята из-за невозможности устройства верхового откоса в условиях постоянного стояния воды в водохранилище. В ходе эксплуатации размываемый верховой откос будет выполаживаться до откоса, близкого к 1:7 ÷1:10, что обеспечит устойчивость дамбы. Общая длина реконструируемой дамбы составляет 7,9 км. По гребню дамбы, имеющей отметку 54,00 проходит эксплуатационная автодорога.

На ПК 28+00 западной дамбы устраивается водовыпуск – водосброс на расход 40 м^3/с, запроектированный в виде двухочковой трубы из сборных железобетонных блоков сечением 2 х 2 м. Отвод сбрасываемой воды производится в сторону Аджибая – 1 по отводящему каналу длиной 2 км.

Конструкция южной дамбы представляет собой земляной профиль шириной по гребню 8 м, заложение верхового откоса 1:7 , низового 1:3.

На ПК 0 южная дамба примыкает к западной. По гребню дамбы, имеющей отметку 54,00 м, проходит эксплуатационная гравийная дорога. Общая длина дамбы составляет 11,4 км, максимальная высота 3 м. В теле дамбы, на ПК 44+00, устраивается водовыпуск на расход 28 м^3/с, запроектированный в виде двухочковой трубы, выполненной из сборных железобетонных блоков сечением 2х2 м. Отвод воды производится в зону лиманного орошения по отводящему каналу длиной 2,5 км.

Рыбачье водохранилище в бывшей акватории Рыбачьего залива образовано устройством с севера подпорной дамбой. Наполнение водохранилища будет происходиться по существующему каналу Маринкинузяк из Междуреченского водохранилища. Принятая конструкция дамбы представляет собой земляной профиль шириной по гребню 8 м, заложение верхового откоса 1:3,5 в зоне наката и ниже уровня воды, а выше зоны наката (у гребня) 1:3. Заложение низового откоса 1:3.

На гребне дамбы (отм. 54,00) устраивается эксплуатационная гравийная дорога, примыкающая на западе к существующей дороге с черным покрытием, идущей от г. Муйнака. Общая длина дамбы составляет 8 км, максимальная высота 7,2 м.

В соответствии с водобалансовыми расчетами и для лучшей промывки водохранилища в теле дамбы предусмотрено строительство двух водовыпусков на расход 20 м^3/с каждый.

Водовыпуски представляют собой двухочковую конструкцию из сборных железобетонных труб сечением 2 х 2 м. Для отвода сбросной воды предусмотрены отводящие каналы общей длиной до 5 км, по которым вода попадает в протоку Моторная тропа и далее в водоем Аджибай-2.

Водохранилище Джилтырбас образовано устройством с севера и востока подпорной дамбы длиной 38 км. Его наполнение будет происходить по существующему каналу Казахдарья из Междуреченского водохранилища и водой из коллектора КС-1. Конструкция дамбы представляет собой земляной профиль шириной по гребню 10м, заложение верхового откоса 1:3,5, заложение низового откоса 1:3 и шириной по гребню 6 м, заложение верхового и низового откосов 1:3 на участках, где основание дамбы расположено на отметках выше проектного НПУ. По гребню дамбы, имеющей отметку 53,50 м, проходит эксплуатационная гравийная автодорога. В соответствии с расчетами для лучшей промывки водохранилища, перемешивания коллекторной и речной воды в теле дамбы предусмотрено строительство двух водовыпусков на расход 50 м^3/с каждый Водовыпуски запроектированы в виде монолитной железобетонной трехочковой трубы сечением 2,5х2,5м. Отвод сбросной воды предусматривается по отводящим каналам длиной до 2 км каждый в сторону водоема Джилтырбас-1.

Водоемы Аджибай-1, Аджибай-2, Джилтырбас-1. Основными объектами строительства этих водоемов являются ограждающие дамбы и водовыпуски. Количество водовыпусков в составе каждого польдера назначалось в зависимости от его параметров, условий создания проточности по всей акватории и от расчетных максимальных сбросных расходов:

- Аджибай-1 – 1 водовыпуск, расход 51 м^3/с;
- Аджибай-2 – 3 водовыпуска, расход каждого 90 м^3/с;
- Джилтырбас-1 – 3 водовыпуска, расход каждого 60 м^3/с.

- Ограждающие дамбы – земляные, имеют максимальную строительную высоту 3.1-6.5 м. Ширина гребня дамб 10м. Превышение гребня дамб над расчетной отметкой НПУ составляет 1,5м. Профиль дамб конструктивно принят по схеме уположенного водоустойчивого откоса, с заложением верхового откоса 1:35. Заложение низового откоса 1:3. По гребню дамб устраивается гравийная строительно-эксплуатационная дорога.
- Водовыпуски конструктивно выполнены из монолитного железобетона в виде трехочковых труб с размером отверстий 2,5х2,5м которые перекрываются плоскими скользящими затворами.

Объемы работ представлены в сводной ведомости (табл. 10-8).

В результате проектирования на заключительном этапе стоимость всех работ по сравнению с ранними оценками сократилась более чем в 3 раза и была определена в 96,2 млн.долл. США (табл. 10-9) при сроке строительства 12 лет.

Работы по проектированию гидротехнических сооружений с учетом фактической стоимости инженерных конструкций и топографии местности, потребовали выполнения численного моделирования.

Анализ условий фактического функционирования водоемов Приаралья показывает, что в годы максимальной водности, наибольшая нагрузка ложится на Междуреченское водохранилище, которое распределяет сток из реки Амударьи между водоемами Муйнак, Рыбачье, Думалак и Джилтырбас. Наибольшая часть стока проходит в направлении Междуречье⇒ Думалак⇒ Урдабай⇒ Аральское море, где возможны прорывы в направлении водоемов Думалак, Джилтырбас. Материалы 2002 года группы натурных исследований позволяют заключить, что возникновение прорыва, используемое для сброса пиковых расходов, носит затяжной характер и не заканчивается после прохождения максимальных значений стока. В свою очередь, последнее приводит к опорожнению Междуреченского водохранилища значительно ниже отметки порога катастрофического водослива, и как следствие, к безвозвратной потери части стока. Поэтому на данном этапе было принято решение о расширении области моделирования до створа Тахиа-

таш, с целью оценки возможности перехвата части стока в годы максимальной водности и снижения катастрофических нагрузок на инженерный комплекс Междуреченского водохранилища.

Численное моделирование акватории Приаралья опиралось на гидрологический ряд, сформированный по значениям стока в створе Саманбай за период 1980 – 2000 гг. Фактические значения стока в 2001 и 2002 гг., дали новое сочетание лет малой водности (2000-2001 гг.) и снизили среднемноголетнее значение стока. Поэтому, на четвертом этапе исследований был принят расширенный гидрологический ряд с включением значений стока за 2001-2002 гг.

Таблица 10-8. Сводная ведомость основных объемов работ

№ пп	Наименование работ	Наименование работ							
		Выемка и срезка, тыс.м^3	Насыпь и обратная засыпка, тыс.м^3	Монолитный бетон и железобетон, тыс.м^3	Арматура, т	Сборный железобетон, тыс.м^3	Камень, тыс.м^3	Щебень, гравий, тыс.м^3	Мех. оборудование, металлоконструкции, т
1.	Междуреченское водохранилище:								
	- дамбы (3 шт)	494,12	1616,76	-	-	-	43,4	-	-
	- реконструкция бокового водослива	148,00	273,00	7,0	130,0	-	5,2	3,5	-
2.	Водосбросной регулятор	600,0	20,0	9,45	105,0	0,35	9,7	1,2	67,0
3.	Канал Главмясо:								
	- канал;	1619,0	946,0	-	-	-	-	17,7	-
	- водовыпуски (2 шт)	98,34	15,5	2,738	46,28	0,276	0,325	0,203	17,882
4.	Муйнакское водохранилище:								
	- дамбы (2 шт)	130,2	1327,5	-	-	-	-	25,4	-
	- водовыпуски (2 шт)	34,17	2,68	0,663	19,22	0,179	0,64	-	4,26
5.	Рыбачье водохранилище:								
	- дамбы (1 шт)	391,8	3962,8	-	-	-	-	5,34	-
	- водовыпуски (2 шт)	32,65	5,70	0,65	20,3	0,108	7,12	-	18,04
6.	Водохранилище Джилтырбас:								
	- дамбы (1 шт)	417,7	3263,80	-	-	-	-	26,32	-
	- водовыпуски (2 шт)	37,67	5,9	1,68	44.08	0,004	8,2	-	9,022
7.	Водоем Аджибай-1:								
	- дамба;	175,2	1144,2	-	-	-	-	12,5	-
	- водовыпуск	17,62	3,42	0,494	19,254	0,002	3,37	-	27,06
8.	Водоем Аджибай-2:								
	- дамба;	1411,2	16459,4	-	-	-	-	26,46	-
	- водовыпуски (3 шт)	64,63	7,95	2,58	68,82	0,006	16,14	-	27,06
9.	Водоем Джилтырбас-1:								
	- дамба;	1022,9	10726,8	-	-	-	-	36,45	-
	- водовыпуски (3 шт)	63,74	7,6	2,55	67,5	0,006	18,6	-	27,06
	ВСЕГО:	**6758,94**	**39788,51**	**27,805**	**520,434**	**0,931**	**112,695**	**142,763**	**174,584**

Таблица 10-9. Сводная ведомость стоимости строительства объектов поТЭО «Комплексное управление водными ресурсами в бассейне Аральского моря с целью восполнения водных поверхностей южной части Приаралья»

№ пп	Наименование объекта	Стоимость в базисных ценах 199 1г, тыс. сум.			В долларах США, тыс. долларов		
		основные затраты	прочие затраты	всего	основные затраты	прочие затраты	всего
1.	Междуреченское водохранилище	7848,68	2943,26	10791,94	6017,58	1083,16	7100,74
2.	Водосброс – регулятор Q=550 $м^3/с$	2962,66	1111,0	4073,66	2271,47	408,86	2680,33
3.	Система канала Главмясо	4258,61	1596,98	5855,59	3265,08	587,71	3852,79
4.	Муйнакское водохранилище	3908,84	1465,82	5374,66	2996,90	539,44	3536,34
5.	Водохранилище Рыбачье	9890,13	3708,80	13598,93	7582,76	1364,90	9847,66
6.	Водохранилище Джилтырбас	6980,05	2617,52	9597,57	5351,60	963,28	6314,88
7.	Польдер Аджибай-1	3077,09	1153,91	4231,00	2359,20	424,66	2783,86
8.	Польдер Аджибай-2	36529,00	13698,38	50227,38	28006,78	5041,22	33048,00
9.	Польдер Джилтырбас-1	22761,75	8535,66	31297,41	17451,43	3141,26	20592,69
10.	Линия электропередач 10 кВ и трансформаторная подстанция 63/10/0,4 кВ к водосбросу-регулятору	33,52	12,57	46,09	25,70	4,63	30,33
11.	Подъездные автодороги	1333,00	499,88	1832,88	1022,01	183,96	1205,97
12.	Временные строительные автодороги	1705,20	639,45	2344,65	1307,38	235,32	1542,70
	ИТОГО:	**101288,53**	**37983,23**	**139271,76**	**77657,89**	**13978,40**	**91636,29**
13.	Проектно-изыскательские работы	6371,10	494,44	6865,5	4192,82	325,39	4518,21
	ВСЕГО:	**107659,63**	**38477,67**	**146137,30**	**81850,71**	**14303,79**	**96154,50**

XI. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

11.1. Характеристики объектов моделирования

Система водоемов и состав гидротехнических сооружений, в данной работе, формализуется в виде ориентированного графа **G**(J,I), где J={0,1, . . .,j}-множество вершин, соответствующих емкостным объектам, а I ={ 0,1, . . .,i} - множество дуг, отражающих связи по распределению водных ресурсов в системе. Каждый элемент i ∈{I} характеризуется парой (j,k), такой что (∀(j,k), j∈{J}, k∈{J}, k≠j), где: j - начальная вершина(узел), k - конечная вершина (узел), дуги i . Таким образом с каждой вершиной графа G (J, I) связан некоторый объект, обладающий объемом воды, а с каждой дугой – гидротехническое сооружение формирующее движение воды между вершинами. Каждая вершина характеризуется собственной батиметрической кривой *F(z)*- площадь свободной поверхности воды при отметке *z,* и дополнительными параметрами, определяющими требования к вершине со стороны системы:

zMax – максимально возможная отметка наполнения водоема (м),
zMin – минимальная отметка наполнения водоема (м),
zNorm – нормально подпертый уровень водоема (м),
zBeg – значение отметки на начальный момент времени (м),
dzMax – предельный уровень колебания отметки поверхности в зимний период (м),
solMax – предельное значение минерализации воды (г/л),
kFilt - коэффициент фильтрации основания,
Prior – приоритет данного водоема в общей системе.

Каждая дуга характеризуется набором параметров, соответствующих ее типу и относительной эффективности движения воды по данному направлению:

A) – тип река:
Width – ширина (м),
i0 – уклон,
C0 – коэффициент Шези,
Qmax – максимально допустимое значение расхода ($м^3$/сек),
Cost – относительная эффективность потока по данному направлению.

B) – тип водослив:
Mark – отметка порога водослива (м),
Width – суммарная ширина пролетов (м),
mq – коэффициент расхода водослива,
Cost – относительная эффективность потока по данному направлению.

C) – тип гидротехническое сооружение с затвором,
Mark - отметка порога сооружения (м),
Width - суммарная ширина пролетов (м),
topMax– максимальное открытие затворов (м),
mq – коэффициент расхода сооружения,
Qmax - максимально допустимое значение расхода ($м^3$/сек),
Cost – относительная эффективность потока по данному направлению.

11.2. Определение оптимальной отметки в Междуреченском водохранилище и параметров выпускных сооружений

Для нахождения оптимальной отметки нормально подпертого горизонта в Междуреченском водохранилище выполнялось численное моделирование всего комплекса на пяти вариантах конструкции водовыпускного сооружения в направлении Междуречье ⇒ Акдарья и при пяти вариантах нормально подпертого горизонта в Медуреченском водохранилище. Пропускная способности в отводы Суенли и Кызкиткент принималась равной нулю. Динамика водохозяйственной обстановки имитировалась гидрологическим рядом 1980-2002 гг. Нормально подпертый горизонт в Междуреченском водохранилище поддерживался с помощью водослива шириной 1750 м, устанавливаемого на исследуемой отметке. По результатам моделирования построены кривые распределения водных ресурсов по сумме приоритетных направлений (Муйнак, Рыбачье, Акдарья) как функции нормально подпертого горизонта в Междуреченском водохранилище и пропускной способности водовыпускного сооружения в направлении Междуречье ⇒ Акдарья.

На рис 11-1, приводится детальная динамика функционирования всего комплекса водовыпускных сооружений Междуреченского водохранилища при пропускной способности в направление Междуречье Акдарья 550 $м^3$/сек.

Анализируя результаты численных экспериментов (рис. 11-1, 11-2, 11-3), видим, что при той водохозяйственной обстановке, которая определяется динамикой гидрологического стока за 1980-2002 гг., функционирование комплекса водовыпускных сооружений Междуреченского водохранилища позволяет эффективно управлять 112 $км^3$ стока из поступающих 166 $км^3$, что составляет ~ 67,5%. Заметим, что при ранее рассматриваемых вариантах инженерных конструкций (этап 3), максимальный объем управляемого стока составлял не более 40%.

Динамика прироста объемов управляемого стока рис. 11-2, 11-3, показывает, в диапазоне отметок 56,0 - 57.0, что его значения регламентируются преимущественно полезной емкостью Междуречинского водохранилища, а в диапазоне 57.0 – 58.0, объемы управляемого стока стабилизируются и зависят исключительно от колебаний поступающего стока, т.е. прирост управляемых объемов полностью компенсируется объемами испарения. Это позволяет сделать вывод:

При существующих батиметрических параметрах чаши Междуречинского водохранилища и параметрах гидрологического стока наращивать полезные объемы водохранилища выше отметки 57.0 БС нецелесообразно.

Данный вывод является наиболее важным результатом данного этапа математического моделирования.

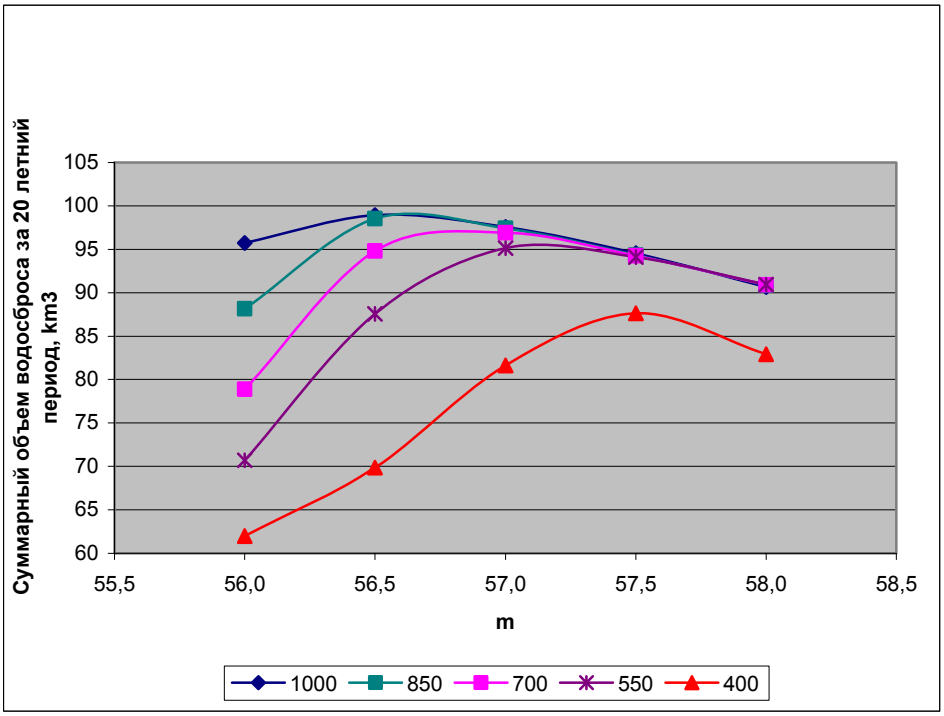


Рис. 11-1. Изменение величины управляемого суммарного объема водоемов Приаралья за 20 лет при различных расходах водосбросов (без Джилтырбаса)

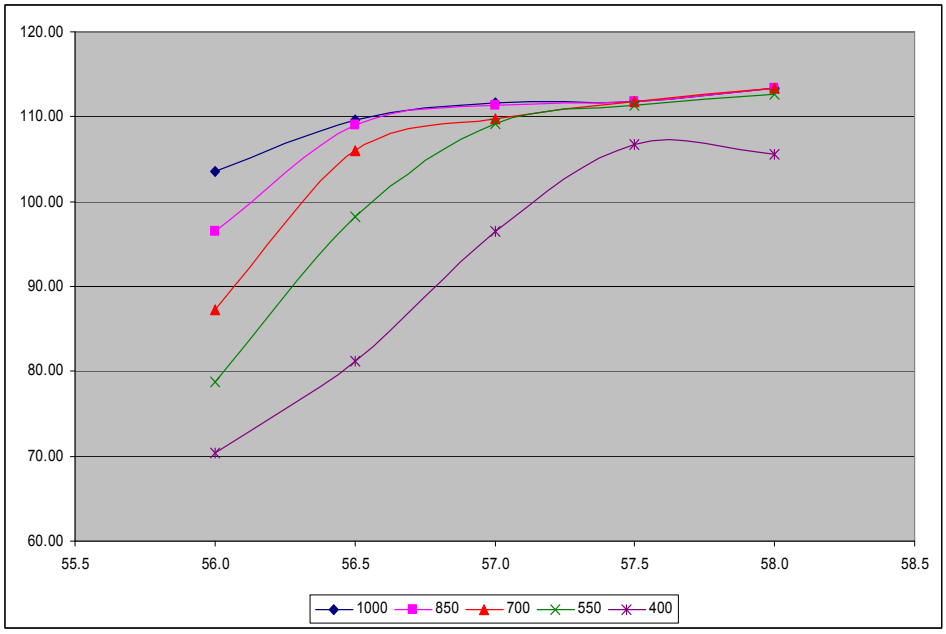
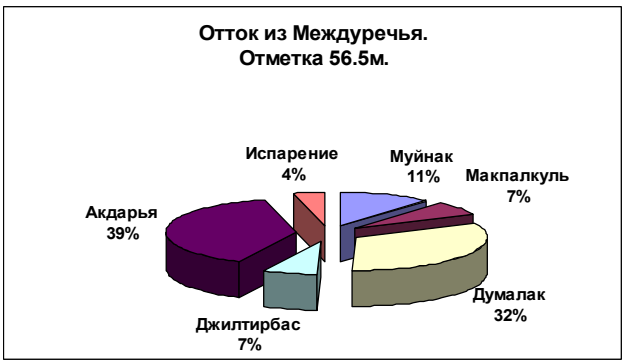
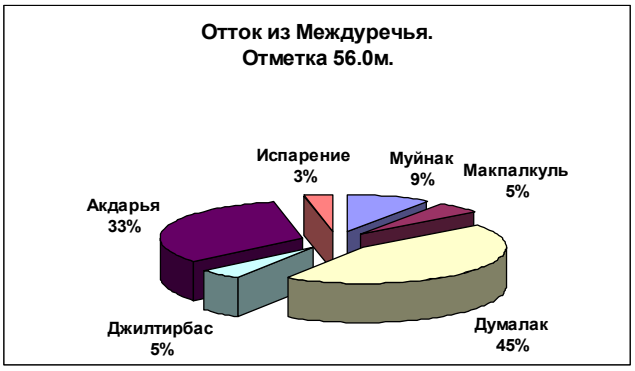
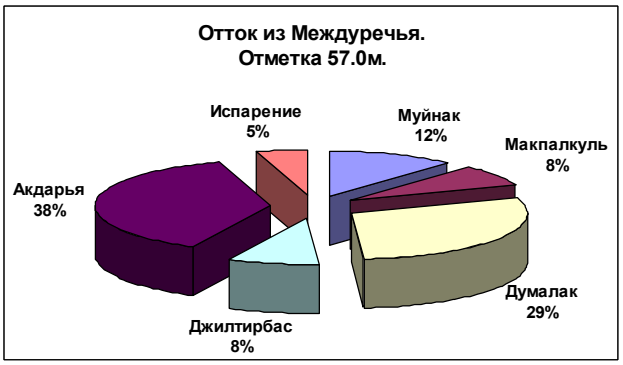


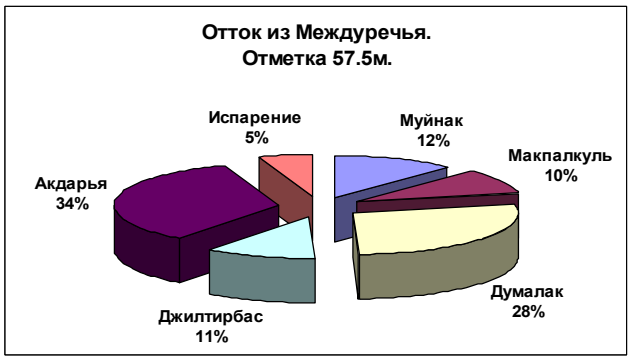
Рис. 11-2. То же, с учетом Джилтырбаса

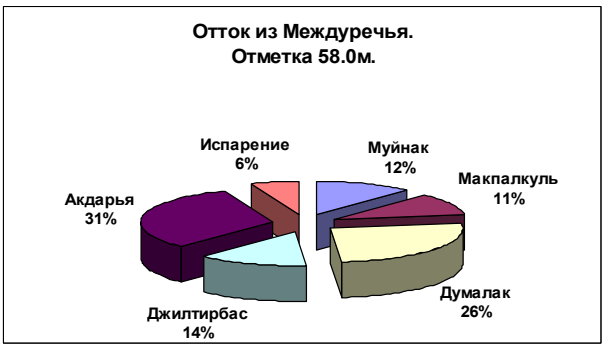
Пропускная способность = 700 м^3/с











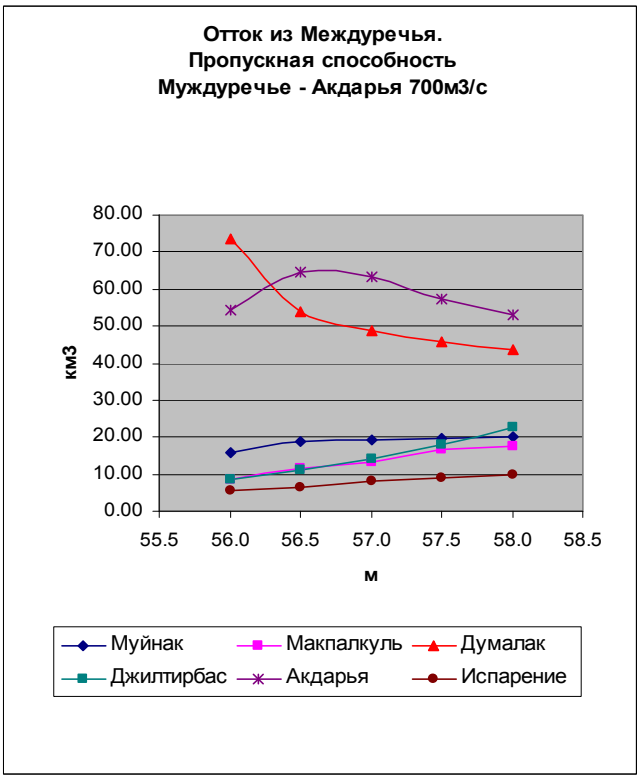
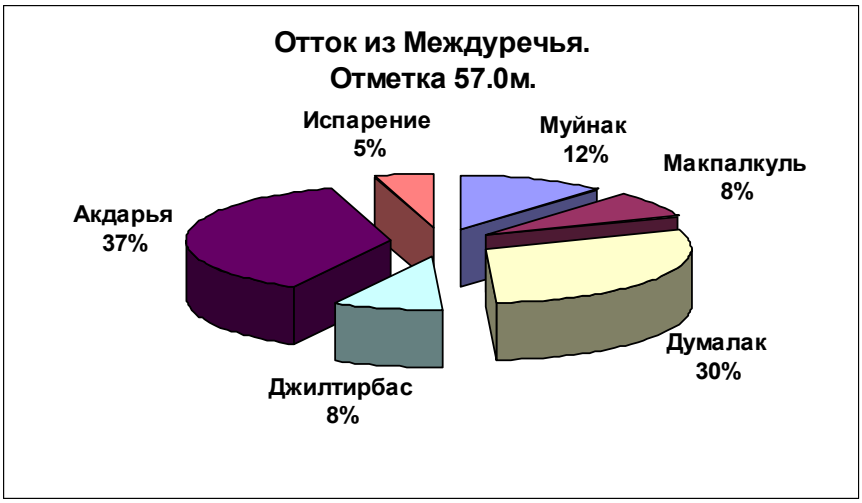


Рис. 11-3

Окончательный выбор конкретного значения пропускной способности гидротехнического сооружения в направлении Междуречье ⇒ Акдарья можно сделать лишь на основе стоимостного сравнения различных вариантов конструкций, поскольку в водохозяйственном плане удается выделить лишь область оптимальных значений 400м3/сек. – 850 м^3/сек. На рис. 11-4, приводятся результаты функционирования комплекса гидротехнических сооружений Междуречинского водохранилища при указанных значения пропускной способности в направление Междуречье ⇒ Акдарья.

Пропускная способность = 550 м^3/с



Пропускная способность = 1000 м^3/с



Рис. 11-4

11.3. Возможность перехвата максимальных расходов

Анализ материалов натурных исследований Междуреченского водохранилища 2002 года показывает, что снятие пиковых значений поступающих расходов путем образования прорыва в направление водоема Думалак приводит к более глубокому опорожнению Междуреченского водохранилища, чем этого требует необходимость. Понятно, что периодическое разрушение водослива на ↓ 56, как предложено временным проектом, или подача воды через проток в обход его, как было сделано в 2003 г., будет приводить к тому, что основные расходы будут уходить вне системы водоемов. В связи с этим очень важно было рассмотреть возможность перехвата многолетних расходов, которые на основании ранее проведенных расчетов (рис. 11-4) показали возможность формирования расхода через водохранилище в 1450-1964 $м^3$/сек.

Поэтому, было принято решение о расширении области моделирования с целью изучения возможностей перехвата пиковых расходов магистральными каналами, расположенными выше створа Саманбай. На данном этапе рассматривается участок р.Амударьи «створ Тахиташ - створ Саманбай», где существуют две системы крупных магистральных каналов - южная ветвь «Суенли», с возможной передачей части получаемого стока в область озера «Судочье», и северная ветвь «Кызкиткен», уводящая сток в северную область дельты. Створ Тахиаташ, в данной схеме, выбран в качестве управляемого вододелителя, для чего исходный створ поступления водных ресурсов в Схеме 1, этап 3, был перенесен в створ Тахиташ, с добавлением на участке Тахиташ – Саманбай двух обобщенных водотоков, Суенли и Кызкиткен, с пропускными характеристиками, определенными по избытку расходов. Такой метод позволяет, с одной стороны не рассматривать работу этих каналов в обычном водохозяйственном режиме (т.е. предполагается, что в годы максимальной водности промышленные и сельскохозяйственные требования на объемы водных ресурсов по этим каналам обеспечиваются полностью), а с другой, избежать дополнительной калибровки коэффициентов модели, необходимой при учете потерь стока на участке Тахиташ – Саманбай. На рис. 11-5, показана расширенная область моделирования.

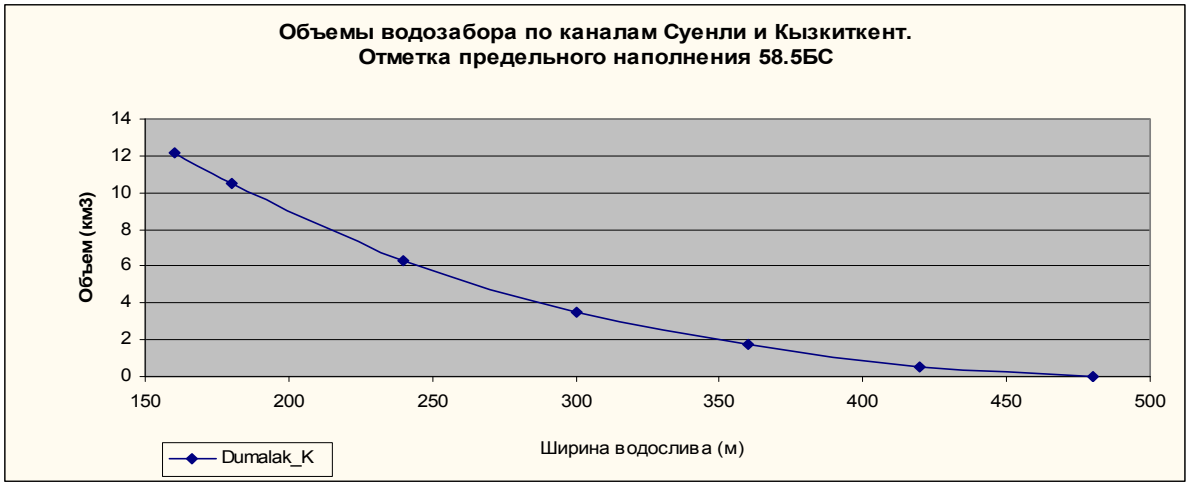
В процессе численного моделирования поступление дополнительного стока в системы Суенли и Кызкиткен, на данном этапе, рассматривалось в виде отрицательного управляющего воздействия на участок Тахиташ – Саманбай и использовалось лишь в качестве средства, предотвращающего возникновение прорывов в Междуреченском водохранилище.

Возможность существенного перехвата большого объема воды за счет нижележащих водозаборов показал и опыт 2003 г., когда при оттоке из Туямуюуна (рис. 11-6) максимум 2400 $м^3$/сек в Кипчаке расход составил 2100 $м^3$/сек мксимум, а в Саманбае соответственно 1400 $м^3$/сек.

С учетом предполагаемого проектирования и управления режимом распределения воды Междуреченского водохранилища, отметка глухой дамбы вокруг Междуреченского водохранилища наращивается до значения 59.0 БС, при отметке 58.5 БС в качестве МПГ – максимально подпертого горизонта, превышение горизонтов воды над которым, создавало условия перехлеста воды через плотину. Динамика колебания горизонтов вокруг МПГ, при известных параметрах всех водовыпускных сооружений, будет зависеть только от отметки и ширины катастрофического водослива. Поскольку отметка порога катастрофического водослива выбиралась из условий максимальной водообеспеченности (отметка порога принята равной 57.0 БС), то свободным параметром остается только ширина, поэтому численные эксперименты по динамике наполнения и опорожнения Междуреченского водохранилища проводились для водосливов с отметкой порога 57.0 БС и различной шириной. В предположении, что управление системой дельтовых озер выполняется наилучшим образом, был построен график объемов стока в системы Суенли и Кызкиткент, как функции ширины водослива, рис. 11-7. Рис. 11-8, отражает динамику колебания горизонтов воды в Междуреченском водохранилище в годы различной водности, а рис. 11-9 – распределение стока при различной ширине катастрофического водослива.


Расширенная область проекта NATO SFP-974357
Аральское море
Узбекистан
Туркменистан
Сарыкамышское
Аджибай 1 полдер
Аджибай 2 полдер
Джыптырбас полдер
Думалак
Парлатау г/п
Джыптырбас
Кызылджар г/п
Даулкульское
Кегейли
Кызкеткент
Суенли
Саманбай г/п
Кипчак г/п
Советъяб
Джумабайсака
Кипчак-Бозсу
Амударья
Кычбай
Ташсака
Пахтаарана
Ташаузская ветка
Туямуюн
Туямуюн г/п

Рис. 11-5



	160	180	240	300	360	420	480
Суенли и Кызкиткент	12.12	10.5	6.33	3.48	1.71	0.49	0

Рис. 11-6

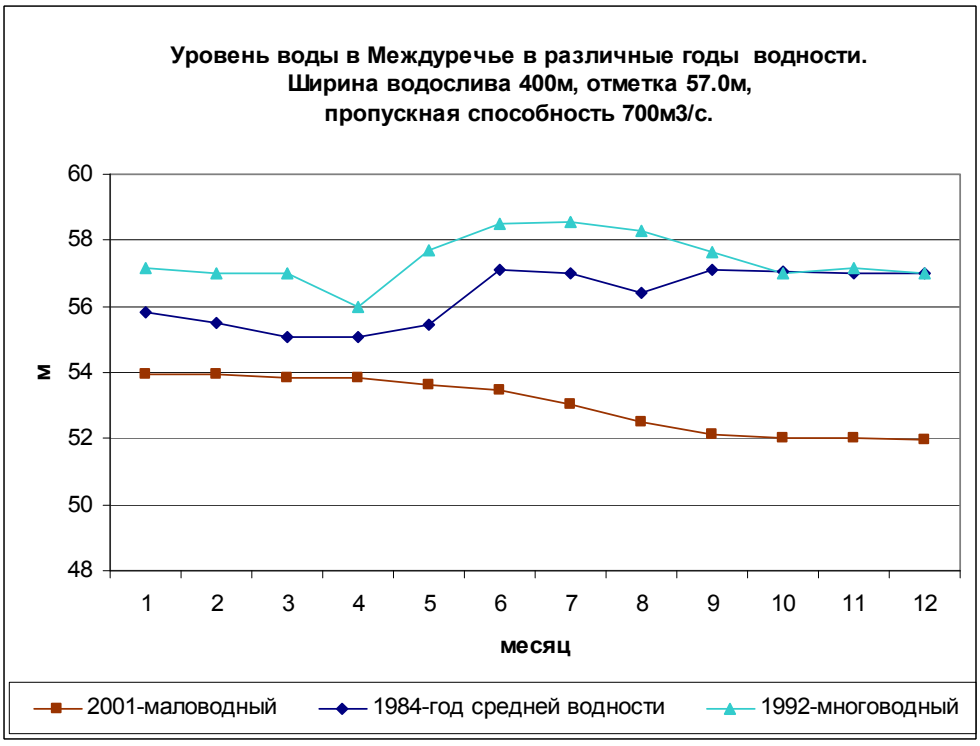


Рис. 11-7

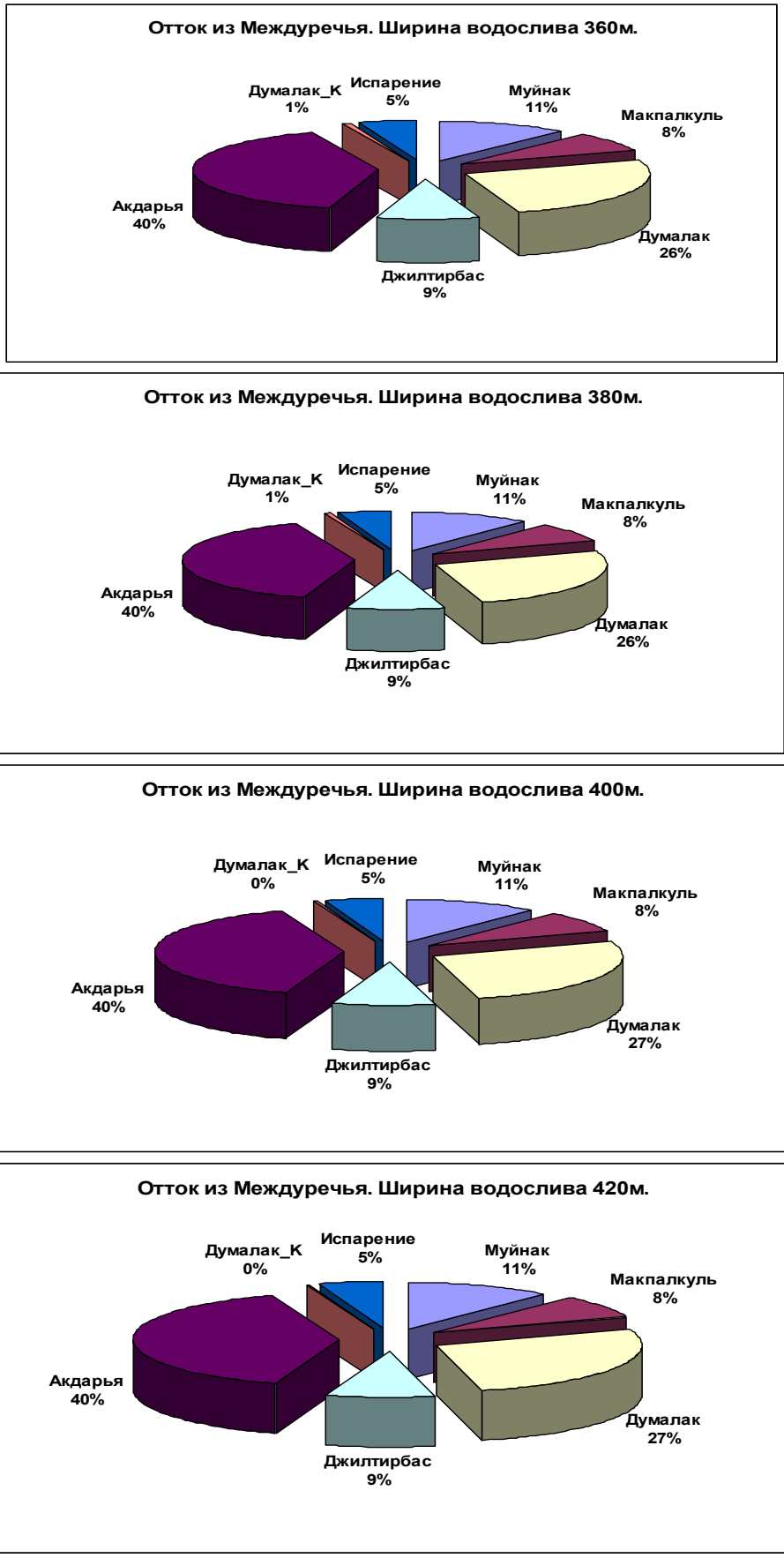
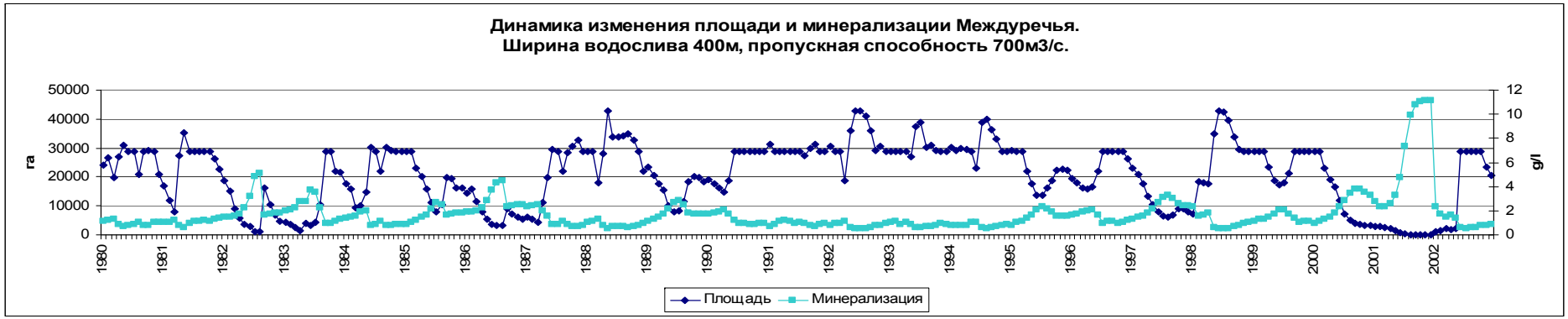

Отток из Междуречья. Ширина водослива 360м.
Думалак_К 1%
Испарение 5%
Муйнак 11%
Макпалкуль 8%
Акдарья 40%
Думалак 26%
Джилтирбас 9%
Отток из Междуречья. Ширина водослива 380м.
Думалак_К 1%
Испарение 5%
Муйнак 11%
Макпалкуль 8%
Акдарья 40%
Думалак 26%
Джилтирбас 9%
Отток из Междуречья. Ширина водослива 400м.
Думалак_К 0%
Испарение 5%
Муйнак 11%
Макпалкуль 8%
Акдарья 40%
Думалак 27%
Джилтирбас 9%
Отток из Междуречья. Ширина водослива 420м.
Думалак_К 0%
Испарение 5%
Муйнак 11%
Макпалкуль 8%
Акдарья 40%
Думалак 27%
Джилтирбас 9%

Рис. 11-8


Динамика изменения площади и минерализации Междуречья.
Ширина водослива 400м, пропускная способность 700м3/с.
ra
g/l
Площадь
Минерализация

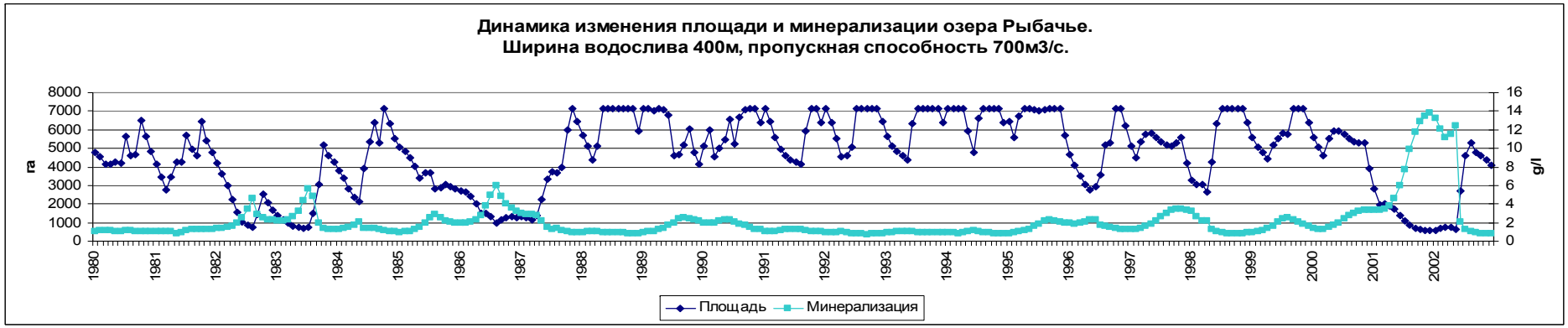

Динамика изменения площади и минерализации озера Рыбачье.
Ширина водослива 400м, пропускная способность 700м3/с.
ra
g/l
Площадь
Минерализация

Рис. 11-9

На основе этого было определено, что оптимальные значения пропускной способности сооружений в направлении Междуречье $\Rightarrow$ Акдарья через сброс находятся в диапазоне 450-550 $м^3$/сек, а оптимальные значения ширины порога катастрофического водослива находятся в диапазоне 360-440 м.

XII. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДЕЛЬТОВОГО КОМПЛЕКСА И ЕГО МОДЕЛИРОВАНИЕ

Нынешняя система управления водой в Приаралье по остаточному принципу привела к тому, что практически вся подача воды к устью дельты, ее распределение и сброс проходит при очень низком уровне управляемости, в результате чего мы постоянно имеем то полное иссушение дельты, то внезапный приход большой воды, которая аккумулируется и используется, как это было сказано выше, в лучшем случае на 16 … 20 %. Бесспорно, развивая комплекс сооружений ветландов в Южном Приаралье, мы намного увеличиваем потенциальные возможности управления, но это совершенно не гарантирует, что в действительности этот комплекс выполнит свои водно-аккумуляционное, экологическое и социально-экономическое назначение. Результаты анализа функционирования системы водоемов Приаралья, выполненные на предыдущих этапах исследований и анализ материалов натурных исследований по эксплуатации Междуреченского водохранилища 2002 г., показывают, что в настоящем состоянии исследуемая система водоемов, управляема лишь частично, и наиболее слабым звеном является Междуреченское водохранилище (и в маловодные и в многоводные годы!). Учитывая, что обеспечение водой всех нижележащих водоемов (Муйнак, Рыбачье) будет полностью зависеть от емкости и параметров гидротехнических сооружений у Междуреченского водохранилища, его следует отнести к объектам, требующим повышенного внимания, как на этапах строительства, так и в период эксплуатации.

В связи с этим, задача обеспечения рационального управления эксплуатацией и режимами попусков в дельту может быть решена двумя комплексами обеспечения: математически-модельным с соответствующим "СПР" (DSS) – как механизм управления "система поддержки решений" - организационным, создающим определенную структуру, которая должна явиться организаций, созданной на общественных началах и обеспечивающей режим наполнения ветландов в интересах всех комплексных водопользователей.

Основной постулат, закладываемый в основу разрабатываемой информационной системы поддержки решений (DSS) состоит в том, что сложные системы водоемов (каскадного и смешанного типа) работают эффективно и оказывают положительное воздействие на окружающую среду лишь тогда, когда все цепи каскадных водоемов не только правильно спроектированы, но правильно эксплуатируется и обслуживается. Под правильной эксплуатацией здесь понимается, что выбранные управляющие решения являются оптимальными, в том или ином смысле, для всей системы водоемов, а под правильным обслуживанием то, что эти управляющие решения находятся в области допустимых значений для каждого водоема и не создают аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях.

В свою очередь качество эксплуатации в реальных условиях зависит от объема доступной информации о состоянии системы водоемов в текущей момент времени и правильности прогноза изменений этого состояния в зависимости от тех или иных управляющих воздействий. Существующий мониторинг водоемов Приаралья, даже с учетом деятельности проекта [2], носит локальный по территории и ограниченный по времени характер, поэтому одной из основных задач разрабатываемой модели, является задача информационного восполнения о физических параметрах водоемов и технологических характеристик работы гидротехнических сооружений. Рассматривая данную модель в качестве базового инструмента, обеспечивающего информационные части DSS, необходимо иметь различные режимы работы модели, а именно:

- режим оценки достоверности и восполнения получаемой информации о параметрах водоемов и расходах через гидротехнические сооружения,
- создание годового плана оптимального управления комплексом гидротехнических сооружений (определение программной траектории системы водоемов),
- ежедекадная корректировка управляющих воздействий по фактически складывающей водохозяйственной ситуации (проектирование оператора обратной связи).

Каждый, из выше перечисленных режимов работы модели, связан с решением определенного класса задач, различающихся, как по своему типу, так и методам решения. Режим работы модели по оценке достоверности и восполнения информации, подробно обсуждался на третьем и четвертом этапах проводимых исследований, задача построения оптимальной программы излагается в 3 разделе, настоящего отчета, поэтому здесь остановимся лишь на последней, которая в терминах теории оптимального управления классифицируются, первая, как задача синтеза управления или проектирования оператора обратной связи[3]. Эти задача принципиально отличается от задачи определения программной траектории, как по критериям качества, участвующим в формировании функционала, так и по методам решения. Назначение этой задачи - реализация найденной программной траектории, которая является заключительной в любом процессе управления. Важность правильного решения этой задачи определяется тем, что если ошибки или отклонения в определении программной траектории приводят к экономическим потерям (достижение цели будет стоить дороже или значения некоторых показателей будут несколько хуже, чем предполагалось), то плохо спроектированный оператор обратной связи может разрушить систему управления полностью, например, образование прорывов дамб в отдельных водоемах, резко снижает управляемость всей системы водоемов, что влечет за собой совершенно не соизмеримые потери водных ресурсов. В общем случае эта задача гораздо труднее обычной задачи оптимального управления, как по причине отсутствия регулярных методов ее решения, так и по причине отсутствия необходимых условий, которые служат отправной точкой при построении расчетных схем, однако, здесь в полной мере проявляются достоинства пакета GAMS, который, снимая с исследователя необходимость в поиске метода решения, позволяет сосредоточиться на корректности и адекватности сформулированной модели.

12.1. Математическая основа управления – теоретические положения

Предыдущее моделирование акватория Приаралья было направлено на выбор вариантов комплекса сооружений и размещение ветландов; затем улучшения параметров сооружения, водоемов и соединения каналов и, наконец, определение проектных мощностей продуктивности водоемов в различных вариантах.

Задача моделирования в период эксплуатации состоит в:

- разработка алгоритмов и программного обеспечения устойчивого управления системы водоемов на основе решения задачи оптимального управления;
- увязка параметров модели с расходом воды по реке и ожидаемого коллекторно-дренажного стока;
- выработка критериев управления;
- выработка экологически устойчивых режимов водораспределения в Приаралье.

Исследуемый объект управления определяется как система мелководных водоемов, беспечивающих переброску и распределение водных ресурсов между ними через комплекс гидротехнических сооружений. Управление опирается на информацию о наполнении и минерализации водоемов и требует детального учета работы всех гидротехнических сооружений, при различных условиях эксплуатации, включая аварийные. Траектория объекта описывается системой нелинейных, обыкновенных дифференциальных уравнений, отражающих условия течения воды и соли в системе.

План управления системой водоемов опирается на текущее состояние системы и прогноз о поступлении водных ресурсов до конца года. План управления составляется для всей системы с учетом реальных возможностей гидротехнических сооружений по распределению водных ресурсов. В терминах теории оптимального управления, задача, которую мы собираемся решить, определятся как задача нахождения «программной траектории» управляемого объекта. Решение этой задачи опирается на математическую модель данного проекта, этапы 2, 3. Исследуемый объект управления формализуется в виде ориентированного графа **G**(J,I), где J={0,1, . . .,j}-множество вершин, соответствующих емкостным объектам, а I ={ 0,1, . . .,i}-

множество дуг, отражающих связи по распределение водных ресурсов в системе каналов. Каждый элемент $i \in I$ характеризуется парой (j,k), такой что ($\forall$(j,k), $j \in J$, $k \in J$, $k \neq j$), где: j - начальная вершина(узел), k - конечная вершина (узел), дуги i. Таким образом с каждой вершиной ориентированного графа **G**(J,I) связан объект, обладающий объемом воды, а с каждой дугой – сооружение, формирующее движение воды между вершинами. Уравнения, описывающие процессы функционирования отдельных емкостных участков, основываются на системе обыкновенных дифференциальных уравнений отражающих поступление, отток, испарение и фильтрацию водных ресурсов с учетом их минерализации. Эти уравнения, относятся к объектам J={0,1, . . .,j}- множество вершин. Объекты, относящиеся к множеству I ={ 0,1, . . .,i}- дуги, определяются условиями сопряжения емкостных участков между собой и внешней границей, где расположен объект управления. Исключая из уравнений базовой модели, уравнение, описывающие феноменологию развития тростника как уравнение многолетнего типа, сформулируем задачу оптимального управления целиком. В предположение малой концентрации солей, на основе закона сохранения массы для каждой вершины получим уравнения:

$$\frac{dW_j}{dt} = \sum_{(k,j)\in I_j^+} Q_{k,j} - \sum_{(j,k)\in I_j^-} Q_{j,k} + q_j^p - q_j^f - q_j^E \tag{12.1}$$

$$\frac{dS_j}{dt} = \sum_{(k,j)\in I_j^+} (s \times Q)_{k,j} - s_j \times \sum_{(j,k)\in I_j^-} Q_{j,k} + q_j^s \tag{12.2}$$

$$s_{j,k} = s_{j,k}(S_j / W_j, v_j, T_j^o) \le S_j / W_j \tag{12.3}$$

$$Q_{j,k} = Q_{j,k}(a_{j,k}, W_j, U_{j,k}), \ \forall (j,k) \in \{I^U\} \subset \{I\} \tag{12.4}$$

$$\aleph(W_j(\bullet), S_j,(\bullet), U_{j,k}(\bullet), t^0, t^K) = \int_{t^0}^{t^K} [\sum_{(j,k)\in\{I^P\}} P_{j,k}(p_{j,k}, W_j, W_k, Q_{j,k}, s_{j,k})]dt +$$
$$+ \phi_j(t^0, W_j(t^0), s_j,(t^0); t^K, W_j(t^K), s_j,(t^K)) \to \textbf{sup}, \ \forall (j,k) \in \{I^P\} \subseteq \{I^U\} \tag{12.5}$$

$$\psi_j(t^0, W_j(t^0), s_j,(t^0), t^K, W_j(t^K), s_j,(t^K)) = 0 \tag{12.6}$$

$$W_j(h_j) = \int_0^{h_j} \Omega_j(z)dz \tag{12.7}$$

$$q_j = q_j(W_j, t) \tag{12.8}$$

$$q^s{}_j = q^s{}_j(W_j, s_j, t) \tag{12.9}$$

$$U_{j,k}(t) \in \boldsymbol{U}_{j,k} \ \forall [(j,k) \in \{I^U\}, \ t \in \{t^0 : t^K\}] \tag{12.10}$$

$$s_{j,k}(t), Q_{j,k}(t) \ge 0, \ \forall \ (j,k) \in \{I\}; \ W_j(t), S_j(t) \ge 0, \ \forall \ j \in \{J\}, \ t \in \{t^0 : t^K\} \tag{12.11}$$

где: W_j – объем воды в j–ой вершине(м^3), I_j^+, I_j^- - множества дуг входящих в вершину j и выходящих из вершины j, соответственно; $q^p{}_j$, $q^f{}_j$, $q^E{}_j$ – локальные приток и оттоки воды в вершину от осадков, фильтрации и испарения, соответственно(м^3/сек), q_j^s – локальный приток (отток) в вершину солей (кг/сек), S_j – масса солей (кг), $s_{j,k}$ – минерализация (кг/м^3), v_j – скорость потока в вершине "j"(м/сек), T^o – температура (градус С), $Q_{j,k}$ - расход между вершинами j и k (м^3/сек), $a_{j,k}$- функция, характеризующая конкретное гидротехническое сооружение, расположенное на дуге (j,k), $U_{j,k}(t)$ – управление дугой (j,k), $\{I^U\}$-подмножество $\{I\}$ управляемых дуг, $P_{j,k}(t)$ – эффективность, вырабатываемая (потребляемая) дугой (j,k), $p_{j,k}$- энергетические или эквивалентные им характеристики конкретного гидротехнического сооружения, расположенного на дуге (j,k), $\{I^P\}$-подмножество управляемых дуг ($\{I^P\} \subseteq \{I^U\}$), обладающих энергетическими или эквивалентными свойствами, $\aleph$-критерий качества управления системой, $\boldsymbol{U}_{j,k}$ - допустимое пространство управлений, ψ_j - требования к системе в начальный и конечный моменты времени, а ϕ_j - эффективность требований в начальный и конечный моменты времени, $\Omega_j(z)$ – площадь зеркала водохранилища (м^2) при отметке z_j, h_j – глубина воды в вершине (м), t – теку-

щее время, t^0 и t^K – начальное и конечное время процесса. Для завершения формулировки задачи управления в дифференциальной форме остается указать, среди каких функций будет искаться экстремум (***sup***). Задача (1)-(11) относится к классу задач оптимального управления с закрепленным временем, для которых допустимым решением является совокупность функций $(W_j(\bullet),S_j,(\bullet),U_{j,k}(\bullet))$при выполнении следующих требований:

1. вектор-функция $U_{j,k}(\bullet)$ определена и кусочно непрерывна на отрезке $\{t^0:t^K\}$;
2. для всех $t\in\{t^0:t^K\}$ выполняется условие (1);
3. функции $W_j(\bullet),S_j,(\bullet)$ дифференцируемы во всех точках, кроме точек, где $U_{j,k}(\bullet)$ терпит разрыв, во всех точках дифференцируемости выполняются (1)-(2);
4. выполняются граничные условия (6);
5. функции $q_j(t)$ и $q^s_j(t)$ определены и кусочно непрерывны на отрезке $\{t^0:t^K\}$,(эти функции неуправляемы, поскольку характеризуют сток бассейна реки более того они являются случайными, но в данной постановке используется математическое ожидание этих функций),

Именно среди таких допустимых решений будет искаться экстремум в задаче (1)-(11).

Задача (1)-(11) не поддается исследованиям аналитическими методами (более точно мы не умеем, находить аналитические решения для такого класса задач), поэтому прейдем к дискретному пространству по времени. Для этого интервал $\{t^0:t^K\}$ разобьем на равные промежутки Δt (Δt = одной декаде) таким образом, что t может принимать значения из множества $\{t^0, t^0+\Delta t, t^0+2\Delta t, \ldots, t^0+K\times\Delta t=t^K\}$. Параметры системы в вершинах отнесем к моментам времени $t\in\{t^0, t^0+\Delta t, t^0+2\Delta t, \ldots, t^0+K\Delta t\}$, а параметры на дугах к моментам времени $t\in\{t^0+0.5\times\Delta t, t^0+1.5\times\Delta t, t^0+2.5\times\Delta t, \ldots, t^0+(K-0.5)\times\Delta t\}$, тогда вместо (1) и (11) получим:

$$W_j^{t+1} = W_j^t + \sum_{(k,j)\in I_j^+} W_{k,j}^{t+1/2} - \sum_{(j,k)\in I_j^-} W_{j,k}^{t+1/2} + w_j^{t+1/2} \tag{12.12}$$

$$S_j^{t+1} = S_j^t + \sum_{(k,j)\in I_j^+} (s\times W)_{k,j}^{t+1/2} - \sum_{(j,k)\in I_j^-} (s\times W)_{j,k}^{t+1/2} + w_j^{s,t+1/2} \tag{12.13}$$

$$W_{j,k}^{t+1/2} = \Delta t \times Q_{j,k}(a_{j,k}, W_j^t, W_j^{t+1}, U_{j,k}^{t+1/2}),\ \forall (j,k) \in \{I^U\} \subset \{I\} \tag{12.14}$$

здесь: $w_j=q_j\times\Delta t$;

Таким образом, система из $2\times|\{J\}|$ дифференциальных уравнений (уравнения (1) и (2)) на дискретной пространственно-временной сетке, редуцируется в систему из $2\times(K+1)\times|\{J\}|$ - нелинейных алгебраических уравнений, относительно переменных в вершинах, связанных через $2\times K\times|\{I\}|$ - переменных на дугах. из которых $K\times|\{I\}|$ - переменных являются управлениями. Здесь $|\{.\}|$ - количество элементов в указанном множестве. Прежде чем трансформировать критерий качества управления (5), выполним следующее преобразование для формулы (14). Выражение для $Q_{j,k}$ можно записать в виде: $Q_{j,k}(a_{j,k},W_j,U_{j,k})= Q_{j,k}(f(a_{j,k},U_{j,k}), W_j)$, в функцию $f(a_{j,k},U_{j,k})$ вместо $U_{j,k}$ подставим $\boldsymbol{U}_{j,k}$ - допустимое пространство управлений, и умножим ее на Δt, функция $\boldsymbol{W_{j,k}}= \Delta t\times f(a_{j,k},\boldsymbol{U}_{j,k})$- образует новое допустимое пространство управлений, но уже по переменной $W_{j,k}$, таким образом вместо (14) имеем:

$$W_{j,k}^{t+1/2} \le W_{j,k}(W_j^{t+1/2}, W_k^{t+1/2}) \quad \forall[(j,k) \in \{I^U\}, t\in\{t^0:t^K\}] \tag{12.15}$$

соответственно изменяется и функционал (15)

$$\aleph(W_j(\bullet),S_j,(\bullet),W_{j,k}(\bullet),t^0,t^K)= \sum_{t\in\{t^0,t^K\}}\sum_{(j,k)\in\{I^P\}} P_{j,k}^{t-1/2}(p_{j,k},W_j^t,W_k^t,W_{j,k},s_{j,k}) +$$
$$+\phi_j(t^0, W_j(t^0),s_j,(t^0);t^K, W_j(t^K),s_j,(t^K)) \to \boldsymbol{sup},\ \forall (j,k)\in\{I^P\}\subseteq\{I^U\} \tag{12.16}$$

Остальные выражения задачи (1) – (11) не меняются.

Для завершения постановки задачи оптимального управления, необходимо конкретизировать понятия эффективности управления в выражениях для $P_{j,k}$, ϕ_j, и уточнить смысл допустимого

пространства управления $W_{j,k}$. В качестве основной единицы измерения можно принять единицу объема водных ресурсов с относительной минерализацией раной единице в заданную единицу времени. Обозначая временной фактор через "$\zeta^t(t)$" – относительная значимость воды при различных фазах развития флоры и фауны в водоемах, собственную меру эффективности наполнения конкретного водоема можно определить в виде следующего выражения:

$$w_j(t) = \zeta_j^t(t) \times W_j(t) \times [1 + \frac{(W_j^{max} - W_j^*(t)) \times (W_j^*(t) - W_j(t))}{W_j^*(t) \times (W_j^{max} - W_j(t))}]; \qquad (12.17)$$

где: $W_j(t)$, W_j^{max} – объемы j - го водоема в текущий момент времени и при максимально подпертом горизонте, соответственно. $W_j^*(t)$ – некоторый, оптимальный объем наполнения водоема.

Поскольку $\zeta^t(t)$ величина безразмерная, то размерность величины w(t) соответствует размерности, принятой для объема воды за рассматриваемый интервал времени, поэтому в выражении (12.17) сохранено обозначение, ранее принятое для воды. Вид этой функции приводится на рис. 12-1

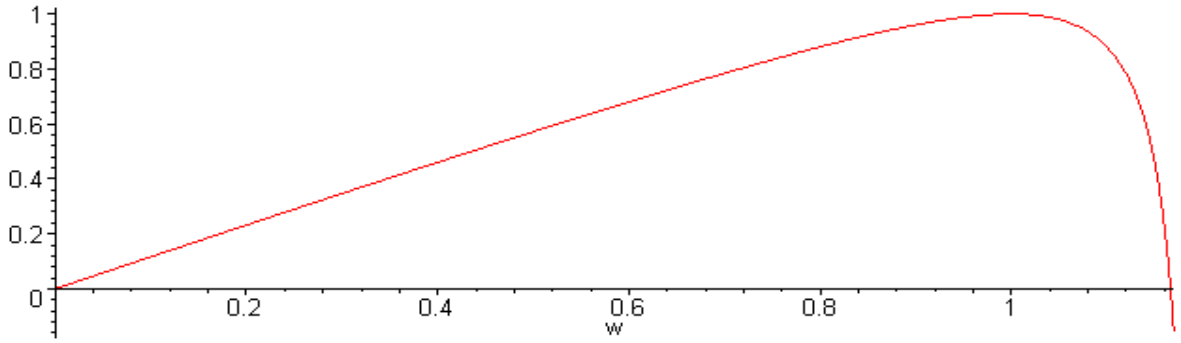


Рис. 12-1. Функция эффективности наполнения водоема, при значениях W_j^*=1,. W_j^{max}=1.2

Если в выражении (12.17) принять $W_j^*(t) = W_j^N$ – объем водоема при нормально подпертом горизонте, и просуммировать его по ***"j"***, то получится критерий эффективного наполнения всей системы водоемов, т.е. в зависимости от поступающего в систему объема водных ресурсов, модель будет стараться заполнить каждый водоем до нормально подпертого горизонта, не допуская условий его переполнения. Задав пределы функции $W_j^*(t)$ как: $0 \le W_j^*(t) \le W_j^N$, и оставив ее пока открытой, мы как бы подразумеваем, что нормально подпертый горизонт не всегда является оптимальным для водоемов, функционирующих в условиях высокой испаряемости и минерализации. Поэтому, следующий шаг состоит в определении выражения для $W_j^*(t)$, учитывающего минерализацию водоема. Важной характеристикой, используемой на практике для оценки функционирования водоемов Приаралья является коэффициент проточности, который при поддержании постоянного объема воды в водоеме определяется, как отношение оттока к притоку. В частном случае (при *dw/dt =0; ds/dt =0*) уравнения (12.1) и (12.2) дают важное соотношение между входом в водоем и выходом из него, позволяющее определить минерализацию оттока:

$$Q^I \times s^I = Q^O \times s^O \; ; \; Q^O = Q^I \times kp; \qquad (12.18)$$

где: Q^I, s^I ; Q^O, s^O – расход и минерализация притока и оттока, соответственно, kp - коэффициент проточности водоема. (Для бессточных водоемов формулы (12.18) не работают, по-

скольку условие *ds/dt =0* не выполняется).

Для водоемов Приаралья основным дестабилизирующем фактором является испарение, которое в свою очередь, зависит от площади поверхности водоема и времени года. Рассматривая площадь свободной поверхности как монотонно возрастающую функцию от объема наполнения (это условие выполняется для всех существующих и проектируемых водоемов Приаралья), построим зависимость эффективного наполнения водоема как функцию притока и желаемой минерализации и получим:

$$W^* = \frac{W^i \times (s^* - s^i)}{\alpha \times s^*}; \boldsymbol{\alpha} > 0; s^* \geq s^i; \qquad (12.19)$$

здесь W^i , s^I - объем и минерализация притока, s^* – желаемая (рекомендуемая) минерализация водоема, $\boldsymbol{\alpha}$ – среднегодовой коэффициент испарения.

Формулы (12.17) и (12.19) позволяют замкнуть задачу оптимального управления для системы мелководных водоемов, однако выбор минерализации водоемов остается за лицом принимающим решения.

Функция ϕ_j - определяет важность получения параметров t^K, $W_j(t^K)$, $s_j,(t^K)$ в конце периода управления, так как для задачи Коши функция ϕ_j в начальный момент не подлежит вариации и следовательно $\phi_j(t^0, W_j(t^0), s_j,(t^0)) \equiv 0$. Поэтому:

$$\phi_j = (W^T{}_j(t^K) - w_j(t^K)) \times (w_j(t^K) - W^T{}_j(t^K))/(W^T{}_j(t^K))^2; \qquad (12.20)$$

здесь: $W^T{}_j(t^K)$ – требуемые значения объема в конце периода управления. Заметим, что в системе водоемов Приаралья, функция $\phi(t^0, W_j(t^0), S_j,(t^0); t^K, W_j(t^K), S_j,(t^K))$ играет заметную роль, лишь для водоемов с рыбным промыслом, для водоемов с высокой минерализацией (второй и третий уровни) ее вклад близок к нулю.

12.2. Построение СПР (DSS) для эксплуатации водоемов

На основе ранее проведенных работ по созданию комплекса гидрологических, инженерных и экономических моделей намечен состав работ по подготовке DSS для лиц, принимающих решения при планировке и управлении ветландами, их режимом.

За методическую основу приняты рекомендации, разработанные координатором проекта д-ром Ю. де Шуттером и базирующиеся на методе RAP "Rapid Assessment Programme"(Ir. Peter Kouwenhoven), которые состоят из ряда последовательных шагов:

- описание проблемы;
- компоненты;
- соотношение между ними;
- возможные случаи;
- критерии выбора;
- возможные меры;
- анализ;
- оценка;
- выводы

Предполагается, что весь состав базы данных, комплекса моделей, намеченный комплекс сооружений и расчетная эффективность будут являться исходной базой для построения DSS.

1. Описание проблемы

1.1. В условиях неопределенного водного режима стока р. Амударьи; динамичного возведения комплекса сооружений, наличия определенного набора потребителей в самой дельте, на-

целенных на различные виды продуктивной деятельности, цель состоит в организации такого управления ограниченными водными ресурсами и материальными средствами, чтобы:

- удовлетворять потребности водопользователей в воде и осуществлять те виды деятельности, которые обеспечивают их социальное выживание;
- сохранить экологическую устойчивость региона и недопущение опустынивания и следовать тем требованиям, которые выработаны экологическими бенефициариями;
- максимально использовать воду, поступающую в дельту, на эти цели.

1.2. Настоящее состояние комплекса характеризуется:

- низким уровнем социального обеспечения населения зоны Приаралья, который зависит от возможности заниматься производственной деятельностью в привычных им сферах (рыбоводство, ондатроводство, сельское хозяйство, животноводство, сфера обслуживания, переработка тростника и т.д.);
- все эти виды деятельности в той или иной степени зависят от водно-экологического состояния дельты и системы водоемов, входящих в зону Приаралья;
- низким уровнем и интенсивностью капвложений в весь предполагаемый комплекс и вообще в поддержку социально-экономической сферы в данном регионе;
- демографический рост и высокая миграционная способность населения;
- высокая чувствительность природных комплексов к перебоям в водообеспечении дельты и Приаралья.

1.3. Главными факторами будущего развития являются:

- количество воды, поступающее в устье дельты к створу южного бьефа Тахиаташ – Саманбай по времени и объему, а также величина коллекторно-дренажного стока;
- выделение средств и капвложений для улучшения ситуации в дельте в масштабе времени;
- организационные основы управления комплексом дельт с вовлечением "заинтересованных лиц" – "стейкхолдеров" и ресурсы эксплуатационных организаций в дельте;
- точность прогнозирования водных ресурсов на перспективу.

2. Компоненты системы

2.1. Исходные гидрологические компоненты:

- расходы воды и ее качество по Амударье в створе Тюямуюна и последовательное их изменение до Тахиаташа и Саманбая. Последний является входом в решение задачи оптимального управления водораспределением в дельте в зависимости от готовности сооружения, их параметров и одновременно технологии управления;
- текущее наполнение водоемов;
- расходы по коллекторам и их минерализация в зависимости от водоподачи к створу Тахиаташа.
- пропускная способность имеющихся каналов и сооружений;
- имитационные ряды с прогнозом на 25 - 50 лет, основанные на трех сценариях развития региона;

2.2. Климатические компоненты

- ряды климатических данных по всем станциям Приаралья;
- испарение и осадки текущие, в т.ч. с водной поверхности;

2.3. Социально-экономическая база данных

- количество населения, в т.ч. трудоспособного, а также по видам деятельности и занятости;
- темпы роста и характеристика миграции;
- экономические показатели занятости и продуктивности, в т.ч. по рыбе, ондатре, тростнику, сельскохозяйственному сектору, сфере обслуживания;
- реальные доходы населения по видам занятости;
- состояние здоровья населения (заболеваемость, по видам и возрастам.

2.4. Экологические показатели

- качество воды в реке и коллекторах;
- качество воды в водоемах (по каждому);
- качество питьевой воды и обеспечение ею населения;
- количество рыбы в водоемах;
- количество мигрирующих птиц;
- уменьшение (увеличение) опустынивания территорий.

2.5. Морфологическая структура комплекса определяется:

- линейной схемой реки и ее протоков и водозаборов;
- схемой размещения и взаимозависимости водоемов и каналов по различным функциям типа $Q = f(h)$; $Q = f(h; \omega)$; $Q = f(h; \omega; Q_o)$; и т.д.;
- подвешенными площадями водного влияния;
- параметрами всех водоемов (площади, наличие воды).

2.6. Управляющие решения принимаются в зависимости от рекомендаций модельного комплекса, однако их осуществление зависит от технических возможностей сооружений, их значимости и степени управляемости организационной структуры.

3. Соотношение между компонентами

Взаимные связи между компонентами на логическом уровне определяются матрицей компонентов, их логической и фактической увязкой (таблица 12-29). Соотношение между компонентами, приведенное в матричной форме, дает возможность оценить не только все связи, включая косвенные, многоступенчатые и т.д., но, в первую очередь, прямые связи, которые в матрице помечены в виде крестиков в кружках. Именно эти связи являются важнейшими в дальнейших вариантах решения проблемы путем моделирования, экспертных оценок или аналитических работ, которые должны выявить эти связи и включить их в систему DSS.

4. Возможные сценарии развития обстановки в дельте

Возможные сценарии развития обстановки в дельте являются, наверное, наиболее важными для вывода решения в системе DSS. Попробуем определить эти сценарии, опять-таки, пользуясь таблицей матриц компонентов (по вариантам, отмеченным в квадратах).

4.1. Водность реки и водных источников

- многоводные – расходы в реке выше 10 – 20 % обеспеченности;
- среднемноголетние – расходы в реке выше 10 – 20 % обеспеченности;
- маловодные – расходы в реке ближе 80 – 90 % обеспеченности.

4.1.1. – в том числе водность коллекторов (данный вариант имеет значение при снижении расходов в коллекторах, особо питающих озеро Судочье).

4.2. Варианты строительства являются определяющими на период развития комплекса и будут определять как объемы возможного приема воды и наращивание объемов водоемов и использование их мощностей, так и возможность управления и распределения.

4.3. Варианты управления – решения, которые будут определять стратегию экономического и социального благополучия региона в зависимости от объемов строительства, наращивания объемов водоемов и их влияние.

Задача модельного комплекса – создать совмещение различных слоев варианта 4.1, 4.2 и 4.3.

5. Критерии выбора

Критерии выбора вариантов решения при вышеуказанном сочетании базисных условий п. 4 желательно основываться на соблюдении:

- экологических критериев для водоемов, установленных Наблюдательным Комитетом проекта при правительстве Каракалпакстана;
- достижение максимального использования поступающей в дельту воды, особенно в годы малой и средней водности;
- безаварийного пропуска паводковых расходов;
- ограничений по реальным объемам воды и реальным размерам капвложений.

6. Возможные меры

При невозможности удовлетворить требования к критериям п.5 DSS должна дать выбор возможных мер дополнительных компонентов. Например, мы обнаруживаем, что вследствие заполненности Тюямуюнского водохранилища ожидаемые расходы превышают допустимые паводковые расходы через водохранилище. Мы можем включить дополнительные меры – распределить воду в пределах пропускной способности каналов между Тюямуюнским и Тахиаташским гидроузлами или пустить воду в обход Междуреченского водохранилища по протоку старого русла, или дополнить эти мероприятия еще каким-то решением.

Другой пример: в процессе строительства могут возникнуть дополнительные меры, не предусмотренные нашим ТЭДом по пропуску воды в водоемы второй линии, или какие-то другие решения, скажем, по пропуску воды через Судочье в Западное море. Тогда DSS должна предоставить в распоряжение принимающих решения лиц свою базу данных, свой методический аппарат и т. д.

Таблица 12-1. Матрица компонентов

	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	5.1	5.2	5.3	6	7
1. Исходные гидрологические компоненты				+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+		+
2. Исходные климатические компоненты	+					+		+				+					
3. Социально-экономические показатели:																	
3.1. демография;				+	+						+	+					
3.2. занятость;					+	+			+							+	+
3.3. доходы населения;						+										+	+
3.4. здоровье населения;			+	+	+											+	+
4. Экологические показатели:																	
4.1. качество воды в реке;			+		+	+		+	+	+					+		+
4.2. качество воды в водоемах;					+	+			+								
4.3. качество питьевой воды;			+		+	+		+									
4.4. количество рыбы в							+	+									

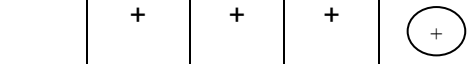
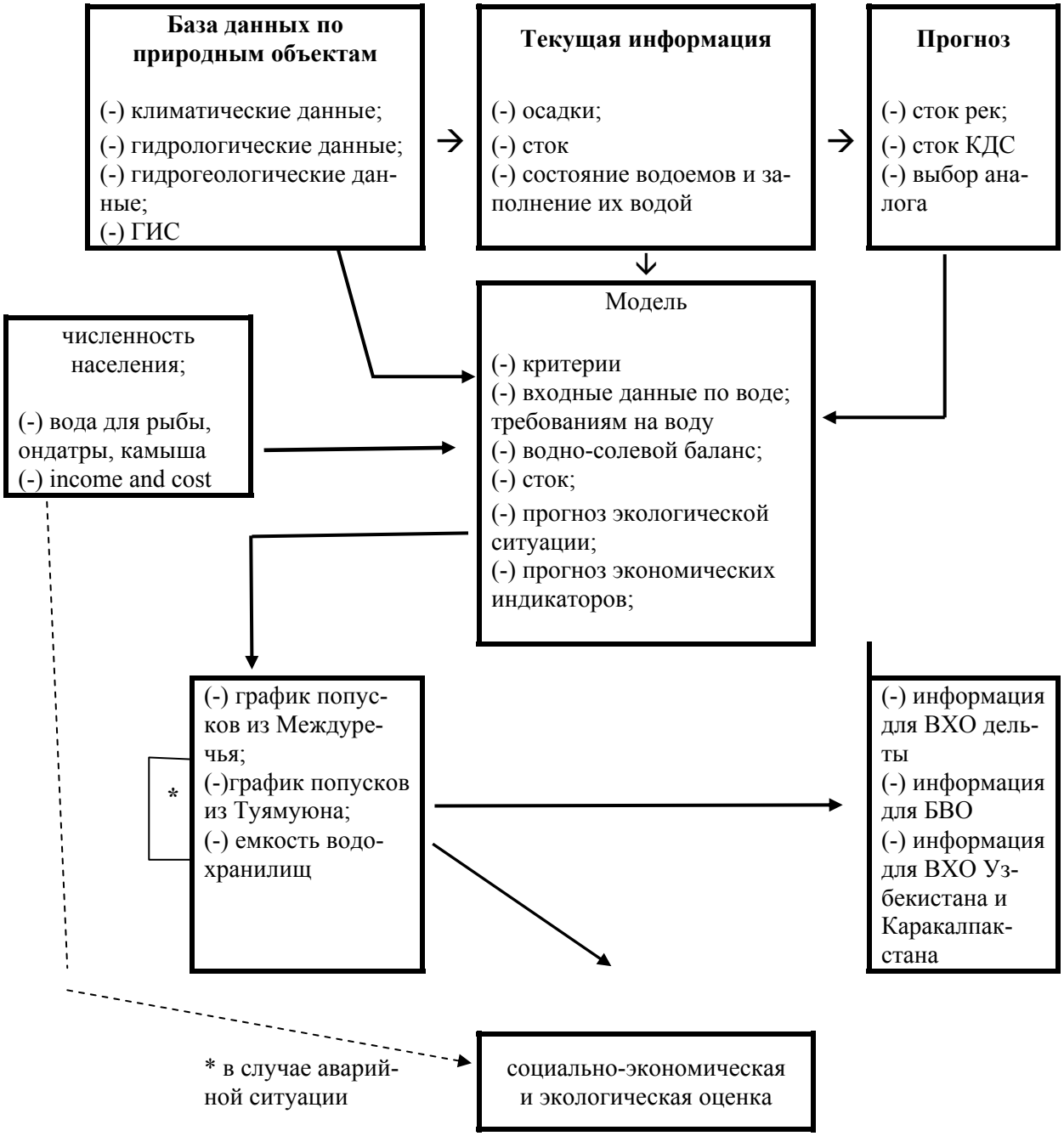
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	5.1	5.2	5.3	6	7
водоемах;																	
4.5. количество птиц;																	
4.6. Динамика опустынивания.			+	+	+						+						
5. Морфологическая структура																	
5.1. линейная схема																	
5.2. подвешенные площади под водоемы																	
5.3. площади и объемы воды в водоемах;	+			+	+												
6. Варианты строительства.	+		+				+	+		+							+
7. Варианты управления			+	+	+		+	+	+	+						+	

Схема DSS проекта SFP NATO 974357



Основным элементом DSS является интерфейс гидрологической модели, порядок работ которого приведен ниже.

Целью гидрологического моделирования является нахождение необходимых параметров в акватории системы озер и моря, исходя из существующих и планируемых объемов подачи водных ресурсов с учетом изменений в инфрастуктуре подводящих каналов и коллекторов, определение внутригодовых колебаний отметок водной поверхности в зависимости стока в реках Амударье и Сырдарье и выбранной водохозяйственной политики, параметры распределения водоподачи между водоемами и т.д.

Главная форма включает:

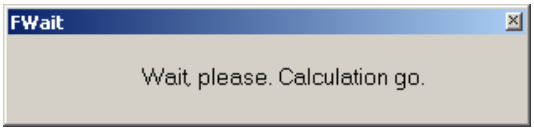
1) Ввод информации.
2) Расчет модели.
3) Просмотр и анализ результатов.

Ввод информации разделяется по следующим направлениям:

1) по водным объектам (наименования объектов и их характеристики);
2) по связям объектов (определение связей и их характеристики);

Введенная информация собирается в схему моделирования и сохраняется. Затем генерируется входной файл для модели GAMS и передается ей для дальнейшего расчета.

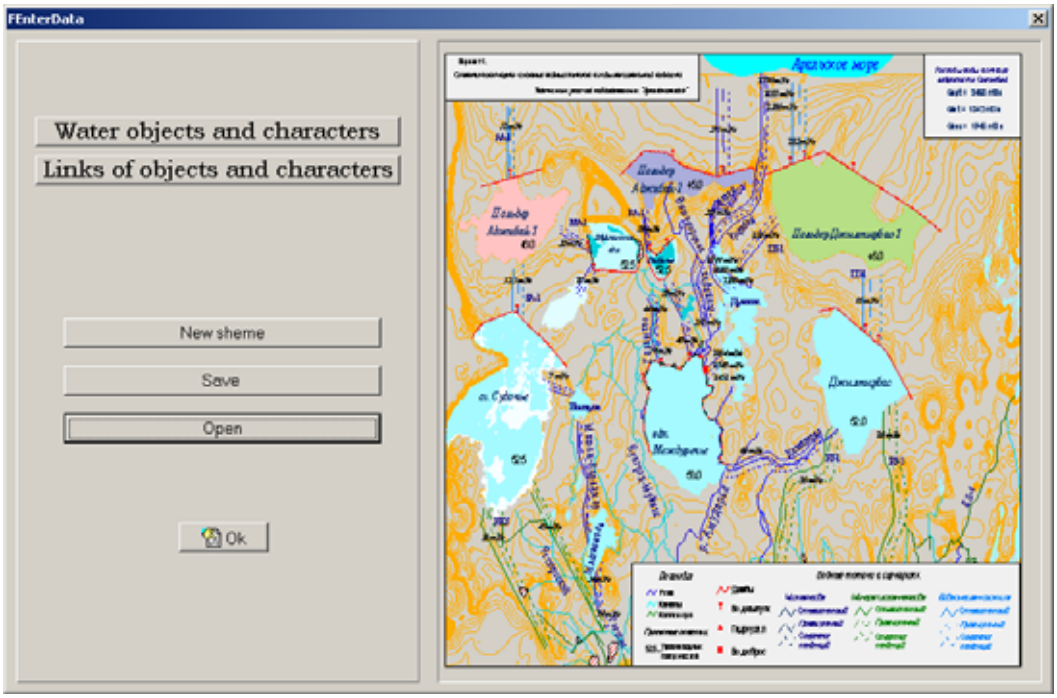
Расчет модели – модель GAMS основывается на системе обыкновенных дифференциальных уравнений, отражающих структурные связи в системе водоемов и все статьи водохозяйственного баланса с учетом минерализации водных масс. Расчет занимает несколько минут, о чем пользователь извещается следующим сообщением



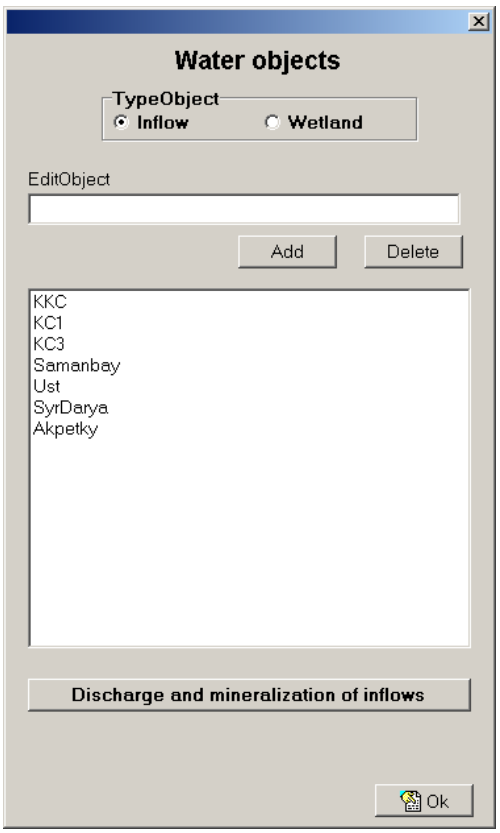
Просмотр результатов включает:

- Приток и отток по водоемам (в среднемноголетнем разрезе);
- Динамику площади и минерализации водоемов (среднемесячные значения, многолетний период 1981-2002 гг.);
- Суммарный объем и площадь ветландов Приаралья (среднемесячные значения, многолетний период 1981-2002 гг.);
- Приток и отток;
- Наполняемость водоемов;
- Общая и биологически активная площадь водоемов;

Информацию можно просматривать как в текстовом, так и в графическом виде. Имеется возможность открытия ранее созданной схемы, с целью корректировки параметров объектов или связей и сохранения уже нового варианта схемы. На форме справа – карта выбранной схемы.



Нажатие на кнопку “Water objects and characters” открывает окно для работы с водными объектами.



Кнопка “Links of objects and characters” служит для открытия диалогового окна, определяющего связи между водными объектами.

“New sheme” – создание новой схемы. При этом все объекты, связи и их параметры удаляются.

“Save” – сохранение введенной информации в схему (генерация во входной файл для модели GAMS)

“Open” – открытие уже существующей схемы.

Для ввода водного объекта необходимо выбрать тип объекта:

1) Приток;
2) Ветланд.

Затем ввести имя водного объекта в строку EditObject.

По клавише Enter или кнопке “Add” этот объект будет занесен в общий список.

Кнопка “Delete” или клавиша Del удаляет объект из списка.

Работая с уже существующей схемой, при выборе типа “Приток” в списке появляются соответствующие водные объекты.

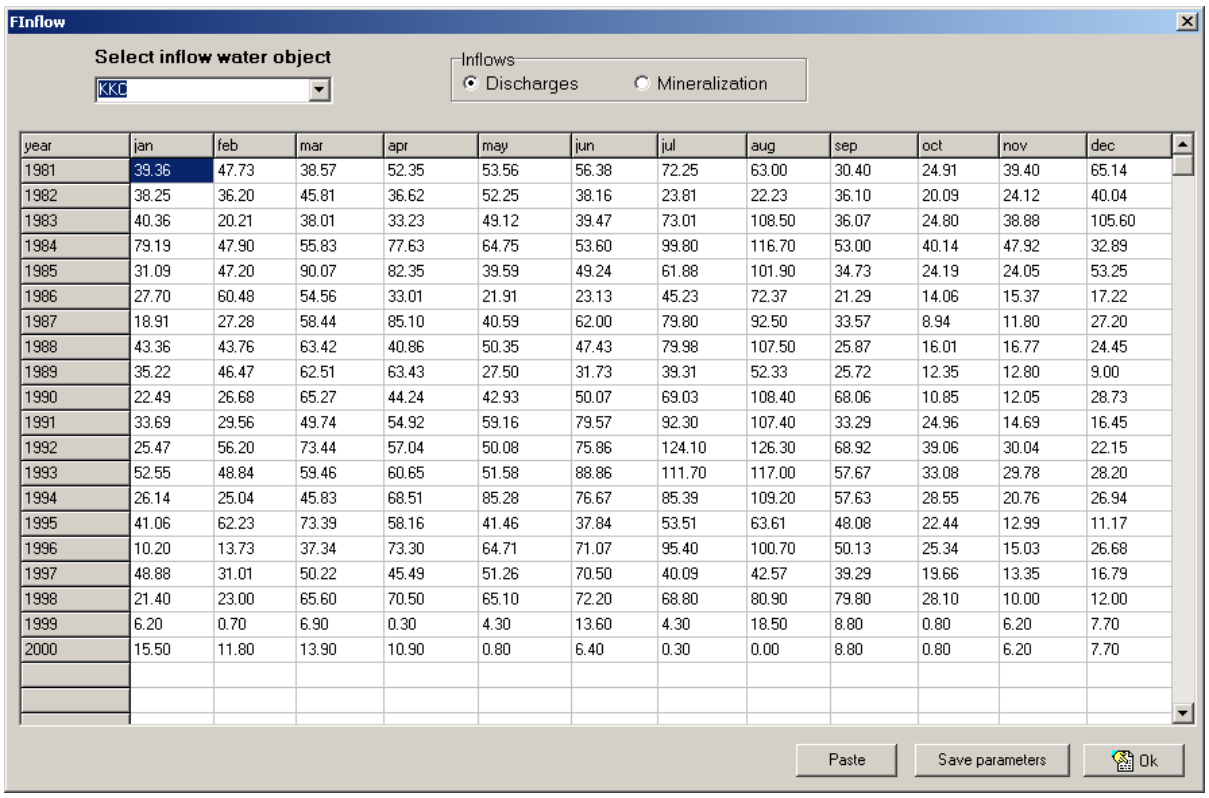
Кнопка “Discharges and mineralization of inflows” служит для открытия диалогового окна FInflow, определяющего следующие характеристики объектов:

– Расходы (млн. $м^3$/мес.);
– Минерализацию (г/л).

Кнопка “Ok” закрывает окно “Water objects”.

В окне FInflow выбирается водный объект, например, ККС (тип “Приток”), задаются месячные значения расходов и минерализации в многолетнем периоде 1981-2000 гг.

При наличии готовой схемы в таблице представляются ранее введенные значения, которые можно откорректировать и сохранить. Если информация по расходам содержится в другой среде, например в Microsoft Excel, то можно скопировать блоком нужную информацию и вставить кнопкой “Paste” или нажатием клавиш Shift+Insert.

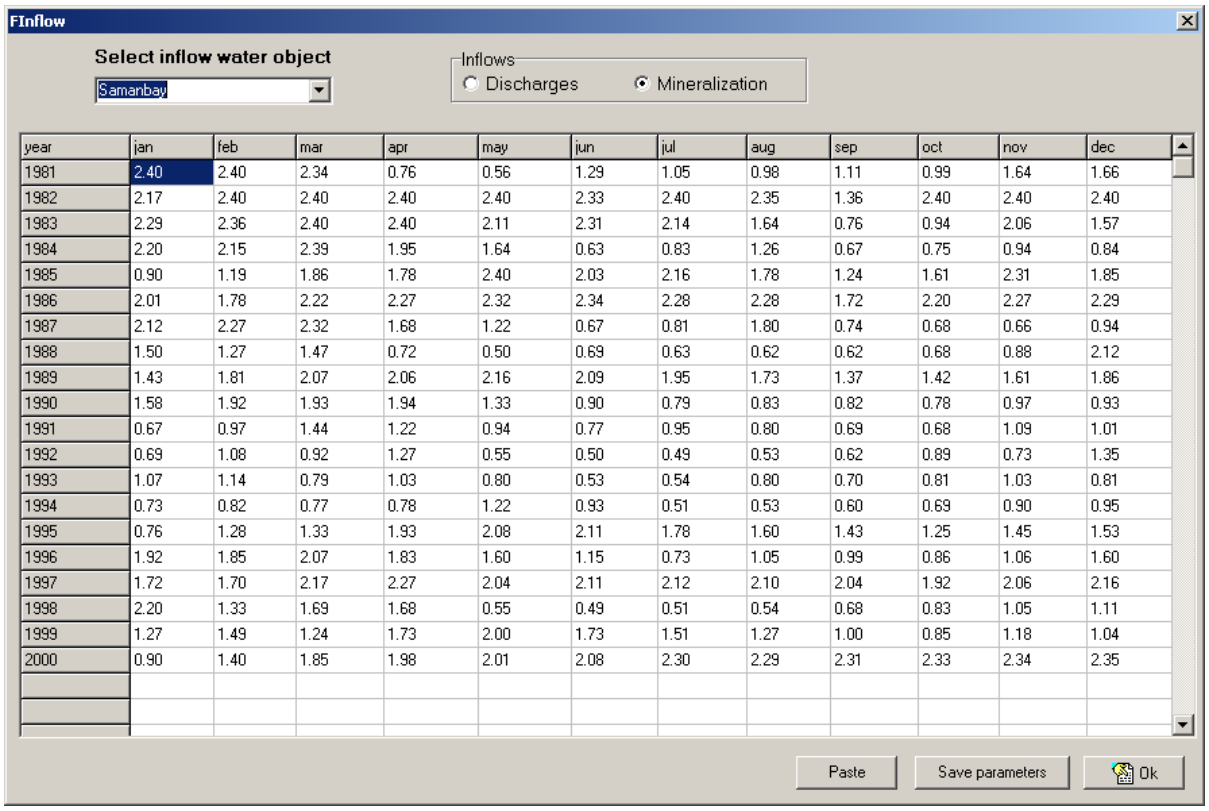


year	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
1981	39.36	47.73	38.57	52.35	53.56	56.38	72.25	63.00	30.40	24.91	39.40	65.14
1982	38.25	36.20	45.81	36.62	52.25	38.16	23.81	22.23	36.10	20.09	24.12	40.04
1983	40.36	20.21	38.01	33.23	49.12	39.47	73.01	108.50	36.07	24.80	38.88	105.60
1984	79.19	47.90	55.83	77.63	64.75	53.60	99.80	116.70	53.00	40.14	47.92	32.89
1985	31.09	47.20	90.07	82.35	39.59	49.24	61.88	101.90	34.73	24.19	24.05	53.25
1986	27.70	60.48	54.56	33.01	21.91	23.13	45.23	72.37	21.29	14.06	15.37	17.22
1987	18.91	27.28	58.44	85.10	40.59	62.00	79.80	92.50	33.57	8.94	11.80	27.20
1988	43.36	43.76	63.42	40.86	50.35	47.43	79.98	107.50	25.87	16.01	16.77	24.45
1989	35.22	46.47	62.51	63.43	27.50	31.73	39.31	52.33	25.72	12.35	12.80	9.00
1990	22.49	26.68	65.27	44.24	42.93	50.07	69.03	108.40	68.06	10.85	12.05	28.73
1991	33.69	29.56	49.74	54.92	59.16	79.57	92.30	107.40	33.29	24.96	14.69	16.45
1992	25.47	56.20	73.44	57.04	50.08	75.86	124.10	126.30	68.92	39.06	30.04	22.15
1993	52.55	48.84	59.46	60.65	51.58	88.86	111.70	117.00	57.67	33.08	29.78	28.20
1994	26.14	25.04	45.83	68.51	85.28	76.67	85.39	109.20	57.63	28.55	20.76	26.94
1995	41.06	62.23	73.39	58.16	41.46	37.84	53.51	63.61	48.08	22.44	12.99	11.17
1996	10.20	13.73	37.34	73.30	64.71	71.07	95.40	100.70	50.13	25.34	15.03	26.68
1997	48.88	31.01	50.22	45.49	51.26	70.50	40.09	42.57	39.29	19.66	13.35	16.79
1998	21.40	23.00	65.60	70.50	65.10	72.20	68.80	80.90	79.80	28.10	10.00	12.00
1999	6.20	0.70	6.90	0.30	4.30	13.60	4.30	18.50	8.80	0.80	6.20	7.70
2000	15.50	11.80	13.90	10.90	0.80	6.40	0.30	0.00	8.80	0.80	6.20	7.70

При изменениях значений их следует сохранять кнопкой “Save parameters”. Без своевременного сохранения скорректированных данных при нажатии на кнопку “Ok” – окно не будет закрываться, выдавая сообщение-напоминание о сохранении данных. Аналогично не будет работать переключатель между расходами и минерализацией, требуя сохранения:



При выборе следующего водного объекта Samanbay через Select inflow water objects, изменяя вид просмотра с расходов на минерализацию, соответственно получаем таблицу минерализации Саманбая.



year	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
1981	2.40	2.40	2.34	0.76	0.56	1.29	1.05	0.98	1.11	0.99	1.64	1.66
1982	2.17	2.40	2.40	2.40	2.40	2.33	2.40	2.35	1.36	2.40	2.40	2.40
1983	2.29	2.36	2.40	2.40	2.11	2.31	2.14	1.64	0.76	0.94	2.06	1.57
1984	2.20	2.15	2.39	1.95	1.64	0.63	0.83	1.26	0.67	0.75	0.94	0.84
1985	0.90	1.19	1.86	1.78	2.40	2.03	2.16	1.78	1.24	1.61	2.31	1.85
1986	2.01	1.78	2.22	2.27	2.32	2.34	2.28	2.28	1.72	2.20	2.27	2.29
1987	2.12	2.27	2.32	1.68	1.22	0.67	0.81	1.80	0.74	0.68	0.66	0.94
1988	1.50	1.27	1.47	0.72	0.50	0.69	0.63	0.62	0.62	0.68	0.88	2.12
1989	1.43	1.81	2.07	2.06	2.16	2.09	1.95	1.73	1.37	1.42	1.61	1.86
1990	1.58	1.92	1.93	1.94	1.33	0.90	0.79	0.83	0.82	0.78	0.97	0.93
1991	0.67	0.97	1.44	1.22	0.94	0.77	0.95	0.80	0.69	0.68	1.09	1.01
1992	0.69	1.08	0.92	1.27	0.55	0.50	0.49	0.53	0.62	0.89	0.73	1.35
1993	1.07	1.14	0.79	1.03	0.80	0.53	0.54	0.80	0.70	0.81	1.03	0.81
1994	0.73	0.82	0.77	0.78	1.22	0.93	0.51	0.53	0.60	0.69	0.90	0.95
1995	0.76	1.28	1.33	1.93	2.08	2.11	1.78	1.60	1.43	1.25	1.45	1.53
1996	1.92	1.85	2.07	1.83	1.60	1.15	0.73	1.05	0.99	0.86	1.06	1.60
1997	1.72	1.70	2.17	2.27	2.04	2.11	2.12	2.10	2.04	1.92	2.06	2.16
1998	2.20	1.33	1.69	1.68	0.55	0.49	0.51	0.54	0.68	0.83	1.05	1.11
1999	1.27	1.49	1.24	1.73	2.00	1.73	1.51	1.27	1.00	0.85	1.18	1.04
2000	0.90	1.40	1.85	1.98	2.01	2.08	2.30	2.29	2.31	2.33	2.34	2.35

Если все параметры сохранены, то кнопка “ОК” закроет текущую форму.

Объекты типа “Ветланд” имеют батиметрию (площадь (га) водоема на заданной отметке (м)) и следующие характеристики:

zMax – максимально возможная отметка наполнения водоема (м),

zMin – минимальная отметка наполнения водоема (м),

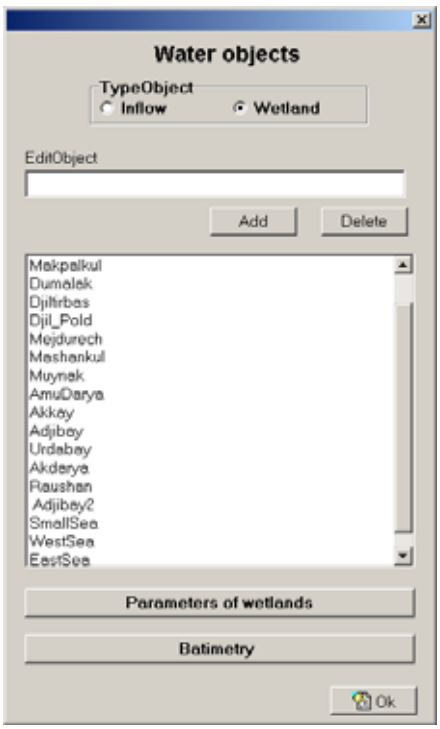
zNorm – нормально подпертый уровень водоема (м),

dzMax – предельный уровень колебания отметки поверхности в зимний период (м),

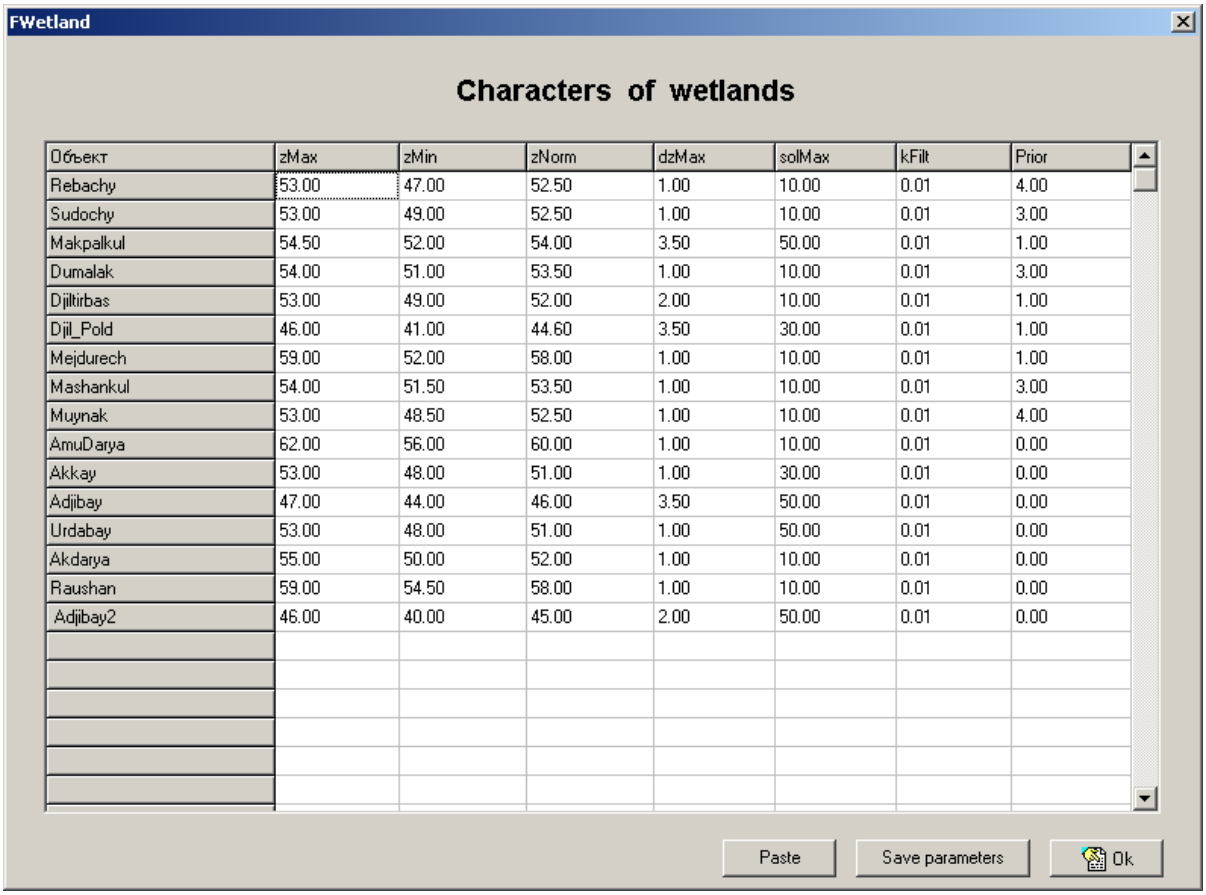
solMax – предельное значение минерализации воды (г/л),

kFilt – коэффициент фильтрации основания,

Prior – приоритет данного водоема в общей системе.



Параметры ветландов



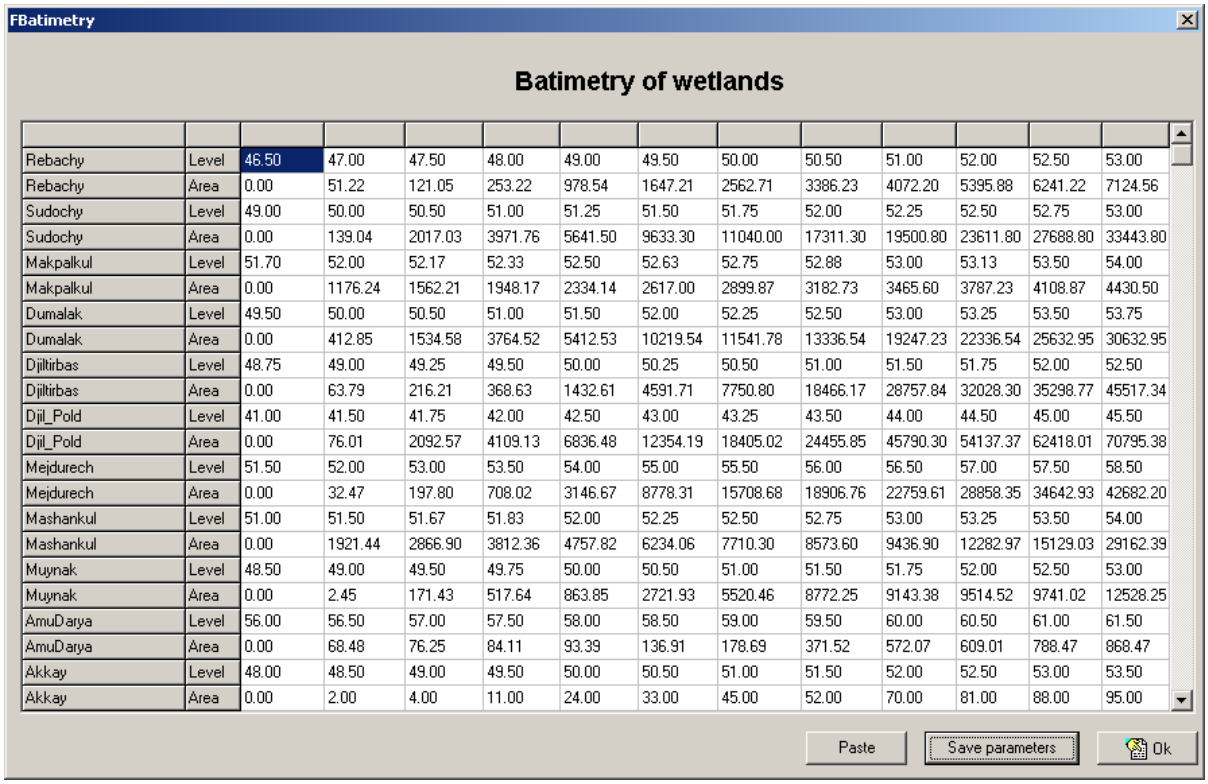
FWetland

Characters of wetlands

Объект	zMax	zMin	zNorm	dzMax	solMax	kFilt	Prior
Rebachy	53.00	47.00	52.50	1.00	10.00	0.01	4.00
Sudochy	53.00	49.00	52.50	1.00	10.00	0.01	3.00
Makpalkul	54.50	52.00	54.00	3.50	50.00	0.01	1.00
Dumalak	54.00	51.00	53.50	1.00	10.00	0.01	3.00
Djiltirbas	53.00	49.00	52.00	2.00	10.00	0.01	1.00
Djil_Pold	46.00	41.00	44.60	3.50	30.00	0.01	1.00
Mejdurech	59.00	52.00	58.00	1.00	10.00	0.01	1.00
Mashankul	54.00	51.50	53.50	1.00	10.00	0.01	3.00
Muynak	53.00	48.50	52.50	1.00	10.00	0.01	4.00
AmuDarya	62.00	56.00	60.00	1.00	10.00	0.01	0.00
Akkay	53.00	48.00	51.00	1.00	30.00	0.01	0.00
Adjibay	47.00	44.00	46.00	3.50	50.00	0.01	0.00
Urdabay	53.00	48.00	51.00	1.00	50.00	0.01	0.00
Akdarya	55.00	50.00	52.00	1.00	10.00	0.01	0.00
Raushan	59.00	54.50	58.00	1.00	10.00	0.01	0.00
Adjibay2	46.00	40.00	45.00	2.00	50.00	0.01	0.00

Paste | Save parameters | Ok

Батиметрия



FBatimetry

Batimetry of wetlands

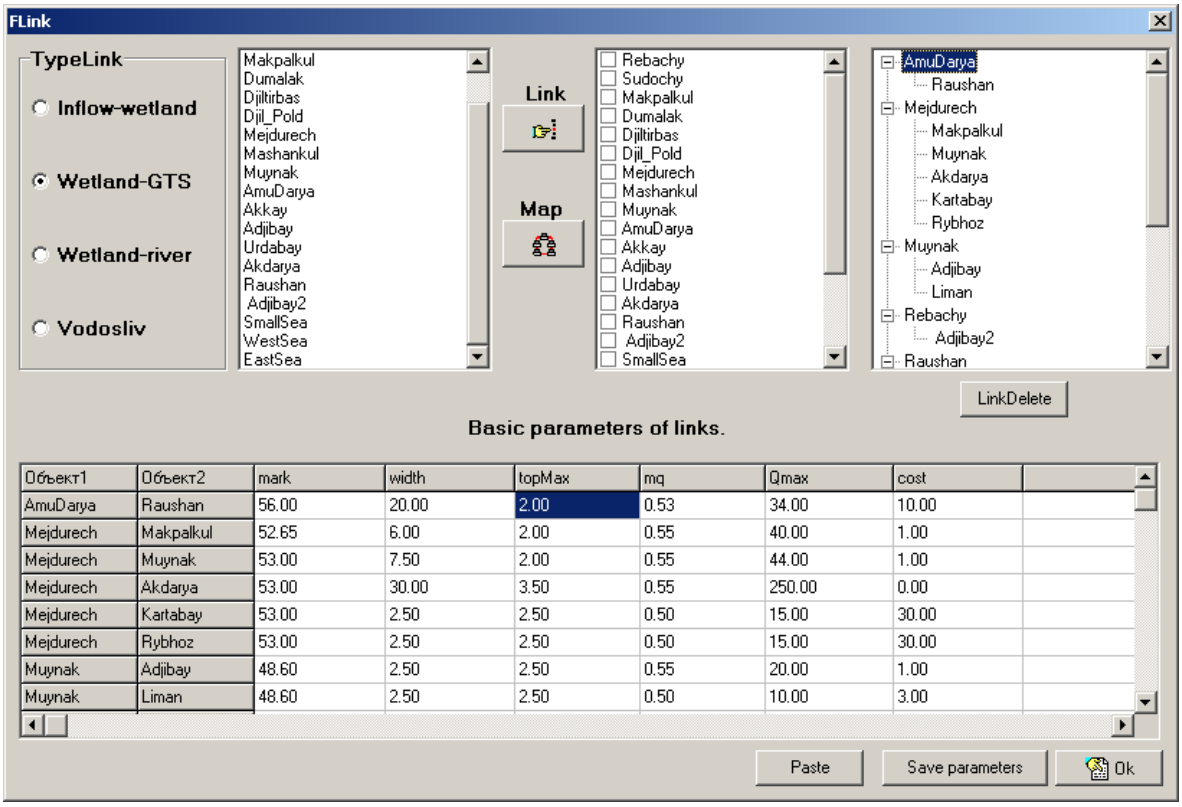
Rebachy	Level	46.50	47.00	47.50	48.00	49.00	49.50	50.00	50.50	51.00	52.00	52.50	53.00
Rebachy	Area	0.00	51.22	121.05	253.22	978.54	1647.21	2562.71	3386.23	4072.20	5395.88	6241.22	7124.56
Sudochy	Level	49.00	50.00	50.50	51.00	51.25	51.50	51.75	52.00	52.25	52.50	52.75	53.00
Sudochy	Area	0.00	139.04	2017.03	3971.76	5641.50	9633.30	11040.00	17311.30	19500.80	23611.80	27688.80	33443.80
Makpalkul	Level	51.70	52.00	52.17	52.33	52.50	52.63	52.75	52.88	53.00	53.13	53.50	54.00
Makpalkul	Area	0.00	1176.24	1562.21	1948.17	2334.14	2617.00	2899.87	3182.73	3465.60	3787.23	4108.87	4430.50
Dumalak	Level	49.50	50.00	50.50	51.00	51.50	52.00	52.25	52.50	53.00	53.25	53.50	53.75
Dumalak	Area	0.00	412.85	1534.58	3764.52	5412.53	10219.54	11541.78	13336.54	19247.23	22336.54	25632.95	30632.95
Djiltirbas	Level	48.75	49.00	49.25	49.50	50.00	50.25	50.50	51.00	51.50	51.75	52.00	52.50
Djiltirbas	Area	0.00	63.79	216.21	368.63	1432.61	4591.71	7750.80	18466.17	28757.84	32028.30	35298.77	45517.34
Djil_Pold	Level	41.00	41.50	41.75	42.00	42.50	43.00	43.25	43.50	44.00	44.50	45.00	45.50
Djil_Pold	Area	0.00	76.01	2092.57	4109.13	6836.48	12354.19	18405.02	24455.85	45790.30	54137.37	62418.01	70795.38
Mejdurech	Level	51.50	52.00	53.00	53.50	54.00	55.00	55.50	56.00	56.50	57.00	57.50	58.50
Mejdurech	Area	0.00	32.47	197.80	708.02	3146.67	8778.31	15708.68	18906.76	22759.61	28858.35	34642.93	42682.20
Mashankul	Level	51.00	51.50	51.67	51.83	52.00	52.25	52.50	52.75	53.00	53.25	53.50	54.00
Mashankul	Area	0.00	1921.44	2866.90	3812.36	4757.82	6234.06	7710.30	8573.60	9436.90	12282.97	15129.03	29162.39
Muynak	Level	48.50	49.00	49.50	49.75	50.00	50.50	51.00	51.50	51.75	52.00	52.50	53.00
Muynak	Area	0.00	2.45	171.43	517.64	863.85	2721.93	5520.46	8772.25	9143.38	9514.52	9741.02	12528.25
AmuDarya	Level	56.00	56.50	57.00	57.50	58.00	58.50	59.00	59.50	60.00	60.50	61.00	61.50
AmuDarya	Area	0.00	68.48	76.25	84.11	93.39	136.91	178.69	371.52	572.07	609.01	788.47	868.47
Akkay	Level	48.00	48.50	49.00	49.50	50.00	50.50	51.00	51.50	52.00	52.50	53.00	53.50
Akkay	Area	0.00	2.00	4.00	11.00	24.00	33.00	45.00	52.00	70.00	81.00	88.00	95.00

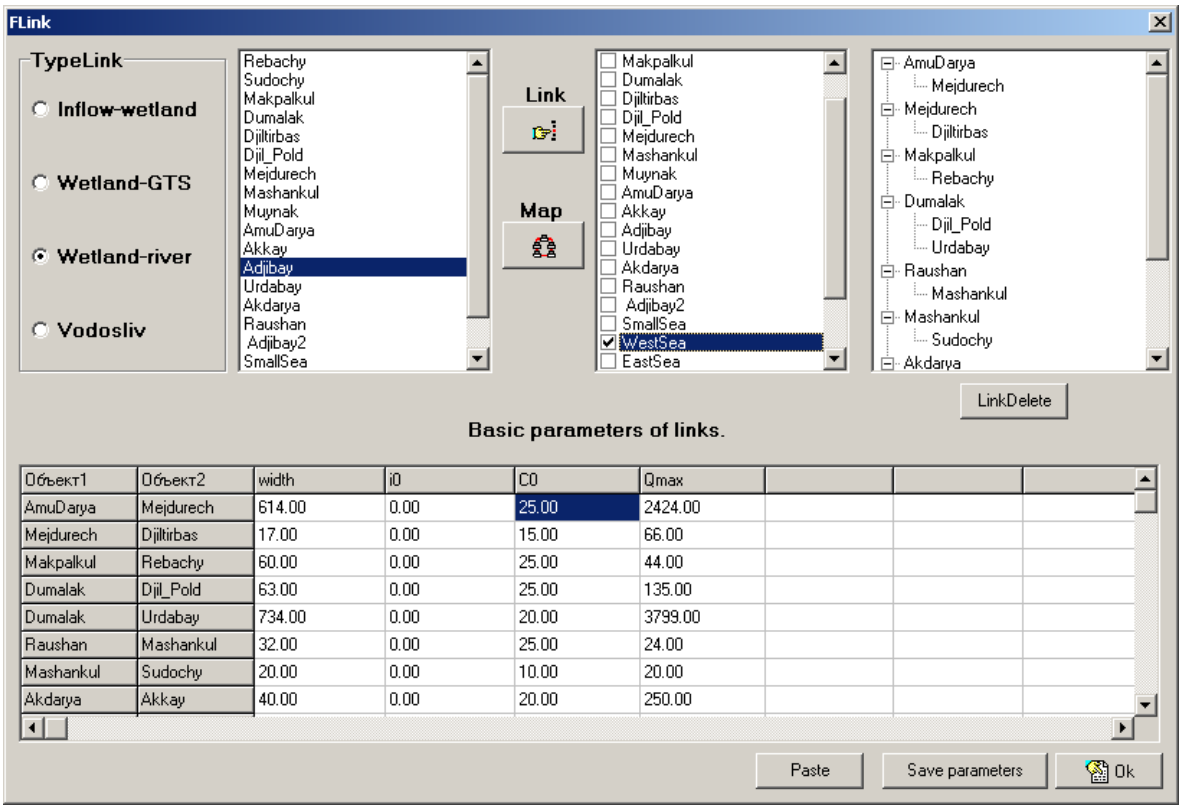
Paste | Save parameters | Ok

При создании связей следует:

1) выбрать тип связи.
2) указать объекты для связи, нажать кнопку “Link”;
3) Справа появится дерево связей, снизу таблица параметров выбранного типа связи.

Кнопка “LinkDelete” служит для удаления отмеченных в дереве связей или подсвязей.
Кнопка “Map” служит для вывода схемы расположения водоемов.





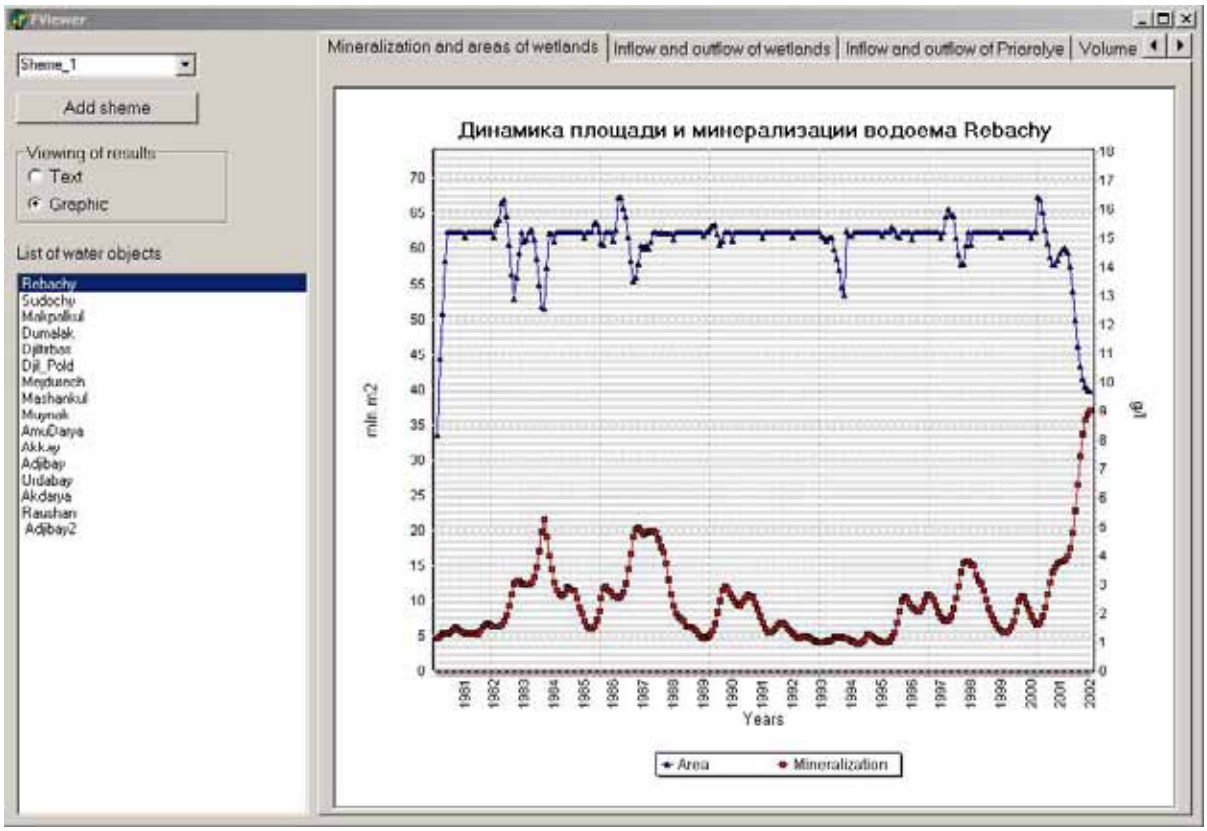
Каждый тип связи характеризуется набором параметров, соответствующих ее типу:
A) Wetland-GTS
Mark - отметка порога сооружения (м),
Width - суммарная ширина пролетов (м),
topMax– максимальное открытие затворов (м),
mq – коэффициент расхода сооружения,
Qmax - максимально допустимое значение расхода ($м^3$/сек),
cost – приоритетность в направлении подачи воды
B) Wetland-river:
Width – ширина (м),
i0 – уклон,
C0 – коэффициент Шези,
Qmax – максимально допустимое значение расхода ($м^3$/сек).
C) Vodosliv:
Mark – отметка порога водослива (м),
Width – суммарная ширина пролетов (м),
mq – коэффициент расхода водослива,

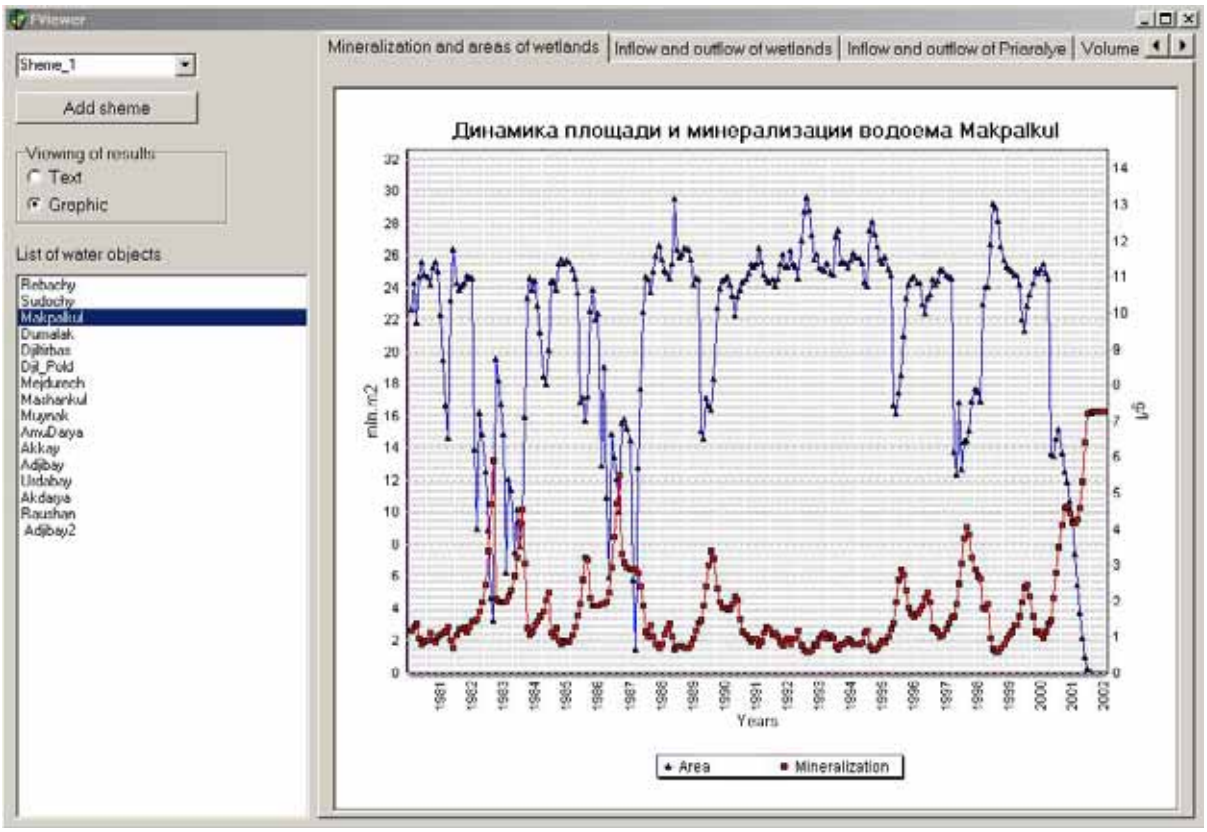
Когда все водные объекты и связи между ними определены, заданы все необходимые параметры, схема сохраняется и рассчитывается по модели.

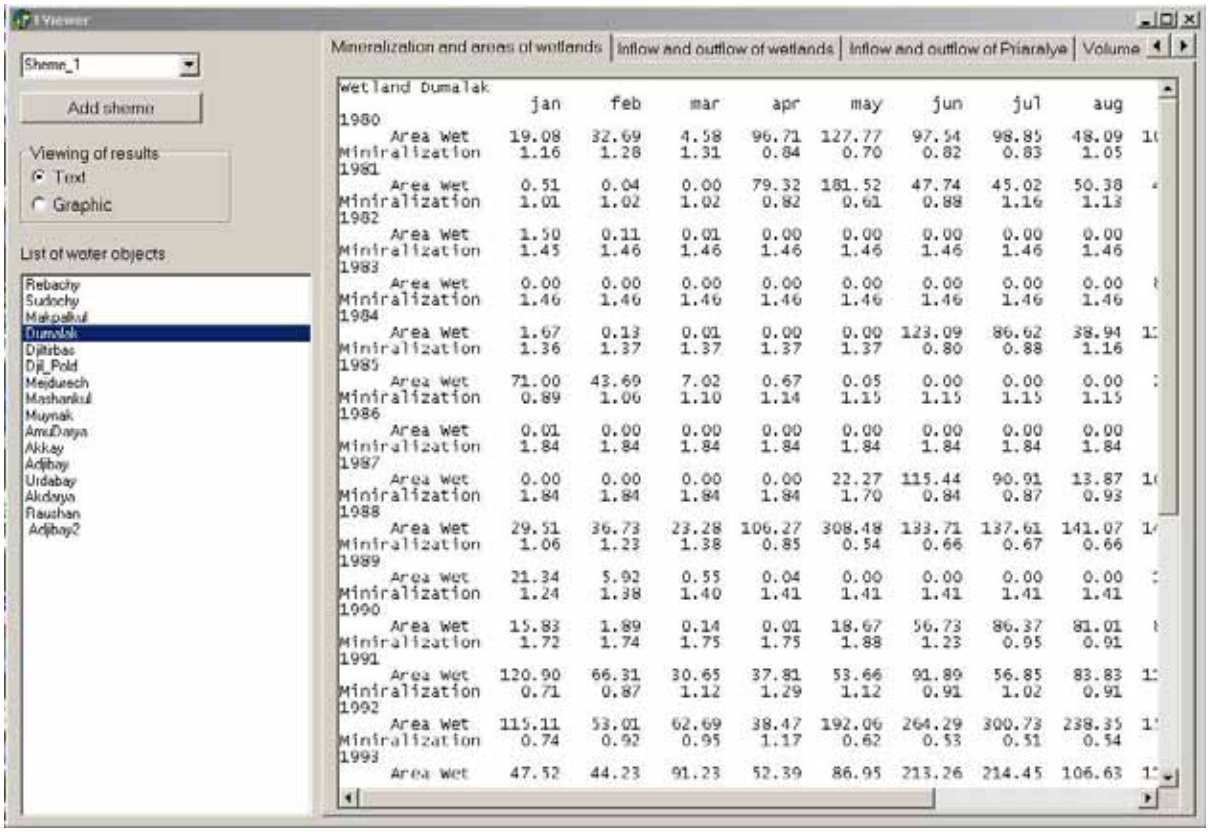
Результаты расчета представлены ниже.

Информацию можно просматривать по уже рассчитанным схемам в текстовом или графическом виде.

На каждой вкладке-странице представлена информация в форме различного рода диаграмм.

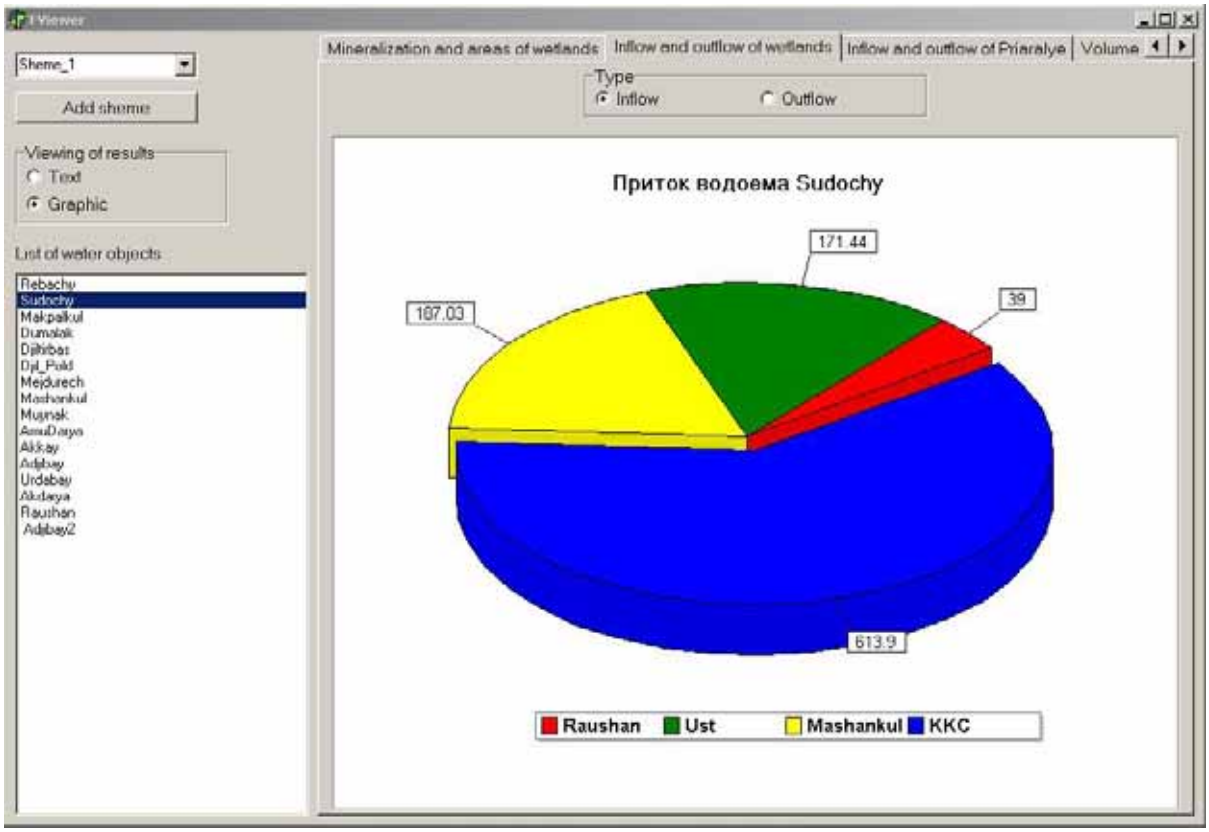

FViewer
Sheme_1
Add sheme
Viewing of results
Text
Graphic
List of water objects
Rebachy
Sudochy
Makpalkul
Dumalak
Djiltirbas
Djil_Pold
Mejdurech
Masharkul
Muynak
AmuDarya
Akkay
Adjibay
Urdabay
Akdarya
Raushan
Adjibay2
Mineralization and areas of wetlands
Inflow and outflow of wetlands
Inflow and outflow of Priaralye
Volume
Динамика площади и минерализации водоема Rebachy
mln.m2
g/l
Years
Area
Mineralization

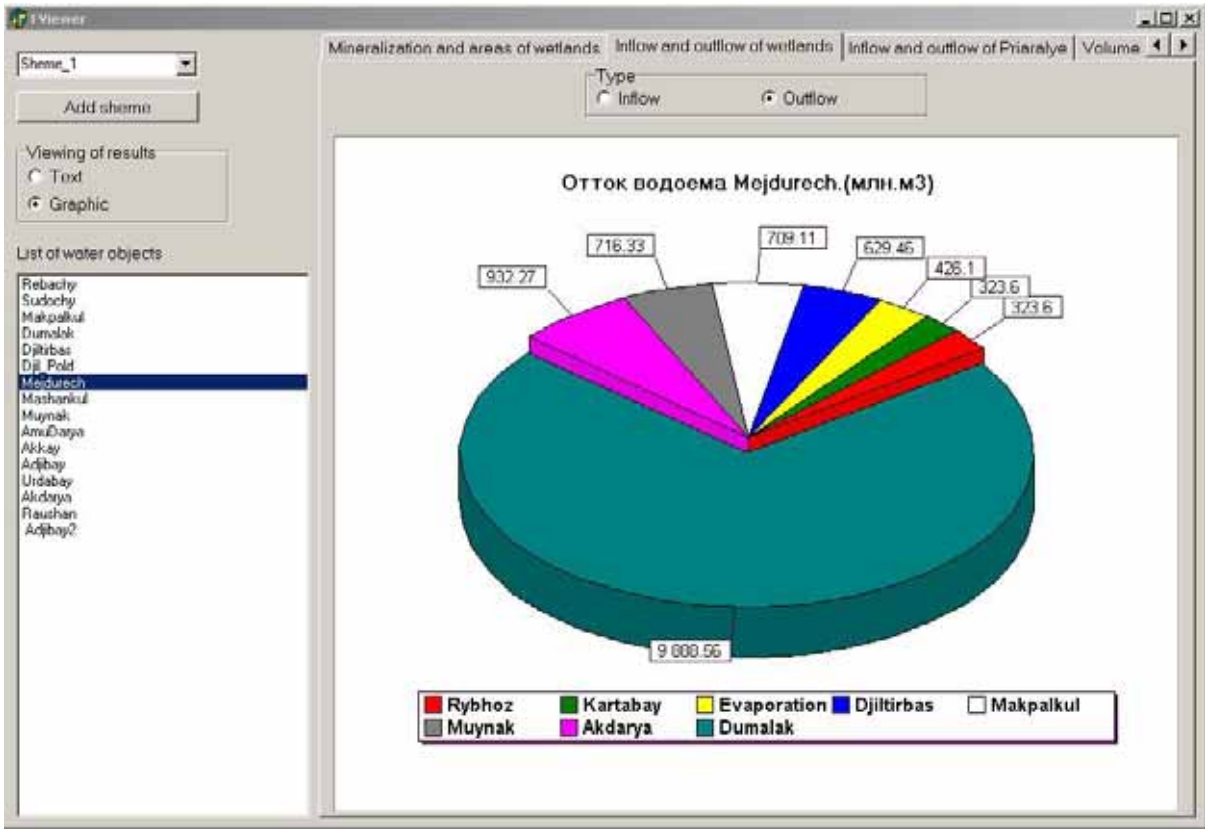

FViewer
Sheme_1
Add sheme
Viewing of results
Text
Graphic
List of water objects
Rebachy
Sudochy
Makpalkul
Dumalak
Djiltirbas
Djil_Pold
Mejdurech
Masharkul
Muynak
AmuDarya
Akkay
Adjibay
Urdabay
Akdarya
Raushan
Adjibay2
Mineralization and areas of wetlands
Inflow and outflow of wetlands
Inflow and outflow of Priaralye
Volume
Динамика площади и минерализации водоема Makpalkul
mln.m2
g/l
Years
Area
Mineralization

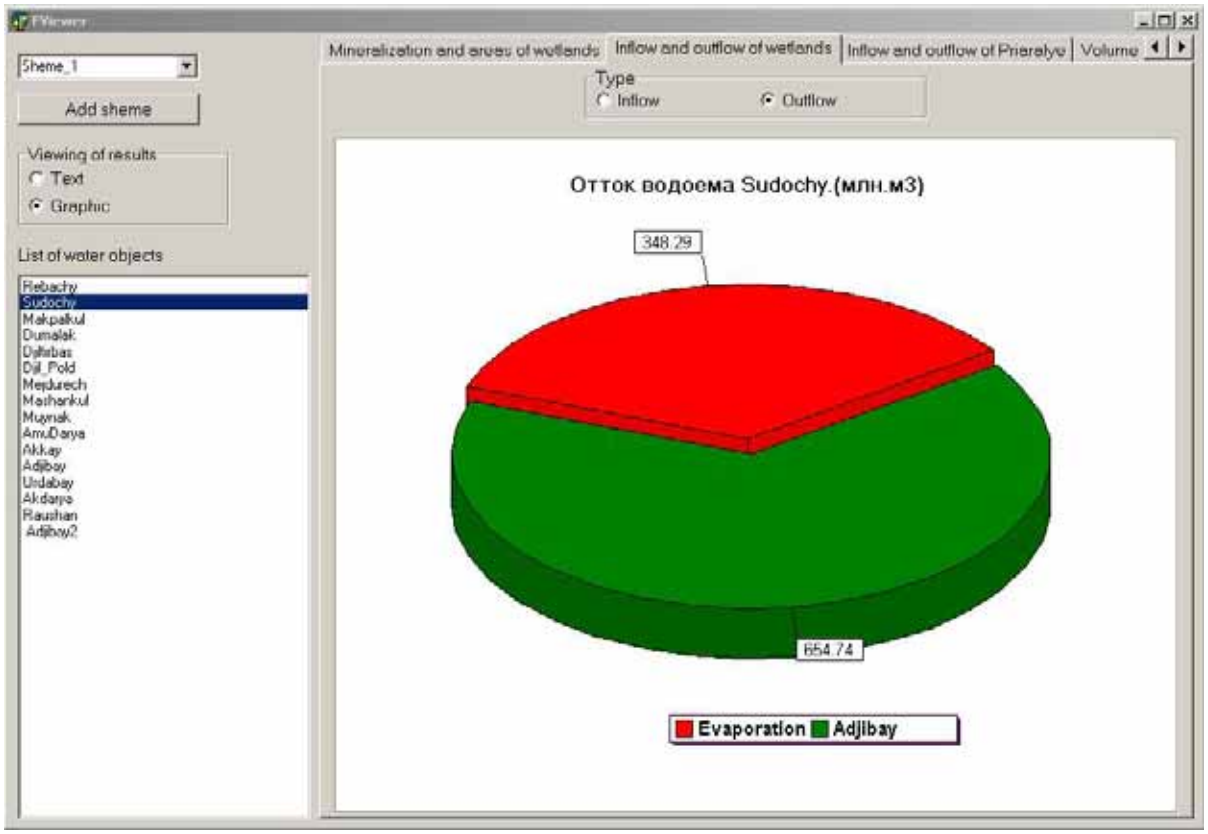


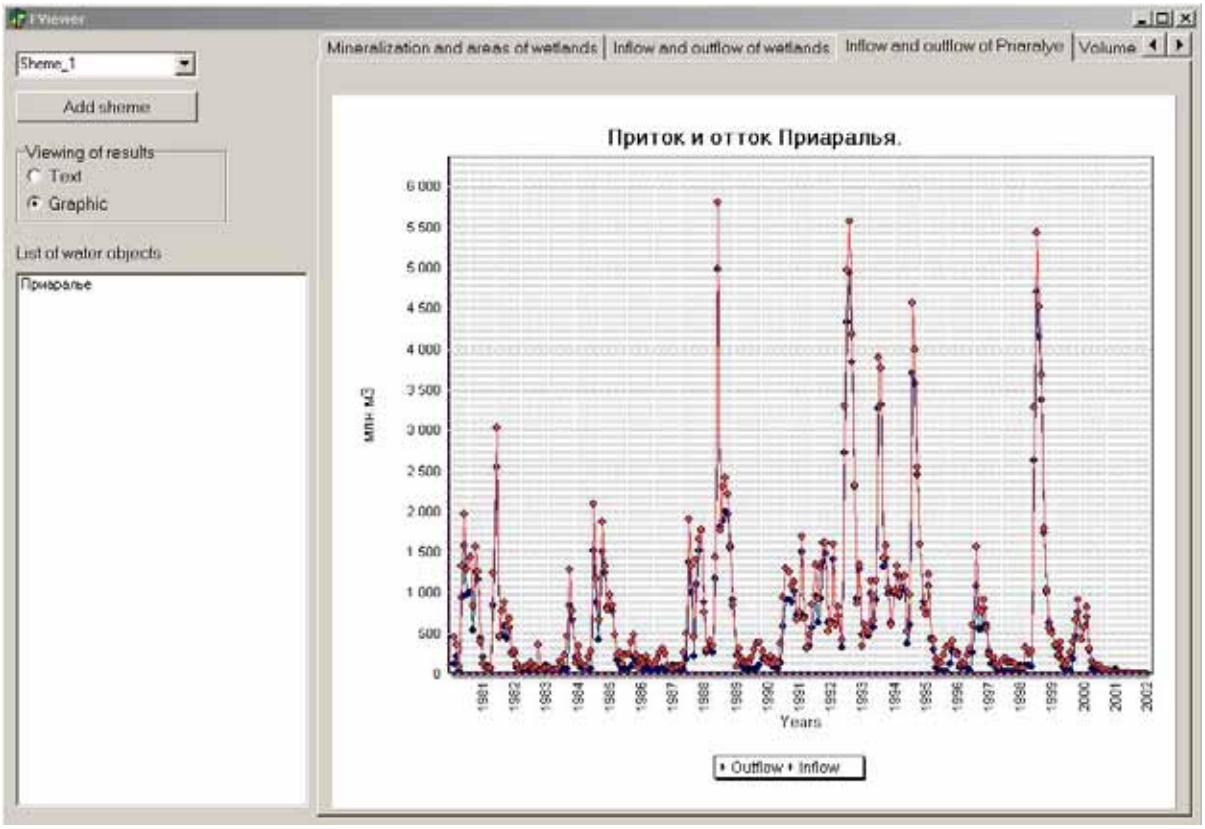
Wetland Dumalak

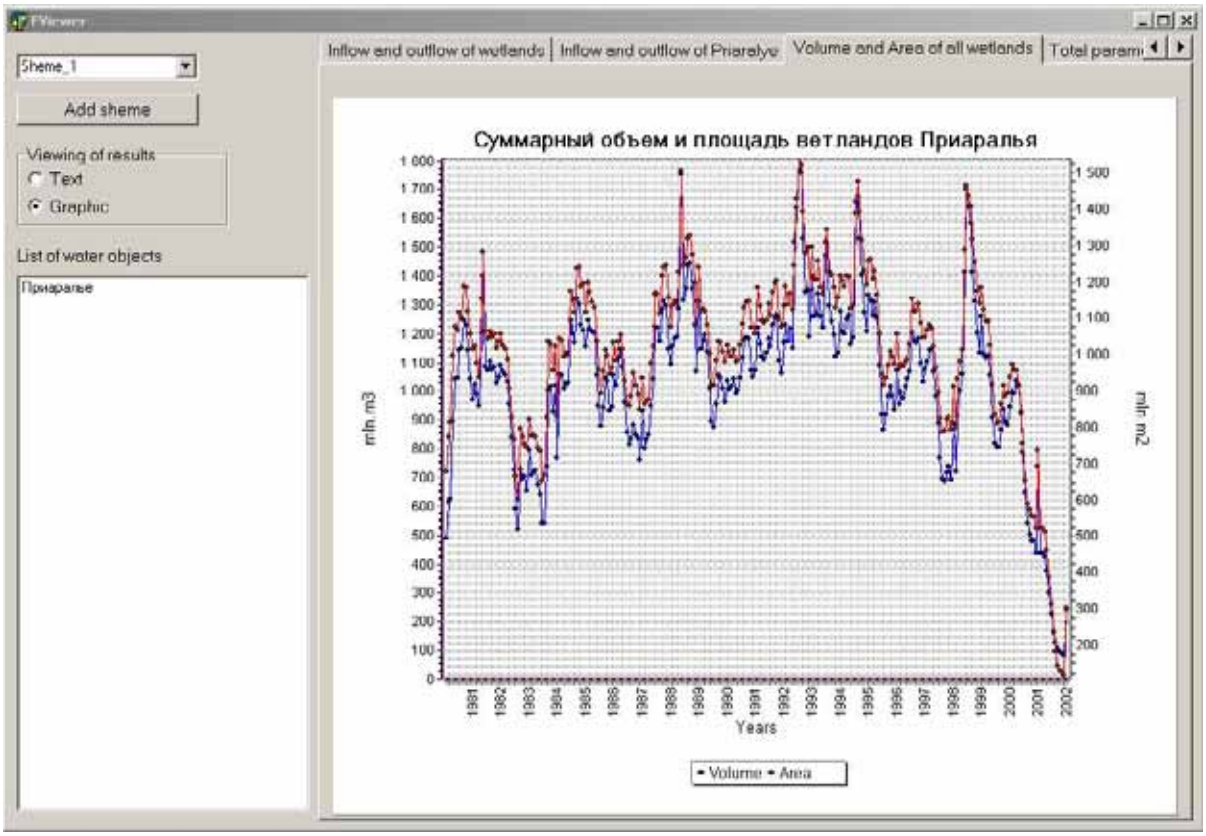
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug
1980								
Area Wet	19.08	32.69	4.58	96.71	127.77	97.54	98.85	48.09
Miniralization	1.16	1.28	1.31	0.84	0.70	0.82	0.83	1.05
1981								
Area Wet	0.51	0.04	0.00	79.32	181.52	47.74	45.02	50.38
Miniralization	1.01	1.02	1.02	0.82	0.61	0.88	1.16	1.13
1982								
Area Wet	1.50	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Miniralization	1.45	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
1983								
Area Wet	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Miniralization	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
1984								
Area Wet	1.67	0.13	0.01	0.00	0.00	123.09	86.62	38.94
Miniralization	1.36	1.37	1.37	1.37	1.37	0.80	0.88	1.16
1985								
Area Wet	71.00	43.69	7.02	0.67	0.05	0.00	0.00	0.00
Miniralization	0.89	1.06	1.10	1.14	1.15	1.15	1.15	1.15
1986								
Area Wet	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Miniralization	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84
1987								
Area Wet	0.00	0.00	0.00	0.00	22.27	115.44	90.91	13.87
Miniralization	1.84	1.84	1.84	1.84	1.70	0.84	0.87	0.93
1988								
Area Wet	29.51	36.73	23.28	106.27	308.48	133.71	137.61	141.07
Miniralization	1.06	1.23	1.38	0.85	0.54	0.66	0.67	0.66
1989								
Area Wet	21.34	5.92	0.55	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Miniralization	1.24	1.38	1.40	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
1990								
Area Wet	15.83	1.89	0.14	0.01	18.67	56.73	86.37	81.01
Miniralization	1.72	1.74	1.75	1.75	1.88	1.23	0.95	0.91
1991								
Area Wet	120.90	66.31	30.65	37.81	53.66	91.89	56.85	83.83
Miniralization	0.71	0.87	1.12	1.29	1.12	0.91	1.02	0.91
1992								
Area Wet	115.11	53.01	62.69	38.47	192.06	264.29	300.73	238.35
Miniralization	0.74	0.92	0.95	1.17	0.62	0.53	0.51	0.54
1993								
Area Wet	47.52	44.23	91.23	52.39	86.95	213.26	214.45	106.63

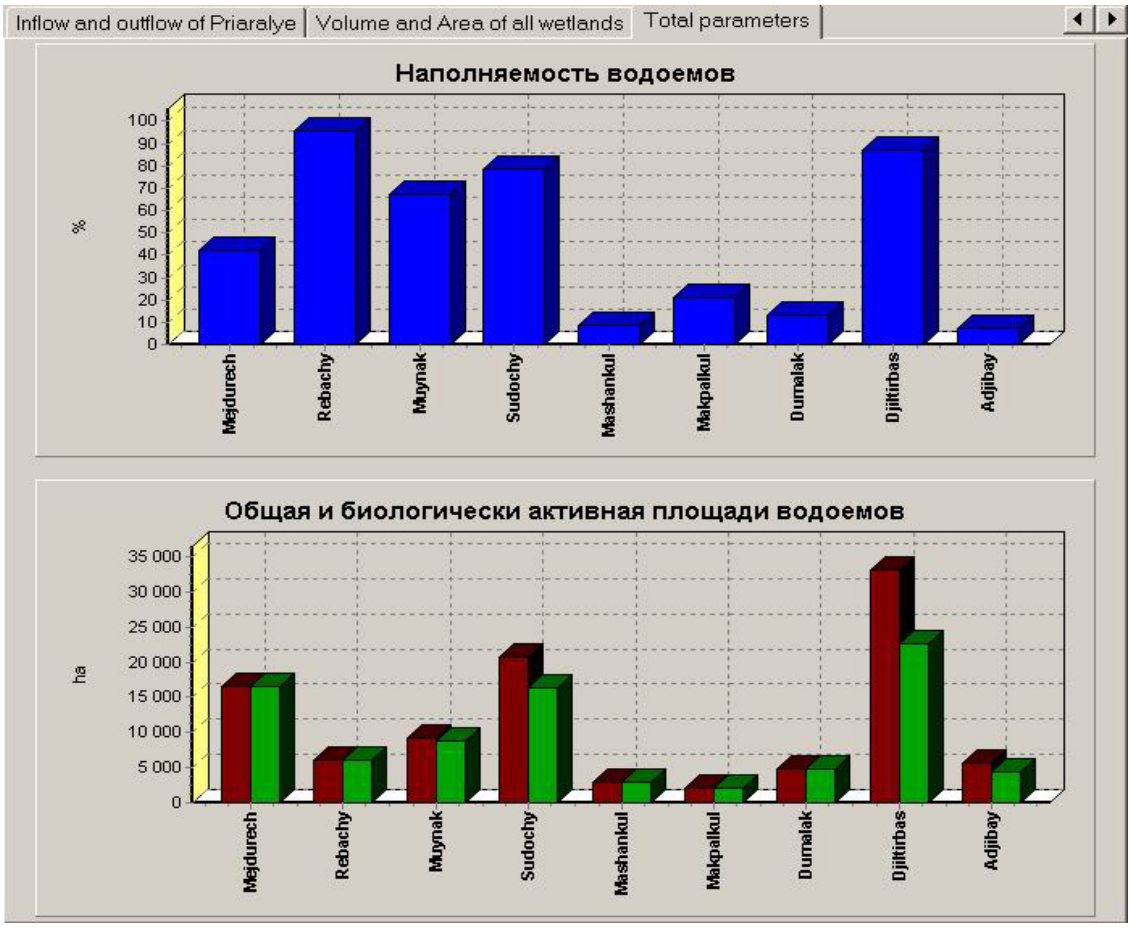



Sheme_1
Add sheme
Viewing of results
Text
Graphic
List of water objects
Rebachy
Sudochy
Makpalkul
Dumalak
Djiltirbas
Djil_Pold
Mejdurech
Mashankul
Muynak
AmuDarya
Akkay
Adjibay
Urdabay
Akdarya
Raushan
Adjibay2
Mineralization and areas of wetlands
Inflow and outflow of wetlands
Inflow and outflow of Priaralye
Volume
Type
Inflow
Outflow
Отток водоема Mejdurech.(млн.м3)
716.33
709.11
629.46
426.1
323.6
373.6
932.27
9 888.56
Rybhoz
Kartabay
Evaporation
Djiltirbas
Makpalkul
Muynak
Akdarya
Dumalak


Sheme_1
Add sheme
Viewing of results
Text
Graphic
List of water objects
Rebachy
Sudochy
Makpalkul
Dumalak
Djiltirbas
Djil_Pold
Mejdurech
Mashankul
Muynak
AmuDarya
Akkay
Adjibay
Urdabay
Akdarya
Raushan
Adjibay2
Mineralization and areas of wetlands
Inflow and outflow of wetlands
Inflow and outflow of Priaralye
Volume
Type
Inflow
Outflow
Отток водоема Sudochy.(млн.м3)
348.29
654.74
Evaporation
Adjibay


Sheme_1
Add sheme
Viewing of results
Text
Graphic
List of water objects
Приаралье
Mineralization and areas of wetlands
Inflow and outflow of wetlands
Inflow and outflow of Priaralye
Volume
Приток и отток Приаралья.
млн м3
Years
Outflow
Inflow


Sheme_1
Add sheme
Viewing of results
Text
Graphic
List of water objects
Приаралье
Inflow and outflow of wetlands
Inflow and outflow of Priaralye
Volume and Area of all wetlands
Total parami
Суммарный объем и площадь ветландов Приаралья
mln m3
mln m2
Years
Volume
Area



12.3. Организация основы управления ветландами

В настоящее время каждая отрасль народного хозяйства занимается своими прямыми обязанностями и подчиняется разным ведомствам и министерствам, а единая система управления природно-хозяйственным и водохозяйственным комплексом отсутствует. Они не имеют между собой связи, что в свою очередь, в конечном итоге, приводит к нерациональному использованию и истощению природных ресурсов.

Предлагается организовать управление дельтой на принципах ИУВР. Несколько печальный опыт Координационного Совета по управлению Судочьим оставил недоверие к возможности и перспективам таких организаций. Тем не менее, зарубежный опыт, особо опыт Голландии, Франции, Испании и других европейских государств свидетельствует, что при правильной постановке структуры, при соответствующем обеспечении ее юридической, финансовой и др. основы такая организация при очень малых затратах может делать очень полезное дело.

Предлагается осуществить организационную форму управления в виде "Консорциума водохозяйственной деятельности дельты Амударьи". Создание такого «Консорциум» на республиканском и местном уровне даст возможность скоординировать деятельность всех организаций, осуществляющих ее на территории этих дельтовых и приморских озер с местными органами власти, районными хакимиятами и другими заинтересованными организациями. Это даст возможность резко поднять производство рыбной продукции, ондатры и др., а самое главное – в большей степени будет решен вопрос занятости населения, а также охраны и развития дельты, что является основной проблемой в этих зонах на сегодняшний день.

Консорциум будет объединять в качестве учредителей всех заинтересованных в восстановлении и эксплуатации дельты организаций в один кулак, в частности:

- ассоциации по управлению и использованию воды (райводхозы, и мелкие водопотребители);

- объединение и координация деятельности строительных организаций и службы эксплуатации (ПМК, тресты, районные и хозяйственные службы эксплуатации);
- службы по охране природного комплекса и водных объектов (Госкомприрода);
- ассоциации фермеров, рыбаков, ондатровых промыслов;
- рыбзаводы и цехи по воспроизводству рыбы;
- сельскохозяйственное производство фермеров, занимающихся сельским хозяйством в проектной зоне (Муйнакский, Кунградский, Чимбайский и Тахтакупырский районы);
- создание и расширение животноводческих фермерских хозяйств (животноводы, производители и воспроизводители животноводческой продукции);
- управление лесным хозяйством;

Все эти целевые группы и бенефициарии будут пользоваться услугами Консорциума. В качестве его учредителей должны выступить республиканские органы:
- Госкомприроды;
- Минсельводхоза;
- "Узбек балык";
- Лесного хозяйства;
- а также БВО "Амударья".

Основной деятельности "Консорциума" должно стать:
- юридическое закрепление за ним охраны и пользования всех водных, лесных и охраняемых угодий дельты;
- передача ему всеми республиканскими органами своих прав на лицензирование и разрешительную систему всех видов деятельности, осуществляемых в Приаралье (рыбоводство, лесоводство, землеводство, охота и т.д.);
- самостоятельность в развитии и привлечении различных заинтересованных лиц в организации рыбоводства, животноводства, сельского хозяйства, подсобных промыслов, переработки тростника и т.д.

"Консорциум" заключит соглашение с БВО "Амударья" на поставку водных ресурсов, информационное обслуживание и предупреждение возможност изменения водоподачи.

В результате создания Консорциума создается возможность для развития дельты, имея в виду:
- организационную и экономическую поддержку организаций и др. хозяйствующим субъектаов, которые сегодня подчиняются различным министерствам и ведомствам в связи отсутствием единой системы управления природно-хозяйственными, водохозяйственными и др. организациями, производителями (рыба, ондатра, сельское хозяйство, животноводство и др.);
- улучшение положения различных целевых групп таких как ассоциация фермеров, аппарат, районных водхозов, предприятия малого и среднего бизнеса.
- открытие широких возможностей по созданию частных фермерских рыбхозов, ондатроводческих, звероводческих, животноводческих хозяйств, благодаря чему значительная часть населения будет обеспечена работой и, соответственно, при правильном введение хозяйства будет получать доходы.

При осуществлении проекта будут получать большую выгоду бенефициарии, т.е. более уязвимая часть населения, которое в настоящее время находится в трудном экономическом положении. Эта идея была выдвинута НПО Каракалпакии (Эко "Приаралья", "Персент" и др.) и прошла предварительное обсуждение на правительственном уровне (Совет Министров Республики Каракалпакстан и Министерства, Каракалпакбалык, Госкомприрода и др.) на уровне районных и ведомственных организаций и получила одобрение с некоторыми замечаниями и предложениями.

В целом идею создания «Консорциума» поддерживает большинство представителей организаций, как Госкомприрода, хакимият Муйнакского района, Каракалпакбалык. С большим

интересом к ней относятся бенефициарии, особенно по созданию частных фермерских рыбхозов, которые будут объединяться с «Каракалпакбалык».

XIII. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

В соответствии с методическими подходами, предложенными НИЦ МКВК в работе "Оценка социально-экономических последствий экологического бедствия – усыхания Аральского моря" (проект INTAS RFBR – 1733), предложена определенная классификация потерь как прямых экономических, так и социальных и экологических.

В отличие от чисто производственных проектов, где эффект определяется по сопоставлению доходов "до и после", при определении эффективности проектов, имеющих социальную и экологическую направленность, необходимо учитывать, в какой степени проекту удается снизить те суммарные потери, которые несут с собой существующие тенденции и тренды.

На основании этой идентификации предложена следующая классификация социально-экономических потерь:

1.Прямые потери:

1.1. В сельском хозяйстве:

- в орошаемом земледелии в зоне влияния моря;
- в рыбоводстве вследствие уменьшения вылова рыбы;
- в ондатроводстве;
- в животноводстве;

1.2. В рекреации и туризме.

1.3. В промышленности:

- в рыбной промышленности;
- в выработке пушнины;
- при переработке тростника;

1.4. На транспорте (снижение объемов перевозок)

2. Социальные потери:

- миграция населения
- потеря квалифицированных кадров
- ущерб здоровью
- ухудшение условий жизни
- ухудшение водоснабжения
- ухудшение обеспечения населения продуктами питания
- потеря национального дохода
- рост безработных и потеря рабочих мест.

Для определения прямого эффекта необходимо было оценить, в какой степени под влиянием проекта будет увеличиваться воспроизводство и отлов рыбы, ее переработка, увеличение поголовья, отлова и переработки ондатры, а также наличие и укос тростника с его последующей переработкой.

С этой целью в составе математического комплекса моделей была доработана модель биопродуктивности ветландов.

При расчёте биопродуктивности тростника учитывалось, что растение предъявляет следующие требования к окружающей среде: глубина водоёмов в зоне активного роста не должна превышать 1,0-1,2 м, минерализация воды - 15 г/дм3. При этих условиях биопродуктивность

тростника составит в среднем 20 ц/га сухого веса. Продуктивность луговых форм тростниковых зарослей в зависимости от уровня грунтовых вод и засолённости почв бывает обычно в 2-4 раза ниже продуктивности водных угодий.

После анализа этих условий была выведена зависимость сухого веса тростника от его площади. Она выглядит следующим образом:

$$M_j^{с.в.}(S) = Area_j^r \times \frac{S^r}{S^r + (S_j / S^r)\text{^}2.5} \times P^r, \qquad (13.1)$$

где $S^к$ - значение минерализации, при котором продуктивность тростника начинает уменьшаться; это значение было принято 5 г/л.

$P^к$ - максимальное значение продуктивности тростника (при низкой минерализации), было принято 16 ц/га.

При расчёте биопродуктивности ондатры принималось, что средний приплод одной самки составляет 17 детёнышей, естественная смертность принята равной 30% и допустимый отлов зверьков на шкурки не должен превышать 30% от общей численности популяции. Ондатра населяет водные заросли тростника, составляющие, примерно, 30% от общей площади тростниковых угодий. Остальная площадь тростниковых зарослей практически не пригодна для обитания зверьков (табл. 13-1).

Таблица 13-1. Типология ондатровых угодий вэтланда озера Судочье и динамика выхода шкурок

Показатель	**1960-1970 гг.**				**1990-1995 гг.**				**1999 г.**			
Качество угодий	Л	Х	У	П	Л	Х	У	П	Л	Х	У	П
Площадь (%)	20,0	35,0	40,0	5,0	5,0	9,0	30,0	55,0	1,0	2,0	38,0	59,0
Биологическая продуктивность (семей на 1 га)	3,0-5,0	2,0-3,0	1,0-1,5	0,2-0,5	3,0	1,0-2,0	0,5-0,9	0,1-0,5	2,0-3,0	1,5-2,0	0,5-1,0	0,1-0,5
Хозяйственная продуктивность (шкурок на 1 га)	20,0-30,0	15,0-20,0	7,0-12,0	1,0-3,0	20,0	14,0-20,0	5,0-9,0	5,0-9,0	10,0-15,0	8,0-10,0	5,0-7,0	1,0-2,0

Л - Лучшие; Х - Хорошие; У - Удовлетворительные; П - Плохие

В таблице приведены данные по хозяйственной продуктивности популяции ондатры на водоёмах озера Судочье в период с 1960 по 1999 гг. Для расчёта продуктивности ондатры принято допущение, что после реализации мероприятий по восстановлению экологического режима Южного Приаралья качество угодий будет относено к типу «хорошие».

Экстремальное маловодье 2000-2001 г. привело практически к полному уничтожению угодий, пригодных для обитания ондатры, и, как следствие этого, к практически полному исчезновению этих животных. Восстановление популяции ондатры потребует интродукции новой партии животных (желательно не менее 50 пар) и запрета промышленного лова в течении, как минимум, двух лет.

При расчёте продуктивности рыбного стада принималась, что естественная биопродуктивность водоёмов с учётом присутствия растительноядных рыб составляет в среднем 50 кг/га. При этом рыбное стадо для своего развития и активного размножения требует, чтобы содержание растворенного в воде кислорода было не ниже 4-5 мг/дм^3, минерализация воды в период нереста и ранних стадий развития мальков - не выше 5 мг/л, для нагула взрослых стадии рыб – не выше 10-15 г/дм^3, а средняя глубина водоёмов - не ниже 1,5 м.

Осолонение и усыхание водоёмов Южного Приаралья в период прошедших маловодных лет в купе с тотальным обловом оставшихся водоёмов привело к потере воспроизводственного

стада промысловых рыб. Вследствие этого рыбопродуктивность восстановившихся водоёмов в первые три-четыре года, необходимых для воссоздания племенного косяка рыб, не будет характеризоваться высокими показателями. Основную часть промысла в этот период будут составлять рыбы, проникшие во внутридельтовые водоёмы вместе с речной водой.

Построен алгоритм расчета продуктивности рыб в зависимости от площади водоема и его минерализации. Опишем данный алгоритм.

В начале года фиксировалось количество рыбы каждого возраста. Затем из этого значения вычиталось количество рыбы, вылавливаемое рыбаками, а также количество рыбы, съедаемое птицами.

Также была выведена формула зависимости количества рыбы от уровня минерализации водоема.

$$K_f(S) = K_0 \times \frac{S_j^f}{S_j^f + (S / S_j^f)\text{^}5}, \qquad (13.2.)$$

где S^f - значение минерализации, при котором она начинает оказывать существенное влияние на популяцию взрослой рыбы; по рекомендациям экологической группы значение S^f было принято равным 15 г/л;

K_0 - максимальное количество рыбы, без учета влияния минерализации.

Количество рыбы, вылавливаемое рыбаками, определялось в соответствии с временными периодами высокой минерализации.

При этом учитывалась воздействие на численные показатели продуктивности выедание рыб рыбоядными видами птиц. Для модели было принято, что птицы съедают 3 кг с гектара, причем это только однолетняя и двухлетняя рыба.

Для моделирования воспроизводства рыбы была определена зависимость количества выжившей икры от минерализации. Она определялась в виде количества рыбы, которая появится на следующий год (однолетней).

$$K_{f0}(S) = P^{f0} \times \frac{S^{f0}}{S^{f0} + (S_j / S^{f0})\text{^}5}, \qquad (13.3.)$$

где S^{f0} - значение минерализации, при котором она начинает оказывать существенное негативное влияние на икру; по рекомендациям экологической группы значение S^{f0} было принято равным 5 г/л;

P^{f0} - максимальный прирост массы рыбы в год; было принято равным 30 кг/год.

Как видно из формулы, максимальное количество однолетней рыбы, не может превышать 30 кг. Если при моделировании фиксировалось усыхание водоема, то в последующие два года определялось, что улов не будет вестись.

Расчеты (табл. 13-2) показывают, что прибыль от всех видов прямой экономической деятельности за период существования комплекса составляет 236 млн. долл. США при среднегодовом размере прибыли 5,7 млн. долл. США.

Наряду с этим главный эффект достигается от снижения ущерба, имеющего место вследствие усыхания Аральского моря, опустынивания территории и т. д.

Уменьшение ущерба включает в себя предотвращение-снижение как экологических, так и социальных потерь, которые являются основополагающими факторами, так как они непосредственно влияют на благосостояние местного населения.

Таблица 13-2. Предотвращенный ущерб

Итого предотвращенных потерь	Ед. изм.	В среднем за год
Экологии	тыс. $	12250,0
Животноводству	тыс. $	2844,0
Потеря квалифицированных кадров	тыс. $	218,8
Здоровью населения	тыс. $	390,3
Увеличение продолжительности жизни	тыс. $	439,1
В результате улучшения жизненых условий	тыс. $	4162,0
Итого среднегодовые предотвращенные потери	тыс. $	**20304,2**

1. Снижение социальных потерь

Из проекта INTAS/RFBR 1733 известно, что социальные потери по году, приведенному к 1995г., составляет 28,81 млн. долларов, в т. ч.:

- миграция населения – 0,25 млн. долл. США;
- потеря квалифицированных кадров – 4,4 млн. долл. США;
- ущерб здоровью – 1,65 млн. долл. США;
- уменьшение продажи электроэнергии – 3,51 млн. долл. США;
- ухудшение жизненных условий – 19,0 млн. долл. США

По последним данным, не считая два крайне маловодных года, за последние 5 – 8 лет эти показатели стабилизировались и не наращиваются.
Определим, какая часть этого ущерба будет снята в разнице осуществления мероприятий на конечный сроки достижения продуктивности. Для этого определим количество людей, вовлеченных в работу по реализации проекта:

- потребность людей в строительстве растет с 1000 до 2500 человек, при выработке 4 тыс. долл. на человека в год. Таким образом, полностью остановится миграция трудоспособного населения, ориентировочно в расчетах 1750 человек в год;
- на основе развития проекта трудовые места увеличиваются:

a) в эксплуатации водохозяйственного комплекса – 250 человек;
b) рыболовстве – 500 человек;
c) охотники и егеря – 250 человек;
d) промышленная переработка рыбы и ондатры – 1000 человек;
e) животноводство – 1800 человек;
f) переработка тростника – 800 человек;
g) транспорт – 500 человек

Итого без строительства 5100 человек
С учетом строительства (в среднем 1750) 6850 человек
Сфера обслуживания обычно составляет 30 % работающего населения – 2055 человек
Итого 8905 человек
Общее количество населения, получающее постоянный заработок при коэффициенте семейственности 3.1 - 27,6 тыс. человек

Вовлечение местного населения в работу позволит сократить ущерб:

h) на миграцию населения 0,25 млн. долл. США
i) ущерб здоровью 8905 X 50 долл./рабоч. день 0,445 млн. долл. США
j) увеличение продолжительности жизни 27600X0,013X450X3 = 0,485 млн. долл.США
k) улучшение условий жизни 8905 X 500 4,450 млн.долл. США

Итого 5,630 млн. долл. США

Все эти показатели будут достигнуты в год начала развернутой эксплуатации, т.е. 2017-2020 гг. Далее показатели будут увеличиваться, ибо доход и цена жизни будут расти, по крайней мере, на 8 % в год!

2. Снижение экологических потерь

Основные потери от экологии в Приаралье определены в том же проекте:

- опустынивание – 800 тыс. га – 25,6 млн. долл. в год при снижении на 20 баллов бонитета;
- потеря тугайной растительности 260 тыс. га -10,4 млн. долл. в год
- потери урожайности сельскохозяйственных культур в результате соле-пылепереноса соответственно 3,8 млн. долл. в год
- потери в животноводстве из-за уменьшения кормовой базы - 8,4 млн. долл. США.

В результате проекта уменьшение ущерба опустынивания земель составит 13,1 млн. долл. вследствие того, что будут освоены водными угодьями, лесопосадками, за счет поднятия грунтовых вод, закрепленные естественным зарастанием площадь в 420 тыс. га, будут созданы условия постоянной водоподачи на площади 70 тыс. га бывших тугаев, что позволит восстановить их со снижением ущерба на 2,8 млн. долл. США (2017 – 2020 гг.). Предположительно, что к концу периода будут сокращен вредный вынос соле-пылепереноса с осушенного дна моря, включая создание водного и зеленого покрова и отсюда уменьшение влияния его на снижение урожайности - 3,8 млн. долл.

Итого предотвращенный экологический ущерб составляет 19,7 млн.долл. США.

Проект позволит в три раза увеличить площадь под тростником, что приведет к созданию кормовой базы и предотвращению ущерба в животноводстве в 2 раза к 2030 году 4,1 млн.долл.

Вывод

Показатели эффективности проекта при продолжительности строительства объекта 12 лет составляют (при расчете показателей до 2050 года –48 лет):

- Чистая современная стоимость, млн. долл. США – 78,9
- Внутренняя норма доходности, % -18
- Индекс доходности – 2.5
- Дисконтированный срок окупаемости, лет – 16
- NPV=149338.5
- IRR=0.18

Показатели эффективности проекта при продолжительности строительства объекта 12 лет составляют (при расчете показателей до момента окупаемости):

Чистая современная стоимость, млн. долл. США – 78,9

- Внутренняя норма доходности, % -8
- Индекс доходности – 0,1
- Дисконтированный срок окупаемости, лет – 16
- NPV=4235,1
- IRR=0.08

Показатели эффективности проекта при продолжительности строительства объекта 9 лет составляют (при расчете показателей до 2050 года –48 лет):

- Чистая современная стоимость, млн. долл. США – 97,8
- Внутренняя норма доходности, % -15
- Индекс доходности – 2.2
- Дисконтированный срок окупаемости, лет – 17
- NPV=132234.3
- IRR=0.15

Показатели эффективности проекта при продолжительности строительства объекта 9 лет составляют (при расчете показателей до момента окупаемости):

- Чистая современная стоимость, млн. долл. США – 97,8
- Внутренняя норма доходности, % -7
- Индекс доходности – 0,1
- Дисконтированный срок окупаемости, лет – 17
- NPV=4151,5
- IRR=0.06

С экономической точки зрения проект более привлекателен при продолжительности строительства 12 лет. В каждом проекте невысокие индексы доходности, но необходимо помнить, что проект имеет огромную социальную и экологическую значимость в повышении благосостояния местного населения и оздоровлении экологической обстановки в регионе.

ПОСЛЕСЛОВИЕ:

РЕШЕНИЯ ДЛЯ АРАЛЬСКОГО МОРЯ: ТЕХНИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Осенью 1999 г. д-р Филипп Лазар, Президент IRD и д-р Антуан Корне, Президент Французского Комитета по борьбе с опустыниванием спросили меня, не желал бы я принять участие в программу «Наука для мира» в качестве эксперта-консультанта для оценки двух проектов, касающихся гидрологических и экологических условий дельты Амударьи.

Работая в основном в Африке и Южной Америке, я знал немного об Аральском море: я видел телепередачу и несколько фотографий в журналах с рыбацкими лодками на суше в окружении песков вблизи Муйнака; кроме того, у меня была кое-какая информация об избыточном использовании водных ресурсов для орошения хлопка в Советских республиках Центральной Азии. Прежде всего, я просмотрел две основные ссылки: книгу «Арал» Рене Летоля и Моник Менге[2] и знаменитую статью проф. Филиппа Миклина в Журнале *Science*[3]. Оба документа ссылались на проф. В. Духовного и его команду. Через несколько дней, после беседы с проф. Летолем в маленьком бистро в Париже, я решил принять предложение НАТО. И я об этом не пожалел.

Проблемы Аральского моря и их решение являются комбинацией всех основных вопросов, изучаемых учеными и инженерами экологами и водниками:

- воздействие изменчивости климата;
- организация и динамика культивируемых орошаемых и неорошаемых земель;
- пористые или прерывистые подземные емкости;
- загрязнение воды;
- управление водой: ресурсы, потребности и использование относительно территории, общества и политики;
- риски;
- вода и здоровье.

В течение последних двух лет я прочитал несколько лекций для аспирантов университетов Монпелье и Парижа по концепции устойчивого развития в областях возобновляемых водных ресурсов. Я приводил примеры из разных частей света, включая Аральское море, используя результаты, полученные НИЦ МКВК и его партнерами. Интерес студентов вызывали не только научные и технические подходы, но и этические проблемы, процесс принятия решений, воздействие развала СССР, что приводило к мысли о взаимодействии между политиками, учеными и обществом.

Международная Конференция по Воде в Дублине (1992) установила принципы общей глобальной директивы по устойчивому управлению водными ресурсами[4]. Второй и четвертый принципы были следующими:

2. Развитие и управление водными ресурсами должно основываться на принципе участия, вовлечения водопользователей, проектировщиков и политиков всех уровней.

4. Вода имеет экономическую цену во всех конкурирующих видах ее использования и должна быть признана экономическим товаром.

---

[2] **Létolle, R., Mainguet, M.** - 1993. Aral. Springer-Verlag France, Paris, 358 p.

[3] **Micklin, P. P.** - 1988. Desiccation of the Aral Sea: a water management disaster in the Soviet Union. *Science*. 241 (2 September 1988): 1170-1176.

[4] http://www.wmo.ch/web/homs/documents/english/icwedece.html

Недавно третий Всемирный Водный Форум в Киото (март 2003 г.) настаивал на том, что единственно правильным путем улучшения управления водными ресурсами является признание воды экономическим товаром. Этот подход является революционным в том смысле, что вода – подарок неба (Бога) рассматривается везде как базовая бесплатная потребность подобно огню, воздуху или земле в отличие от нефти или сельхозпродукции, которые имеют добавочную стоимость за счет использования труда, свойств почвы и/или механической обработки.

Проблемы Аральского моря являются прекрасным примером для обоснования нового угла зрения для рассмотрения глобальной роли воды. Я не экономист, но попытался дать грубый анализ, используя этот угол зрения:

- В 50-х годах в СССР было принято решение о развитии орошения в Центральной Азии с использованием вод Амударьи и Сырдарьи в большом масштабе и долгосрочной перспективе. Поток продукции из Центрально-Азиатских республик в другие республики Союза компенсировался встречным потоком других товаров, денег и опыта.
- Сегодня в мире существует новый порядок, основанный на рыночной экономике и финансировании из бюджета страны; старое равновесие нарушено. Местные экономические ресурсы не могут сбалансировать экологическую цену Приаралья и дельт для сохранения приемлемого социального уровня жизни населения. В настоящее время в Узбекистане и Казахстане жители низовий не получают выгод от инвестиций, вложенных в верхнем течении. Наоборот, экономическая, социальная и экологическая деградация возрастает[5].

Этот предварительный анализ показывает, почему международные финансирующие агентства должны рассматривать решения экологического плана для дельты под экономическим углом зрения и анализировать стоимость технических решений, принимая во внимание реальных бенефициариев инвестиций, вложенных для регулирования и распределения воды.

В течение последних 15 лет научное сообщество провело ряд исследований в бассейне Аральского моря[6]. Некоторые из отчетов приводят реалистичные решения, которые могут помочь улучшить экологическую ситуацию и решить гуманитарные проблемы в прибрежной зоне и дельтах.

Большой интерес в книге вызывает желание разобраться в сложности проблем Южного Приаралья с предельной честностью. Утверждается, что простые и гибкие технические решения могут привести к существенному смягчению обстановки не только в зоне водно-болотных угодий и дикой природе, но к созданию устойчивой структуры на пользу населения этого региона.

Я надеюсь, что финансирующие агентства последуют предложенным проектам и настаиваю на двух пунктах:

- Новые базовые сооружения или реконструкция в дельте должны сочетаться со строгим контролем сооружений в верхнем течении Амударьи и ее притоков, каналов, коллекторов или водохранилищ.
- Новые предлагаемые в проекте стратегии работ и управления не должны рассматриваться как определенные. Со временем и в соответствии с глобальными изменениями управление экологией и общинами дельты Амударьи будет приспособлено к новым условиям.

[5] С 1980 по 1995гг. Продолжительность жизни в Узбекистане жизни выросла с 69,0 до 70,1 года, а детская смертность снизилась с 37,7 до 30,3/1000. И, наоборот, в дельте Амударьи продолжительность жизни снизилась с 64,8 до 64,2 лет, а смертность возросла с 59,4 до0 61,0/1000. (источник: данные Intas и Nato SfP, 2001).

[6] Проект EC Copernicus-2 представил полный список ссылок в отчете: **Nihoul, J. C. J., Kosarev, A. N., Kostianoy, A. G., Zonn, I. S.** - 2002. The Aral Sea: selected bibliography. EU Copernicus-2 Project "ARAL-KUM. Noosphere, Moscow, 232 p.

Однако, фундаментальным, особенно для бассейна Аральского моря, является использование второго и четвертого принципов Дублинской Декларации с тем, чтобы улучшить глобальное управление водными ресурсами на пользу человечества и с учетом экологических требований.

Д-р Пьер Шевалье,
Старший научный сотрудник,
Институт исследований и развития (IRD, Париж)
Директор Лангедокского Института водных и экологических проблем (ILEE),

Монпелье, Франция, 1 августа 2003 г.

Спасибо Бернару Каппелеру и Жан-Мари Фритшу

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атаниязова О. "Аральский кризис и медико-санитарные проблемы Каракалпакии", Нукус, 2001.
2. Берг Л.С. "Очерк истории исследования Аральского моря", Москва, 1954.
3. Берг Л.С. "Избранные труды", Москва, 1960, 550 с.
4. Духовный В.А. и др. "Оценка социально-экономических последствий экологического бедствия – усыхания Аральского моря", ИНТАС/RFBR – 1733, 2000.
5. Духовный В.А., Разаков Р.М., Косназаров К.А., Рузиев И.Б. "Вестник пустынь" № 3, 1981.
6. Кесь А.С. "Основные этапы развития Аральского моря", "Проблемы Аральского моря", М, Наука, 1969, с. 160-172.
7. Ковда В.А., Егоров В.В. "Закономерности соленакопления в Арало-Каспийской низменности", АН СССР, 1956.
8. Масольский В.И. "Туркестан", Санкт-Петербург, 1913.
9. Материалы по проекту НАТО SFP 974101, Птичников А., Новикова Н., Реимов П., 2000-2002.
10. Отчет по созданию ASBMM, НИЦ МКВК, Ресурс Анализ, под руководством В.А.Духовного, Юп де Шутера, 2002.
11. Рубанов И.В. "Озерно-почвенное соленакопление", Т., 1977, 157 с.
12. Средазгипроводхлопок, Технико-экоеномический расчет строительства сооружений для регулирования уровня и водного режима маловодных прибрежных участков в дельте реки Амударьи", Ташкент, 1984.
13. Шульц В.Л. "Водный баланс Аральского моря", Труды САРНИГМИ, 1975, вып. 23, с. 3-28
14. Aladin N.V. Ecological state of the fauna of the last 30 years; Geojournal, 1995, вып. 35 (1), с. 29-32.
15. Andrianov B.V. "The ancient irrigation system of the Aral Sea region", Studies Rurales, 1989, № 115-116, p. 177-193.
16. "Euroconsult" Rehabilitation of wetlands Aral Sea in Uzbekistan, 1966.
17. Letolle R. Mainquet M. – 1993, Aral, Sprinler, Verlag France, Paris, 358 p.
18. “Sudochye Lake rehabilitation”, project GEF, 2000.
19. Караушев А.В. Речная гидравлика. - Л.: Гидрометеоиздат, 1969. -415 с.
20. Воеводин А.Ф., Шугрин С.М. Численные методы расчета одномерных систем. - Новосибирск: Наука, 1981. - 208 с.
21. Идентификация моделей гидравлики/ Под ред.Арцимовича Г.В. - Новосибирск: Наука, 1980. - 160 с.
22. БеллманР., Калаба Р., Квазилинеаризация и нелинейные краевые задачи. М., Мир, 1968г. 184с.
23. “Гидрометеорологические проблемы Приаралья”. Л. Гидрометеоиздат, 1990г.
24. Тучин А.И., Холодков А.В., Ильинко А.В. Математическая модель расчета состояний водохозяйственной системы. В Сб. Исследование функционирования и математическое моделирование водохозяйственных объектов и систем в условиях катастроф и стихийных бедствий. ДСП Ташкент 1987 г. стр.3.
25. NATO SFP 974357. Tashkent, 2000-2002.
26. Идентификация моделей гидравлики/ Под ред. Арцимовича Г.В. - Новосибирск: Наука, 1980. - 160 с.

27. Моисеев Н.Н. Численные методы в теории оптимальных систем. М., Наука, 1971, - 424 с.
28. Д. Лаукс, Дж. Стединжер, Д. Хейт. Планирование и анализ водохозяйственных систем. М. Энергоатомиздат, 1984, 400 с.
29. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. - М.: Наука, 1973. - 416 с.

Подготовлено к печати
в Научно-информационном центре МКВК

Редактор - Татур С.П.

Верстка и дизайн - Беглов И.Ф. и Турдыбаев Б.К.

Отпечатано с готовых форм в ЧПФ «Нори»

Тираж 50 экз.