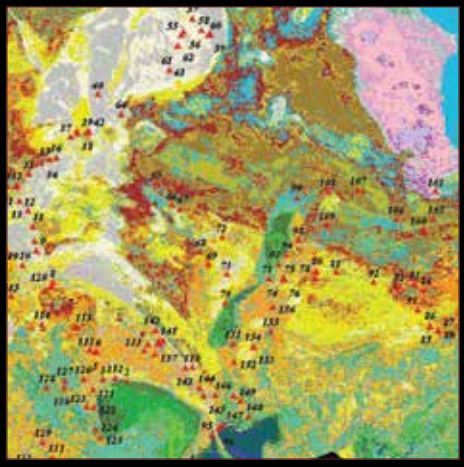
Организация
Объединенных наций по
вопросам образования,
науки и культуры



АРАЛЬСКОЕ МОРЕ И ПРИАРАЛЬЕ

Обобщение работ НИЦ МКВК по мониторингу состояния и анализу ситуации

АРАЛЬСКОЕ МОРЕ И ПРИАРАЛЬЕ

Обобщение работ НИЦ МКВК по мониторингу состояния
и анализу ситуации

Baktria press
Ташкент — 2017

Опубликовано в 2017 г. Организацией Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры
7, Place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France;
Представительством ЮНЕСКО в Узбекистане и Baktria press

© UNESCO, 2017
© Baktria press, 2017

Все права защищены

ISBN 978-9943-4895-9-2

Данная публикация предлагается в открытом доступе под лицензией Attribution Share Alike 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO)
(http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/).
Используя содержание данной публикации, пользователи соглашаются с правилами пользования Репозитория открытого доступа ЮНЕСКО
(www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-rus).

Указанная лицензия распространяется исключительно на текстовое содержание публикации. Для использования любых материалов, не имеющих четкого указания на принадлежность ЮНЕСКО прав собственности, требуется получение предварительного разрешения (publication.copyright@unesco.org
или Издательство ЮНЕСКО, 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP France).

Использованные названия и представление материалов в данной публикации не являются выражением со стороны ЮНЕСКО какого-либо мнения относительно правового статуса какой-либо страны, территории, города или района или их соответствующих органов управления, равно как и линий разграничения или границ.

Ответственность за взгляды и мнения, высказанные в данной публикации, несут авторы. Их точка зрения может не совпадать с официальной позицией ЮНЕСКО и не накладывает на Организацию никаких обязательств.

Фотография на обложке: НИЦ МКВК Центральной Азии
Графика: НИЦ МКВК Центральной Азии
Оформление обложки: А. Д. Холматов
Иллюстрации: НИЦ МКВК Центральной Азии
Макет: А. Д. Холматов
Отпечатано в ООО PRINT MEDIA

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 5
Глава 1. Аральское море и его бассейн — исторический обзор 8
Глава 2. Современное состояние Аральского моря 16
Глава 3. Социально-экономические и экологические последствия развития водного хозяйства «vis a vis» усыхания Аральского моря (результаты проектов ИНТАС — РФФИ 1733 и ИНТАС — Арал 2000–1059) 32
Глава 4. Мониторинг осушенного дна моря 41
4.1. Результаты мониторинга 42
4.2. Почвы 45
4.3. Ландшафты 47
4.4. Динамика процессов опустынивания 53
4.5. Динамика процессов на дне осушенного моря. Оценка риска 54
4.6. Мероприятия по стабилизации осушенного дна 61
Глава 5. Мониторинг дельты реки Амударьи 65
Глава 6. Проекты, направленные на улучшение социально-экономического и экологического состояния дельт Амударьи и Сырдарьи 73
Глава 7. Растительность и лесопосадки на осушенном дне моря и Приаралье 79
7.1. Растительность 79
Глава 8. Динамика акватории Аральского моря по данным ДЗ 87
Глава 9. Фауна и флора моря 97
9.1. Рыба 97
9.2. Биопродуктивность Аральского моря 98
9.3. Рефугии Аральской биоты 99
9.4. Растительные сообщества 101
Глава 10. Будущее Аральского моря 102
Выводы 109
Список литературы 112
РЕЦЕНЗИЯ на обзор АРАЛЬСКОЕ МОРЕ И ПРИАРАЛЬЕ 114

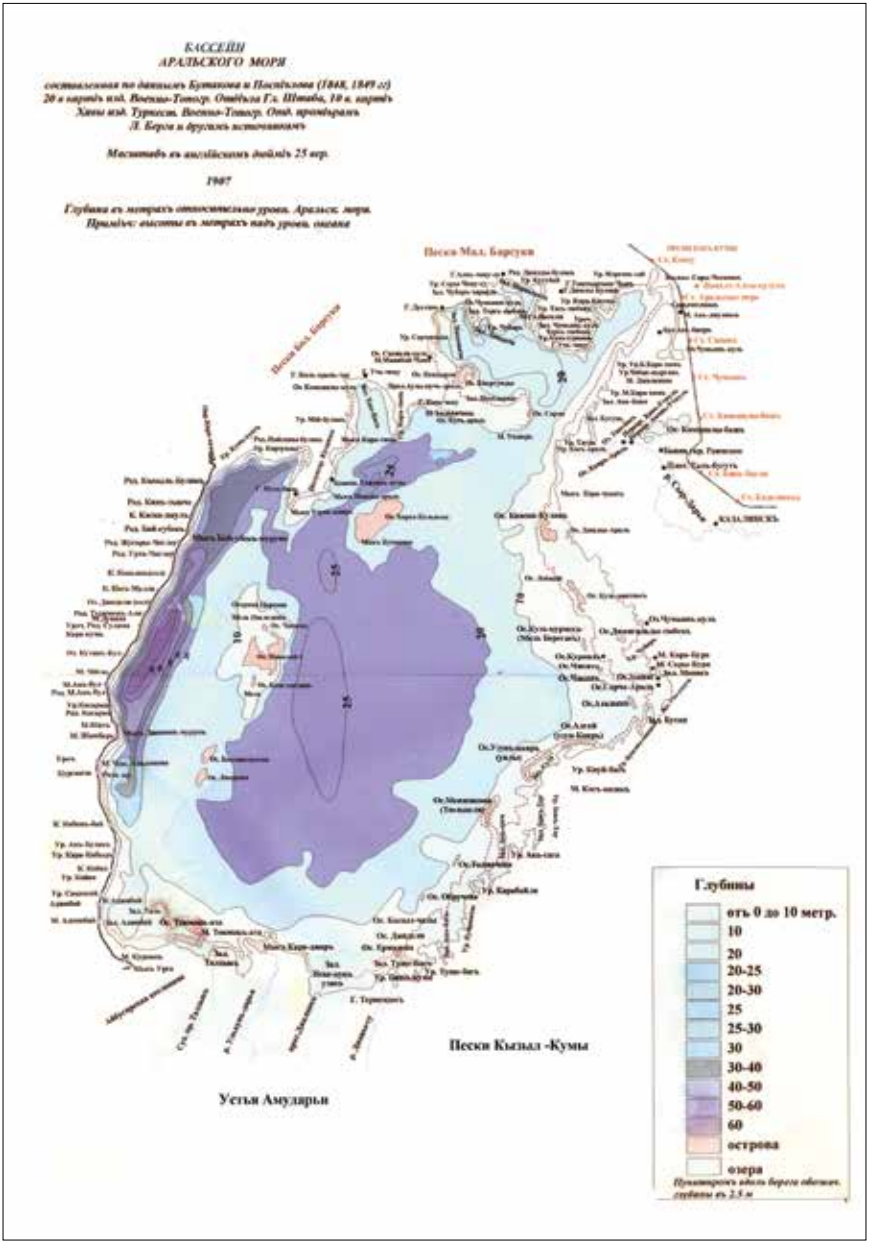


Рис. 1. Аральское море в 1907 году.

ВВЕДЕНИЕ

Невозможность восстановления Аральского моря в его биологически активном виде в прежних размерах была обусловлена всем водохозяйственным развитием региона Центральной Азии. На заре независимости эта истина была признана государствами Центральной Азии в двух документах:

- «Концепции Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана по решению проблем Арала и Приаралья с учетом социально-экономического развития региона»[1] (1993);
- «Программе конкретных действий по улучшению экологической обстановки в бассейне Аральского моря на ближайшие 3–5 лет с учетом социально-экономического развития региона»[2] (1994).

При этом была подтверждена целесообразность концентрации усилий на защите Приаралья в социальном и природном направлениях. Правительствами Казахстана и Узбекистана целым рядом решений были приняты соответствующие меры и осуществлены проекты, которые позволили в значительной степени стабилизировать ситуацию в Приаралье и продолжать развивать её в направлении значительного прогресса и наращивании как жизненного, так и природного потенциала этих территорий.

Между тем будущее самого Аральского моря остается проблемой, которая не может быть снята с повестки дня региона. При встречах, казалось бы, с совершенно далёкими от этой проблемы людьми приходится слышать озабоченность — а как там Арал, неужели окончательно усыхает и исчезает? Важность создания и поддержания стабильной экологической обстановки и недопущения ухудшения ситуации неоднократно подчеркивалась первым Президентом Республики Узбекистан И. А. Каримовым. Сама природа, имеющая определенную защитную реакцию к самосохранению и приспособлению к новым условиям уменьшающегося и по-прежнему сжимающегося моря, внесла определенные коррективы в прежние устрашающие прогнозы миллионов тонн солепылепереноса в год, постепенно стабилизируясь и формируя определенные зоны самозарастания. Кое-где значительно увеличивающееся естественное и искусственное обводнение дельт рек

[1] http: //www.cawater-info.net/library/rus/gov8.pdf
[2] http: //www.cawater-info.net/library/rus/asbp1.pdf

Амударьи и Сырдарьи вследствие комбинации искусственных сооружений и усиленно колеблющегося естественного притока поверхностных вод в различные по водности годы как бы помогает способности природы к самовыживанию. Большой прогресс достигнут в стабилизации Северного моря и дельты Сырдарьи, благодаря результатам осуществления проекта «Регулирование русла реки Сырдарьи и сохранение северной части Аральского моря»[1]. Определённое улучшение достигнуто и в районе дельты Амударьи. Так, проектом «Интегрированное управление водными ресурсами в бассейне Аральского моря, с целью восполнения водных поверхностей Южного Приаралья» (грант SFP 974357 программы NATO Science for Peace)[2] предусматривалось довести площади ветландов до 230–250 тыс. га при колебаниях ранее от 80 до 127 тыс. га. Однако уже в последнее десятилетие в отдельные годы, по данным наших анализов космических наблюдений, площадь ветландов в дельте Амударьи достигла 347,2 тыс. га. Усиленное естественное зарастание саксаулом, джингилом, различными солончаковыми растениями обнаружено полевыми экспедициями НИЦ МКВК в южной и восточной частях бывшего моря[3].

В данной работе собраны материалы отдельных тематических исследований, осуществлённых НИЦ МКВК совместно с зарубежными партнёрами в основном за счет донорского финансирования. Проблемой моря последние несколько лет занимались учёные из Голландии, Бельгии и России. Этим была создана возможность не только сравнить результаты практической деятельности разных стран, но и включить в настоящий обзор некоторые работы наших коллег из российских научных центров, занимающихся вопросами Аральского моря (академик О. Ф. Васильев, П. О. Завьялов, Н. В. Аладин). Мы выражаем большую благодарность всем партнёрам и донорам за эту бесценную возможность.

В то же время, необходимо отметить, что работы по проблемам Аральского моря носят непостоянный и прерывистый характер и зависят в большой степени от успеха в убеждении доноров в их нужности или от возникновения интереса у них самих к потере Аральского моря. Изучение и наблюдение за процессами, происходящими с некогда четвертом по величине озером в мире, требует более глубокого, постоянного и системного подхода. Пример

[1] http: //www.cawater-info.net/bk/water_law/pdf/kz-307–2002.pdf

[2] Результаты работ изложены в монографии «Южное Приаралье — новые перспективы»// под ред. проф. В. А. Духовного и инж. Ю. де Шуттера. — Ташкент: «Нори», 2003–154 с. (http: // www.cawater-info.net/library/rus/nato.pdf)

[3] Монография «Комплексные дистанционные и наземные исследования осушенного дна Аральского моря», под ред. проф В. А. Духовного. — Ташкент: НИЦ МКВК, 2008. – 190 с. (http: //www.cawater-info.net/library/rus/aral_book_2008_ru.pdf)

высыхания Аральского моря не единичен в мировой практике. Сделанное нами обобщение[1] приводит примеры многих «братьев по несчастью» Аральского моря: озёра Виктория и Чад в Африке, озеро Моно и Трибутар, заливы Мексиканский и Сан-Хоакин в США, ряд озёр в Иране и т.д. Понятно, что в странах региона имеется много острых проблем, связанных с социально–экономической ситуацией, геополитическими раскладами и усиливающимся ростом внешних дестабилизирующих факторов, в связи с чем проблема самого Арала и Приаралья отодвигается из сферы первоочередных интересов стран. А доноры, несмотря на имеющийся потенциал, не спешат восполнить этот пробел.

Тем не менее, проблема самого моря, Приаралья и их будущего должна иметь четкую перспективу и анализ. Что может произойти при продолжении нынешних тенденций? Какую опасность это представляет для природы и населения? Это позволит определить необходимость представления предложений в пределах возможностей, в первую очередь, Казахстана и Узбекистана, в рамках предполагаемого социально-экономического развития, определяющего использование водных ресурсов пятью странами региона, чтобы создать экологическую устойчивость и биопродуктивность ограниченного в размерах Аральского моря и окружающей его среды. Требуется проведение масштабных экспедиционных и стационарных наблюдений за акваторией моря, вернее, трёх его слабо связанных водных тел и за состоянием осушенного дна и за дельтами обеих рек. Уверены, что изучение и стационарные наблюдения за состоянием самого моря наряду с дистанционными исследованиями, имеющими большую перспективу, найдут своих заинтересованных спонсоров, и мы будем иметь возможность получать не отрывочные, а систематические данные о его состоянии. За тяжёлым больным всегда нужно тщательное наблюдение, чтобы знать, как его лечить или хотя бы уменьшить его страдания.

[1] «Братья по несчастью: аналоги проблемы бассейна Аральского моря» / Информационный сборник НИЦ МКВК, вып. 3. — Ташкент: НИЦ МКВК, 1997. — 68 с. (http: //www.cawater-info.net/library/rus/inf/03.pdf)

Глава 1

АРАЛЬСКОЕ МОРЕ И ЕГО БАССЕЙН — ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Вероятно, в мировой и бывшей советской научной литературе наибольшее число исследований посвящено истории и феномену Аральского моря. Хотя упоминания об Аральском море в греческих и римских источниках отсутствуют, в арабской литературе, свидетельствах ученых древнего Хорезма и в священной книге Авесты Аральское море упоминается (Варахша в Авесте, Денгиз у Аль Бируни), как связанное с реками Оксусом (Амударья) и Яксартой (Сырдарья). Достаточно подробное описание библиографии Арала дано в фундаментальной работе Рене Летой и Моники Мэнке[1]. В 1995 году определенный вклад в обобщение источников по Аральскому морю и его бассейну внес Марин Босс в работе «Взаимосвязь между ирригацией, дренажом и окружающей средой в бассейне Аральского моря». Наконец, НИЦ МКВК издал в 1999 г. развернутую библиографию «Проблемы бассейна Аральского моря» (ПРООН), в которой приведены наименования и резюме более чем 2000 литературных источников.

На основе всех имеющихся материалов, в работе «Южное Приаралье — новые перспективы», (Ташкент, МКВК, 2003 г.) нами обобщены современные представления о динамике Арала — доисторической, исторической и нынешней, краткие выдержки из которой приводятся ниже.

Гипотеза относительно доисторического периода базируется на геологических работах русских исследователей конца XIX и начала XX веков, которые подтвердили, что в *постплеоценовую эпоху* часть пустыни Каракум между чинком Устюрта на севере, устьями Мургаба и Теджена на юге и подошвой Копетдага на западе 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

[1] Letolle R., Mainquet M. The Aral. Springer Verlag, Paris, 1993, 358 p.

вплоть до подошвы западных отрогов Копетдага (рис. 1.1). Оно соединялось с Каракумским и Чильметкумским заливами по двум проливам — Большому и малому Балхскому. В то время Аральская часть заливала 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 их отметок поверхности воды. В течение последующего геологического периода до наших дней происходило расчленение объединенного Арало-Каспийского бассейна на его составные части и его постепенное сокращение до нынешних размеров. Сначала появился водораздел между Арало-Сарыкамышом и Каспием, затем постепенно обозначилось русло Узбоя. С геологической точки зрения абсолютный возраст моря равен 139±12 тыс. лет. В неогеновый период в результате мощных тектонических движений на территории Центральной Азии в центре Туранской равнины сформировались три глубокие впадины: Аральская, Хорезмская и Сарыкамышская. В раннем и среднем плейстоцене все эти впадины развивались в субаэральных условиях. В это же время предшественница Амударьи — Праамударья текла

Рис. 1.1. Востановление Арало-Каспийского моря (по материалам ГИС Е. Рощенко) в постплеоценовую эпоху.

через центр Каракумов на запад в Каспийское (Хвалынское) море. В позднем плейстоцене произошел поворот Амударьи на север и новое обводнение Арало-Сарыкамышской низменности, приведшее к образованию собственно первоначального Аральского моря около 70 тыс. лет назад. Тогда, прорезав глубокое ущелье в районе Туямуюна, река достигла Хорезмской впадины, где сформировалось обширное озеро. 10–12 тыс. лет назад Амударья (Джейхун) повернула на запад и достигла Сарыкамышской впадины, превратив ее в озеро. Около 4 тыс. лет назад Амударья повернула снова на север и потекла в огромную Аральскую впадину, в которую уже впадала Сырдарья. Тогда на месте Аральской впадины расстилалась обширная равнина с расчлененным рельефом, ограниченная на западе чинками (обрывами) Устюрта, на севере — Приаральскими возвышенностями, на востоке — пустыней Бетпак-Дала и хребтом Каратау, на юге — пустынями Каракум и Кызылкум. Эта территория стала тем Аральским морем, которое известно с XIX – начала XX веков.

На протяжении всего позднего плейстоцена, когда Амударья одновременно имела сток через Сарыкамыш в Каспий и Арал, уровень последнего не поднимался выше + 35… 40 м. Но в голоцене наиболее ранней (древне-Аральской) трансгрессии он достигал абсолютных отметок + 60… 73 м, а в последующем уровень Арала испытывал неоднократные падения и подъемы. Наиболее низкий уровень был зафиксирован 1500 лет тому назад, когда произошла глубокая оксийская регрессия и уровень моря упал до + 25…27 м, что привело к образованию в центре Арала «оксийского болота» на площади 5 тыс. км^2. Ныне наше поколение становится свидетелем такого же мелководного водоёма на месте Восточного моря, периодически в маловодные годы превращающегося в солёный ветланд.

Все исследователи и историки с древних времен описывали трансформацию Аральского моря и Каспия в зависимости от водности рек их совместного бассейна и развития орошения. Они констатируют факт окончательного усыхания озера Сарыкамыш к концу XVI века, когда сток Амударьи в Сарыкамыш по Куня-Дарье и Даудану и далее по Узбою прекратился. Узбой от Каспия до водораздела Баллы Итем имеет подъем 40 метров на протяжении более 200 км. По мнению В. А. Обручева, существование Сарыкамыша имело место с VII века 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, Гайдулы и других хорезмских летописцев[1].

Большинство исследователей (Б. В. Андрианов, А. С. Кесь, П. В. Федоров, В. А. Федорович, Е. Г. Маев, И. В. Рубанов и др.) на основе геологических и исто-

[1] Массон М. «Проблема изучения цистерн – сардоба», Ташкент 1935 г., стр. 43

рических изысканий пришли почти к единому выводу. Это положение хорошо сформулировано Н. В. Аладиным[1], что «в доисторические времена изменения уровня и солености Арала имели место вследствие изменения естественного климата». Именно поэтому 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 бассейнах обеих рек. В периоды интенсивного развития бассейна Аральского моря увеличение орошаемых земель приводило к изъятию большей части воды для этой цели, и уровень воды в Арале немедленно падал. В течение неблагоприятных периодов в регионе (войны, революции и т.д.) орошаемые земли сокращались, а реки опять наполнялись водой.

Амударья и Сырдарья, постоянно меняя свое направление течения и мигрируя по Средней Азии в некотором историческом периоде, часто не достигали Аральского моря, и в результате оно высыхало, а на его территории образовывалась пустынная местность. Одновременно по мере высыхания моря минерализация воды резко увеличивалась и способствовала выпадению солей, которые были обнаружены геологами на дне Аральского моря. Особенно поражают крупные слои осадочного мирабилита (И. В. Рубанов[2].) Миграция дельт Амударьи и Сырдарьи создали очень своеобразную территорию низовьев, в которой депрессии, заполненные болотными отложениями, перемежаются со значительным количеством пустынных, мелкопылеватых, супесчаных отложений, сформировавших дельту и большую часть самого русла и протоков Амударьи.

В таблице 1.1, подготовленной на основе различных исторических источников, показано взаимодействие между реками, Аральским морем и Узбоем. Последний служил как бы сбросом части вод Амударьи в Каспий. Образование в неолите перетока из Амударьи через два объединенных озера Сарыкамыш и Ассаке — Даудан в Каспий (около 20% стока реки) по Узбою определило единственную и периодическую связь Арала и Каспия.

Теперь более или менее ясно, что Арал претерпел пять или семь (по данным последних радиоуглеродных исследований донных отложений) трансгрессий,

[1] Аладин Н. В., Плотников И. Изменения уровня Аральского моря: палеолимиологические и археологические доказательства. В сб.: Биологические и природоведческие проблемы Аральского моря и Приаралья: Труды Зоологического института РАН, том 262, часть 1. — СПб, 1995. — С. 17–47 (http: //www.cawater-info.net/bk/water_land_resources_use/russian_ver/pdf/aladin-plotnikov-1995–2.pdf)

[2] Рубанов И. В, Ишниязов Д. Н, Баскакова М. А, Чистяков П. А, «Геология Аральского моря», Ташкент 1987 год, 248 стр.

Таблица 1.1. Исторические источники, касающиеся водных систем Центральной Азии.

Время	Источник	Условия Арала	Условия Узбоя	Примечание
XV в. до н. э.	Авеста Риг Веди	сухой		болотистая местность
V в. н. э.	Геродот	существует	Амударья через Узбой в Каспий	
III до н. э.	Патрокл	заполнен водой	сухой	Амударья и Сырдарья втекают в Арал
I до н. э.	Страбон	впадает Амударья и Сырдарья, но последняя не полностью	Амударья	
891 н. э.	Аль Балки	существует	вдоль Узбоя в Каспий	
X	Идриси	существует		
1211	Дживени Мурханд	почти сухой	работает	отпрыски Чингиз-хана направили Амударью в сторону
1320	Марино Сануто	средний уровень	Потоки Узбоя идут из Сарыкамыша, куда впадает Амударья	малый Арал идентичен небольшому озеру (Сарыкамыщ)
1375	Каталония	существует	работает	потоки Сыр впадают в Арал и Аму впадает в Сарыкамыш
	Сануто	существует	работает	
1400	Мераши	низкий уровень		
1575	Абдул Гази	высокий уровень	сухой	
1638	Олирей	низкий уровень	работает	потоки Аму и Сыр впадают в Арал
1680	Абдул Гази Багадур	существует		потоки Аму впадают в Каспий с 1220 г. и, в конце концов, разъединены в 1575 г.
1734	Кирилов	не указано	чередуется	
1826	Колодкин	высокий уровень	не показано	
1858	Иваничев	высокий уровень	засохший	

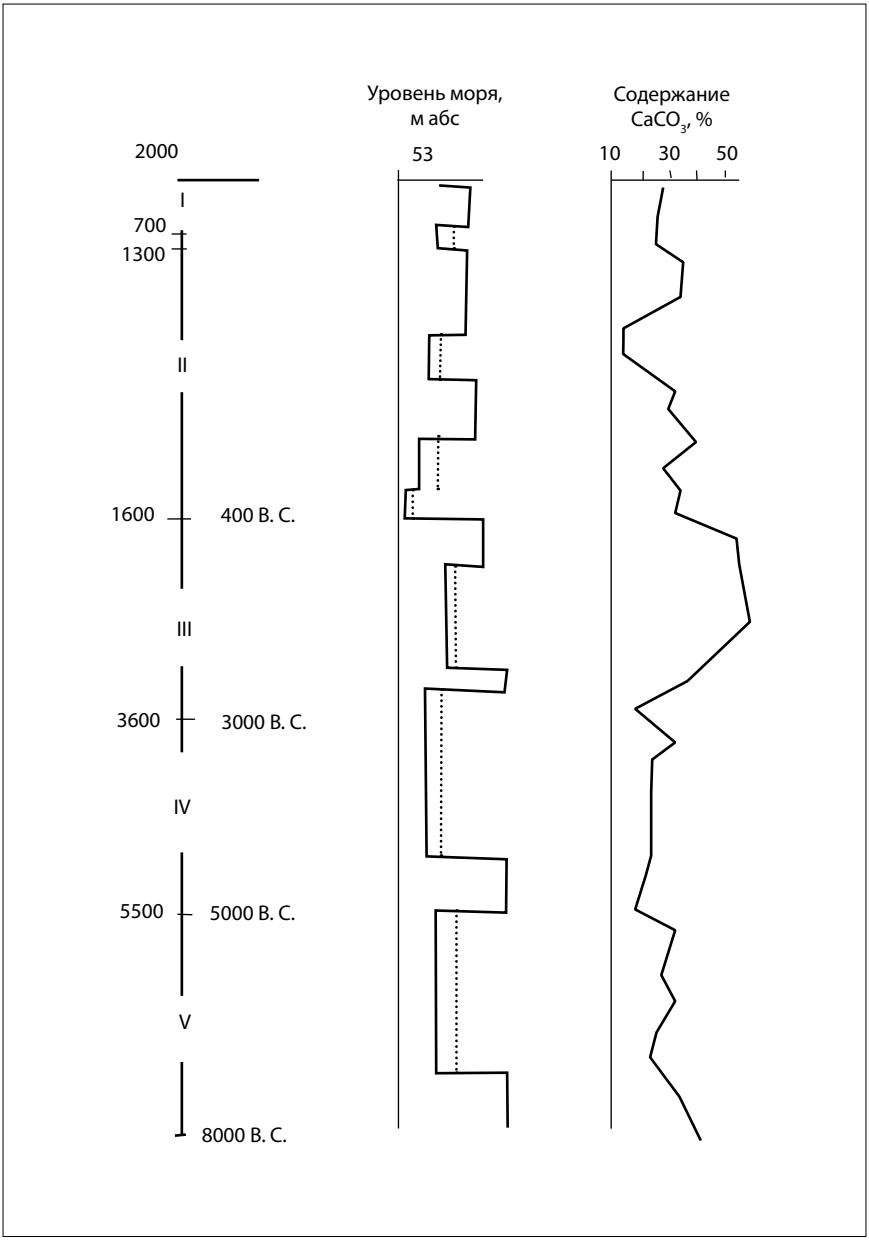


Рис. 1.2. Историческая динамика уровня моря и концентрация $CaCO_3$.

наиболее мощным из которых принадлежат наиболее высокие террасы (72 . . . 73 м.), очевидно, относящиеся к раннему плиоцену (А. В. Шитиков) или к периоду Акчагыл (рис. 1.2.). В то же время различные источники сходятся в том, что, по крайней мере, трижды Арал почти исчезал или опускался до нынешнего уровня. Тем не менее возможность существования в прошлом моря, отметки воды в котором соответствуют уровням высоких террас, вызывает сомнения в наличии источника такого высокого обводнения. Это могло быть либо вследствие таяния северных ледовых масс, как предполагают в своей работе «Закономерности соленакопления в Арало-Каспийской низменности» (АН СССР, 1956) В. А. Ковда и В. В. Егоров, либо притока воды Праамударьи, о которой упоминается в Авесте. Предположительно, что эта река, носившая по учению Заратустры название Ария, объединила воды всех прошлых притоков Амударьи, включая не только Зеравшан, Теджен, Мургаб, но и Сырдарью и Чу до перекрытия Буамского перешейка.

В этом контексте представляют интерес 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 впервые водами обширного Акчагыльского, а затем Апшеронского моря. Восточная граница их не установлена, но фауна, террасы и береговые валы этого возраста найдены в Сарыкамыше и Ассаке — Аудане, в понижениях Аральского моря и в некоторых впадинах Кызылкумов.

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

В начале XIX века уровень Арала стоял низко. В 1845 и после 1860-х годов отмечены некоторые повышения уровня. В начале 80-х годов уровень стал особенно низким, в связи с чем исследователи тех времен пришли к выводу о том, что имеет место прогрессивное уменьшение водных ресурсов в Средней Азии.

Однако в 80-х годах началось повышение уровня Арала, сначала — довольно медленное, а затем более быстрое. Так продолжалось до 1906 г.; изменение уровня прекратилось в 1907 году, а затем он повысился снова в 1908 г. и понизился в 1909 г. Повышение снова отмечено в период с 1910 до 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. Однако наблюдения в 1924 г. свидетельствовали о новом повышении (немногим меньше 1/2 метра).

В период устойчивого существования Арала ширина моря по параллели 45° составляла 265 км, длина береговой линии превышала 4430 км. Площадь

водного зеркала Аральского моря до падения его уровня в 60-х годах XX века составляла 69,79 тыс. км^2, максимальная глубина моря была 69 м, а объем водной массы составлял около 1083 км^3.

В акватории Аральского моря в этот период насчитывалось около 1100 островов (площадью более 0,01 км^2) суммарной площадью 2235 км^2, все острова были материкового происхождения. Крупнейшие из них имели площадь:

- Кокарал — 311 км^2;
- Барса-Кельмес — 170 км^2;
- Возрождения — 169 км^2;
- Малые прибрежные острова (периодически затопляемые водой) — 1585 км^2.

На юге располагался своеобразный Акпеткинский (Карабайлийский) архипелаг, более 50 островов которого представляли собой песчаные гряды Кызылкумов, подтопленные морскими водами. Малые прибрежные острова в сочетании с заливами, мысами, отшнуровывающимися водоемами и крупными островами формировали специфический тип берегов, играющий значительную роль в стабилизации химического режима водоема.

Начиная с конца XIX века сначала царское, а затем советское правительство интенсивно использовали бассейн Аральского моря для развития орошения. Но до 1960 г. увеличение подачи воды на орошение компенсировалось увеличением возвратного стока благодаря параллельному развитию строительства коллекторно-дренажных сетей на территории старого и нового орошения. Характеристика взаимодействия рек и моря приведена в таблице 1.2. В расходной статье баланса наряду с испарением с осушающегося дна и водной поверхности трёх остаточных водоёмов моря учитывается испарение из водных поверхностей дельт и транспирация ветландов.

Таблица 1.2. Среднемноголетние значения водного баланса Аральского моря (км^3).

Период	**Приход**		**Расход (испарение)**	**Водный баланс**	**Фактическое приращение объема**	**Итоговый баланс**
	сток рек	осадки				
1911–1960	56,00	9,10	68,76	-3,66	0,06	-3,72
1961–1980	30,00	7,10	61,59	-24,49	-23,54	-0,95
1981–1990	3,45	7,10	42,53	-31,98	-35,94	3,97
1991–1999	19,30	5,80	34,68	-9,58	-11,60	2,02
2001–2014	13,10	2,60	19,26	-3,56	-3,58	0,02

Глава 2

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

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 в 1971–1980 гг. он составил всего 16,7 км^3/год в среднем, или 30% от среднемноголетнего. Наиболее маловодным оказался период с 1981 по 1990 год, когда приток к морю упал до 3,45 км^3/год. В отдельные маловодные годы сток Амударьи и Сырдарьи практически не доходил до моря.

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 многолетняя скорость падения уровня составляла примерно 0,5 м/год, 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. Вместо предполагаемого к 2000 г. — 38,5 м., фактически уровень снизился ниже отметки 34 м! Аналогично более быстрыми темпами увеличивалась минерализация воды в море.

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

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

режима моря было 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°С) отрицательных температур.

Крайне низкие удельные величины поступления в море биогенных веществ предопределяют низкие их концентрации в морской воде, ограничивая в дальнейшем развитие фотосинтетических процессов в море и его низкую 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 явлениям его гибели.

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 делает невозможным существование аборигенной фауны.

Количественная оценка антропогенных факторов, влияющих на современный водный режим Аральского моря, была выполнена путем расчета восстановленных значений уровня моря и минерализации за период с 1961 по 1980 гг., используя восстановленные значения условно-естественного притока к морю. Как показали расчеты, более 70% современного падения уровня моря и роста его минерализации обусловлено антропогенным влиянием, остальная часть этих изменений приходится на долю климатических факторов (естественной засушливости).

Основные последствия усыхания Аральского моря, кроме уменьшения объема водной поверхности, увеличения минерализации воды и изменения характера минерализации, проявились в образовании огромной солевой пустыни площадью почти в 5 млн. га на месте осушенного дна. В результате уникальный пресноводный водоем уступил место трём горько-соленым озерам в комбинации с колоссальной соленой пустыней на стыке двух песчаных пустынь.

После отчленения Малого моря от Большого Аральского моря их режимы начали развиваться по различным сценариям. В связи с тем, что приток по реке Сырдарья выше, чем по реке Амударья, уровень Малого моря стал повышаться, а минерализация воды снижаться. Прорыв временной плотины Малого моря вызвал снижение уровня, однако предыдущее наполнение подтвердило 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 ныне уже создал устойчивый экологический профиль этого водоема и окружающей его 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.

Детальная динамика уровня, площади зеркала и объема Аральского моря приведены в таблице 2.1 и соответствующих графиках 2.1, 2.2, 2.3. Из этих материалов видно, что в период с 1960 г. по 1970 г. снижение уровня моря шло в среднем по 10 см в год, начиная с 1971 г. до 1985 г. — в пределах 67 см в год. На отметке 42 см произошло разделение моря на 2 водоема — Большой Арал и Малый Арал. После этого снижение уровня Большого моря несколько снижалось — по 50 см в последующие 20 лет. В этот период Малое море благодаря усиленному притоку из Сырдарьи сохраняло размер колебаний между 42,5 и 36 метрами и окончательно стабилизировалось в 2006 г. благодаря строительству плотины в проливе Берга на 42,5–43 м отметке. В 2006 г. произошло также разделение Большого моря на 2 водоема — глубоководный Западный и мелководный Восточный, с уровнями медленного опускания Западного моря от отметки 29 м до отметки 26 м. Восточное море потеряло 4 метра глубины после разделения вследствие резкого маловодья 2008 года, поднялось на 3 метра в многоводном 2010 году и затем относительно стабилизировалось в 2011–2014 годах в диапазоне 27,0–27,9 м. В результате площадь зеркала Аральского моря, которое достигало 68,9 тыс. км^2, в настоящее время снизилось в 10 раз и распределилось между тремя водоемами: Западное море площадью 3,38 тыс. км^2, Восточное мелкое — 1,71 тыс. км^2 и Малый Арал — площадью 3,1 тыс. км^2. Соответственно объем Аральского моря уменьшился с 1083 км^3 в 11,2 раз в маловодном 2014 г.

Из таблиц 2.3 и 2.4 по притокам к Большому и Малому морю становится ясно, что нынешний режим Аральского моря полностью зависит от приточности, соответственно по Амударье и коллекторам к Восточному и Западному водоемам и по Сырдарье к Малому морю. При этом Малый Арал имеет стабильное водное тело, Западный водоем постепенно уменьшающийся, но сохраняющий глубину более 20 м, и мелководный Восточный водоем, который полностью зависит от притока к дельте Амударьи, и колеблющийся между 1 и 17 млрд. м^3 с разницей отметок почти в 3 метра. Соответственно гидрологическому режиму Малый Арал имеет полностью опресненную акваторию, пригодную для разведения и выращивания различного рода пресноводных рыб. Западный и Восточный водоемы являются сильносолеными с минерализацией от 130 до 350 г/л. В то же время надо иметь в виду, что до 2008 года существовал канал гидравлической связи между Западным и Восточным морем глубиной до 7 метров с порогом на отметке

Таблица 2.1. Динамика изменений отметки уровня, площади зеркала и объема воды Большого Аральского моря.

Отметка, м

Годы	Аральское море
1960	53,4
1961	53,29
1962	52,97
1963	52,61
1964	52,49
1965	52,3
1970	51,43
1971	51,06
1972	50,54
1973	50,22
1974	49,85
1975	49,01
1980	45,75
1981	45,18
1982	44,39
1983	43,55
1984	42,75
1985	41,94

Площадь зеркала, тыс. км^2

Годы	Аральское море
1960	68,9
1961	68,5
1962	65,9
1963	64,3
1964	64,8
1965	62,38
1970	58,92
1971	57,73
1972	56,85
1973	56,17
1974	56,01
1975	54,67
1980	49,21
1981	48,63
1982	47,13
1983	46,07
1984	44,92
1985	43,08

Объем воды, км^3

Годы	Аральское море
1960	1083
1961	1079
1962	1060
1963	1038
1964	1030
1965	972,47
1970	941,23
1971	902,43
1972	875,12
1973	845,47
1974	844,46
1975	802,74
1980	631,81
1981	625,78
1982	578,65
1983	532,58
1984	487,66
1985	444,58

	Большой Арал	Малый Арал
1986	41,02	40,9
1987	40,19	40,8
1988	39,67	40,5
1989	39,1	40,2
1990	38,24	40,5
1991	37,66	40,4
1992	37,2	40,2
1993	36,95	39,37
1994	36,9	40,1
1995	36,5	40,5
1996	35,48	40,5
1997	34,8	41,2
1998	34,21	42,5
1999	33,98	36,8
2000	33,5	39,8

	Большой Арал	Малый Арал
1986	38,56	2,83
1987	37,13	2,81
1988	36,18	2,75
1989	35,3	2,71
1990	33,67	2,75
1991	32,02	2,73
1992	31,83	2,71
1993	31,42	2,57
1994	31,31	2,69
1995	30,04	2,75
1996	28,54	2,75
1997	26,91	2,91
1998	25,75	3,24
1999	24,12	2,09
2000	22,93	2,62

25,55

	Большой Арал	Малый Арал
1986	380,63	22,47
1987	343,17	22,39
1988	312,65	21,84
1989	306,92	20,28
1990	280,44	21,84
1991	257,16	20,92
1992	240,17	20,28
1993	231,7	18,43
1994	229,87	20,01
1995	217,25	21,84
1996	195,63	21,84
1997	173,44	22,67
1998	168,43	27,03
1999	147,62	12,03
2000	139,53	19,26

2001	32,4		39,2
2002	32		39,3
2003	31,5		40
2004	31,09		40,8
2005	30,7		41
2006	30,4		41,8
	Западное	**Восточное**	**Малый Арал**
2007	29,25	30,4	42,5
2008	28,7	28,9	42,5
2009	28	28,4	42,5
2010	27,8	29,4	43
2011	28	27,8	42,5
2012	27	27,2	42,7
2013	27	27,1	43
2014	26	27	43

2001	21		2,55	23,55
2002	18,7		2,58	21,28
2003	17,3		2,65	19,95
2004	16,4		2,81	19,21
2005	15,77		2,86	18,63
2006	13,47		2,99	16,46
	Западное	**Восточное**	**Малый Арал**	
2007	4,45	7,03	3,28	14,76
2008	4,14	4,11	3,27	11,52
2009	3,96	2,78	3,29	10,03
2010	3,87	4,41	3,41	11,69
2011	3,87	2,12	3,27	9,26
2012	3,69	2,15	3,38	9,22
2013	3,67	1,51	3,42	8,6
2014	3,27	0,96	3,43	7,66

2001	131,16		17,97
2002	110,84		18,44
2003	97,23		19,77
2004	93,46		22,39
2005	89,79		22,52
2006	81,35		24,01
	Западное	**Восточное**	**Малый Арал**
2007	19,76	49,5	26,33
2008	17,14	16,82	25,28
2009	15,68	7,701	26,27
2010	14,92	17,3	27,35
2011	14,96	4,465	25,82
2012	13,61	4,602	25,70
2013	13,42	2,239	24,43
2014	10,71	0,909	24,71

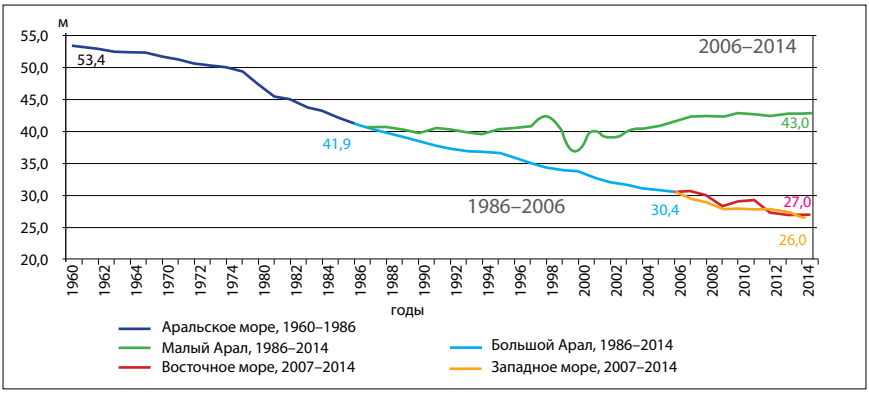


Рис. 2.1. Динамика отметок Аральского моря.

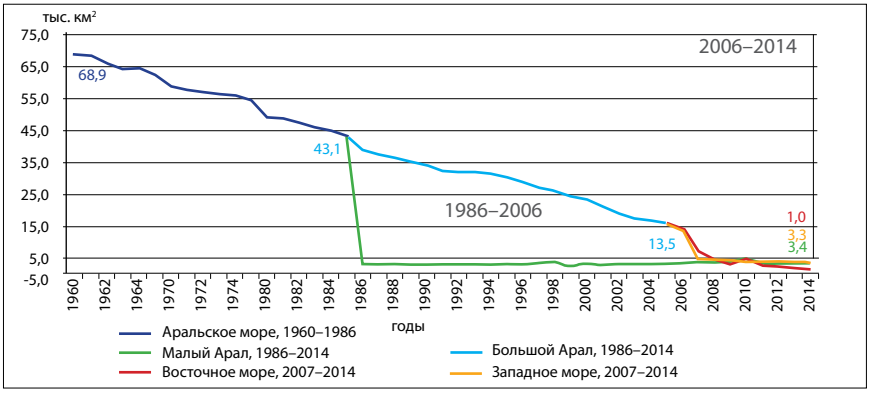


Рис. 2.2. Динамика площадей зеркала Аральского моря.

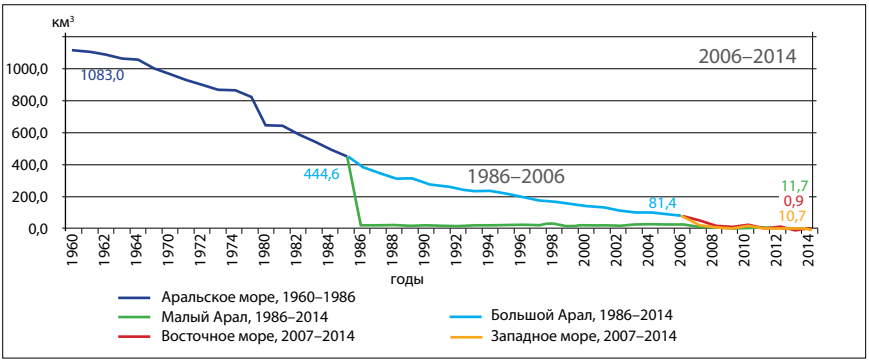


Рис. 2.3. Динамика объемов воды в Аральском море.

26,5 метров. Этот пролив явился продуктом интенсивных перетоков воды из Восточного в Западное море и размывов донных отложений[1].

Учитывая отсутствие систематических наблюдений за сбросами в Большое Аральское море из бассейна реки Сырдарьи, можно ориентироваться только на данные космических снимков. Согласно им, начиная с 2001 г., дистанционными измерениями никаких сбросов не наблюдается. В 2010 году имел место сброс ниже плотины в створе пролива Берга, но его объём был поглощён наполнением впадины на северной границе бывшего моря, но без сброса в один из отделившихся водоёмов Большого Арала.

Указанная динамика Аральского моря и всех его составляющих водоемов, бесспорно, является результатом резко уменьшенного притока воды к дельтам обеих рек. В таблицах 2.2, 2.3 показано изменение притока к дельтам соответственно Амударьи на основе гидропоста Саманбай и к дельте Сырдарьи на основе гидропоста Каратерень. В среднем по реке Амударья поступление за период 1992–2014 гг. составило 9,04 км^3 с колебаниями от 17,6 км^3 (максимальный сток в 2005 г.) до 0,40 км^3 в 2001 г и 0,537 км^3 в 2008 году. Соответственно по р. Сырдарья средний сток за тот же период составил 5,96 км^3 при колебаниях от 10,3 км^3 в многоводные 2004, 2005 года до 2,5 км^3 в маловодный 2000 г.

Соответственно притоку воды менялось и поступление солей. На графике 2.4 показано изменение минерализации воды по Амударье и соответствующим образом поступление солей в Аральское море. Понятно, что такое изменение и в объеме водоподачи, и в химическом составе предопределило изменение гидрохимии Аральского моря. К сожалению, данных постоянных наблюдений за гидрохимическим составом Аральского моря не имеется, имеются разрозненные данные как узбекских, так и российских исследователей, которые показывают коренные изменения в гидрохимическом составе воды моря. Ниже приведена таблица 2.4, заимствованная у П. О. Завьялова, который участвовал от имени Российской Академии Наук в исследованиях по проекту CAWA.

Процессы соленакопления в акватории Аральского моря изучались И. В. Рубановым, Н. М. Богдановой, О. Е. Семеновым, Т. Э. Мавляновым, Б. И. Пинхасовым и другими исследователями. Как уже отмечалось выше, Аральское море является основным водо-солеприемником для всего Сырдарьинско-Амударьинского водосборного бассейна. Часть солей из него эоловым путем возвращается в Приаралье. Первозданная бессточная денудационно-дефляционная впадина Арала возникла около 2-х млн. лет тому назад — в конце

[1] П.О.Завьялов и др. Мониторинг состояния физических, химических и биологических систем Аральского моря в условиях экологического кризиса, УДК 551.465, 2007

плиоцена. В позднем акчагыле произошло первое ее обводнение. В этом наиболее древнем водоеме (в его южной прибрежной зоне) сформировались промышленные месторождения солей Кушканатау и Аккала.

В начале прошлого тысячелетия в Предчинковом глубоководном желобе и в северных заливах шла садка мирабилита.

В настоящее время мирабилит залегает под 48–265 сантиметровым слоем донных илов (карбонатных глин) — в глубоководном желобе на площади 1425 км^2; в заливе Тще-Бас на площади 100 км^2 и в Малом море на площади 200–225 км^2. Общая площадь распространения солей — 1950 км^2. Вскрытая мощность их — не более 80 см, предполагаемая — первые метры. При мощности соли в 1 м ее запасы составляют около 3 млрд. т. Доля мирабилита в осадке — от 24 до 96 весовых процентов, гипса — 0,49%, других водорастворимых солей — до 6%, силикатного остова — до 26%. Ионный состав солей следующий: натрия — от 2,83 до 13,73%; сульфат- иона — 7,5–30,14%; кальция — до 1,08%; магния — 3,03%; калия — 0,93%; карбонат-иона — 0,18%; хлора — 2,09%; воды — до 55,23%.

В последующем, в период новоаральской трансгрессии (вплоть до начала 60-х годов нашего столетия), в Аральском море шло терригенно-карбонатное осадконакопление — карбонатная стадия, а в мелководном Акпеткинском архипелаге и глубоко вдающихся в сушу, также мелководных, восточноаральских заливах осаждался гипс. Новоаральские отложения представлены терри-, хемо- и органогенными образованиями. Терригенные (обломочные) осадки составляют более 50–60% их общей массы. Среди них развиты пески, алевриты и глины. Хемогенные осадки представлены карбонатами, сульфатами (гипсами), водорастворимыми солями. Карбонаты накапливались по всей акватории Арала, кроме Акпеткинского архипелага, где их выпадение было подавлено осаждением гипса. Накопление гипса шло по-разному.

Таблица 2.2. Приток к дельте Амударьи по гидропосту Саманбай, млн. м^3.

Год	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	План	Факт	%%
1991–1992	1855	574	635	1456	584	827	3500	5931	169,5
1992–1993	886	1536	397	641	529	1166	3500	5155	147,3
1993–1994	1140	666	1068	1545	1101	1457	3500	6977	199,3
1994–1995	1636	988	941	1244	401	499	3500	5709	163,1
1995–1996	673	557	282	128	161	133	3500	1934	55,3
1996–1997	964	724	483	304	294	130	3500	2899	82,8
1997–1998	179	165	156	96	512	471	1500	1579	105,3
1998–1999	1092	713	850	534	365	512	2000	4066	203,3

1999–2000	952	518	956	978	456	331	2000	4191	209,6
2000–2001	76	82	73	70	79	90	2000	470	23,5
2001–2002	17	13	8	36	79	121	1500	274	18,3
2002–2003	423	728	1043	732	274	255	3000	3455	115,2
2003–2004	350	341	363	328	409	315	3000	2106	70,2
2004–2005	249	169	144	481	1250	1063	2100	3356	159,8
2005–2006	1092,9	581	827	459	637,2	921	2100	4518,1	215,1
2006–2007	205	155	291	216	131	169	2100	1167	55,6
2007–2008	205	155	291	216	240	123	2100	1230	58,6
2008–2009	21	20	19	19	28	37	2100	144	6,9
2009–2010	335	292	353	644	148	150	2100	1922	91,5
2010–2011	947	451	510	205	190	180	2100	2483	118,2
2011–2012	71	97	167	129,3	185,8	398	2100	1048,1	49,9
2012–2013	650	792	678	964	250	236	2100	3570	170
2013–2014	184	134	133	171	168	148	2100	938	44,7
Год	**Апрель**	**Май**	**Июнь**	**Июль**	**Август**	**Сен-тябрь**	**План**	**Факт**	**%%**
1992	428	3620	5480	6203	4830	2620	7000	23181	331,2
1993	664	1496	4371	3940	1482	1642	7000	13595	194,2
1994	1175	527	977	4607	4100	2604	7000	13990	199,9
1995	202	133	131	250	316	380	5000	1412	28,2
1996	227	319	623	1762	1067	873	5000	4871	97,4
1997	100	172	213	144	141	152	5000	922	18,4
1998	350	3430	5770	4719	4163	1745	3000	20177	672,6
1999	206	191	312	436	625	804	3000	2574	85,8
2000	195	141	137	62	42	37	3000	614	20,5
2001	31	19	18	20	15	23	2550	126	4,9
2002	13	31	1435	1686	450	658	2550	4273	167,6
2003	754	2034	2869	2750	306	421	2000	9134	456,7
2004	359	543	1704	1216	223	256	6600	4301	65,2
2005	1173	1034	1148	5922	1774	1223	6100	12274	201,2
2006	296	217	246	238	248	283	6100	1528	25
2007	120	107,2	165	285	204	169	2400	1050,2	43,8
2008	132	80,8	61	67,3	29	23	1890	393,1	20,8
2009	29	44	127,3	361	1389	699	2100	2649,3	126,2
2010	682	3323	2833	3874	4428	1969	2100	17109	814,7
2011	221	94	78	82	66	75	2100	616	29,3
2012	601	675	891	3342	754	923	2100	7186	342,2
2013	147	118	85	148	193	233	2100	924	44
2014	393	470	116	604	519	375	2100	2477	118

Таблица 2.3. Приток к Малому Аралу по гидропосту Каратерень, млн. м^3.

Год	Ок-тябрь	Но-ябрь	Де-кабрь	Ян-варь	Фев-раль	Март	План	Факт	%%
1991–1992	339,2	360,3	365,1	508,8	526,3	482	2983	2581,7	86,5
1992–1993	587,3	597,8	535,6	562,4	604,8	803,4	3588	3691,3	102,9
1993–1994	877,1	496,8	0	964,1	870,8	1098	3394	4306,8	126,9
1994–1995	1578,2	894,2	803,4	937,3	362,9	324	4722	4900	103,8
1995–1996	291,9	185,8	187,5	107,1	112,8	71	2412	956,1	39,6
1996–1997	405,9	699,8	723,1	603,1	507,8	695,5	3158	3635,2	115,1
1997–1998	295	246	187	402	484	723	2543	2337	91,9
1998–1999	758	829,4	857,1	696,4	616,9	948,2	4161	4706	113,1
1999–2000	255,3	290,3	310,4	308	275,6	217,6	4392	1657,2	37,7
2000–2001	54,6	359,2	674,1	643	460	562,5	2062,6	2753,4	133,5
2001–2002	69,6	171,1	174,1	246,4	239,5	291,9	2311	1192,6	51,6
2002–2003	732,8	591,7	638,3	776,7	774,1	624,1	6386	4137,7	64,8
2003–2004	823	948,9	1007,3	1071,7	952,1	1277	6100,6	6080	99,7
2004–2005	577,7	726,6	1364,4	1151,7	919,3	1366	5388,7	6105,7	113,3
2005–2006	950,3	1082,9	1167,8	964,2	895,1	1205,3	6719,3	6265,6	93,2
2006–2007	397,4	616,8	233	669,6	653,2	883,9	2252,6	3453,9	153,3
2007–2008	729	778,6	804	804	897	999	2823,7	5011,6	177,5
2008–2009	38	46	99	348	484	479	1914,3	1494	78
2009–2010	787	295	284	525	583	804	2351	3278	139,4
2010–2011	820	827	978	956	774	828	2603,4	5183	199,1
2011–2012	91	275	364	554	629	776	1961,9	2689	137,1
2012–2013	351	267	517	611	602	702	1964,5	3050	155,3
2013–2014	170	301	584	700	699	552	1906	3006	157,7

Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Ав-густ	Сен-тябрь	План	Факт	%%
1992	318,6	238,3	246,1	46,9	129,3	362,3	1426	1341,5	94,1
1993	622,1	495,4	459	410,3	448,1	952	3286	3386,9	103,1
1994	867,5	336,5	677,4	42,5	35,3	1436	3145	3395,2	108
1995	124,2	53	58,1	69,6	85,4	127	1821	517,3	28,4
1996	93,8	128,5	75,2	69,8	194,6	365,7	1752	927,6	52,9
1997	648	0	0	0	0	0	1686	648	38,4
1998	699,8	581,2	497,7	455,3	629,4	671,3	996	3534,7	354,9
1999	927,9	720,5	210	219,6	115,2	225,5	1432	2418,7	168,9
2000	492,5	302,7	54,4	24,1	29,5	67,4	1264	970,6	76,8
2001	684,3	179,5	31,1	13,4	13,4	25,9	906	947,6	104,6
2002	676,6	708,8	551,7	432	549,8	703,9	3781	3622,8	95,8
2003	951,3	868,6	504	457,6	515,2	738,7	3145	4035,4	128,3
2004	1259	1377	469,5	423,3	404,9	460	7189	4393,7	61,1
2005	1257,7	1162,8	381,6	127,7	315,8	790,1	5721	4035,7	70,5
2006	1425	779	170	60,6	110,9	353,5	3473	2899	83,5
2007	888,2	870	162,8	58,3	283,4	333,2	1808	2595,9	143,6
2008	762	410	85	25	12	16	1806	1310	72,5
2009	340	429	283	163	283	845	1806	2343	129,7
2010	682	806	728	822	530	692	2444	4260	174,3
2011	928	335	139	68	50	53	1802,7	1573	87,3
2012	816	386	140	56	254	402	2894,2	2054	71
2013	570	404	167	64	52	217	2421,9	1474	60,9
2014	247	621	288	233	211	399	1900	1999	105,2

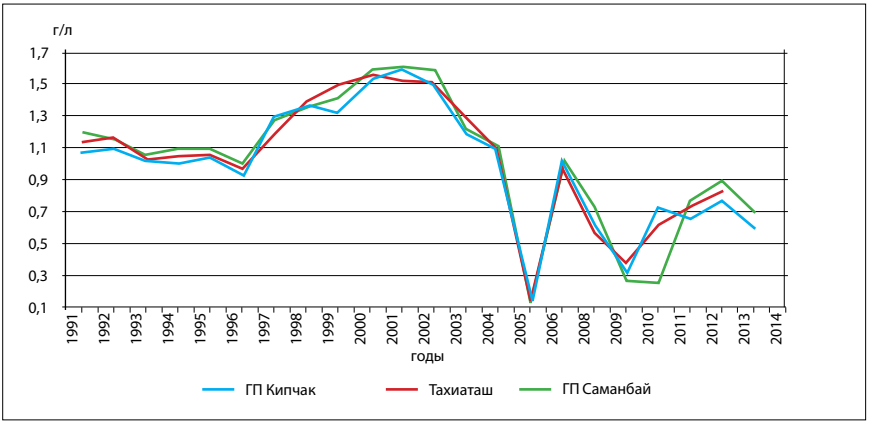


Рис. 2.4. Средний годовой плотный остаток по гидропостам реки Амударья, г/л.

Таблица 2.4. Динамика изменений засоленности восточной и западной части Большого моря.

Год	Соленость, г/кг	
	Западная часть	Восточная часть
1960	10*	10*
1970	12*	12*
1980	17*	17*
1990	32*	32*
1992	35*	35*
1995	42*	42*
1996	44*	44*
1997	51*	52*
1998	54*	58*
1999	56*	Нет данных
2000	63*	Нет данных
2001	68*	112*
2002	82**	160*
2003	86**	Нет данных
2004	92**	Нет данных
2005	98**	130**

Образовавшийся непосредственно из осолонившейся до 35–45 г/л аральской воды гипс опускался на дно в виде отдельных кристаллов размером в доли мм (0,1–0,01 мм), а затем (со временем) либо увеличивался до более крупных (0,5–1 мм) зерен, либо собирался в агрегаты коралловидной формы (размером до 5–10 мм). Накопленный таким путем слой гипса мощностью от 0,2 до 0,5 м устилает преимущественно центральные участки заливов.

Выделяются две области, несколько различные по характеру соленакопления, — Акпеткинский архипелаг и остальная осушка. В архипелаге часть солей сформировалась за счет испарения морской воды, часть — грунтовых вод, поступающих с континента. В настоящее время накопление их продолжается как за счет испарения из грунтовых вод, так и сезонной разгрузки высокоминерализованных грунтовых вод в многочисленных небольших рапных озерах. Соли представлены тенардит-мирабилитовыми залежами (мощностью до 1 м), к центральным пониженным частям которых приурочен пластовый галит с астраханитом или галит-рапные озера. Тенардит-мирабилитовые и астраханит-галитовые залежи тяготеют к самым глубоким участкам обсохших заливов и встречаются как внутри полей ранее накопившегося гипса, так и отдельно от них. Наиболее широко развиты тенардитовые пухляки, образующиеся при обезвоживании мирабилита. Пухляки занимают около 250 км^2 площади осушки. Запасы тенардит-мирабилитовых солей составляют 80 млн. т. Пластовый галит мощностью до 0,3–0,5 м слагает дно многочисленных сухих и рапных озер с минерализацией 240–350 г/л. Запасы галита — около 22 млн. т. Тенардитовые пухляки являются основными очагами выноса солей в атмосферу. Наблюдения на полигонах показали, что в год дефлируется 1,5–2 см тенардитовой пушонки. При этом сдутая пушонка восстанавливается и вновь выносится ветром в атмосферу.

Особый интерес представляет распределение минерализации по глубине Западного водоема Аральского моря. Обычно сильнозасоленные водоемы имеют профиль минерализации, который увеличивается от поверхности ко дну. Этого следовало ожидать и для Аральского моря, тем более что ледовый режим его провоцирует уменьшение минерализации за счет вымораживания с поверхности водоема. Это явление было подтверждено исследованиями, полевыми и лабораторными, А. И. Тучина. Однако по данным П. О. Завьялова, подтвержденными акад. О. Ф. Васильевым, профиль распределения солей по глубине Западного моря складывается, как это показано на рис. 2.5. Объяснение этому явлению может быть дано только за счет наличия большого объема подземного притока в глубокую часть Западного водоема. Мы считаем, что такое явление вполне закономерно, учитывая наличие аллювиальных отложений по всей длине долины Амударьи, которая выклинивается, в конечном счете, в водоем Аральского моря,

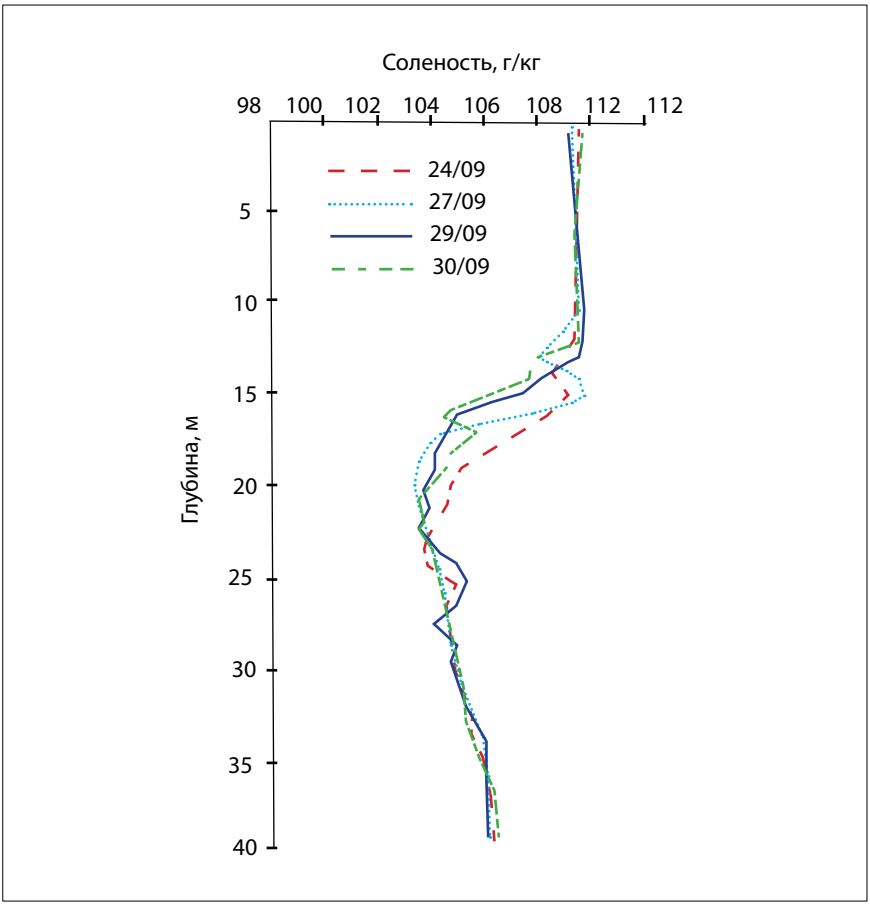


Рис. 2.5. Профиль распределения солей по глубине Западного моря.

особенно в Западную чашу, имея в виду ее большую глубину. Этот процесс должен подвергнуться уточнению как с точки зрения объема подземного притока, так и его качества.

В то же время наличие выклинивания более пресных вод со стороны дельты и Устюрта обнаружено в процессе обследований по проекту CAWA российскими партнёрами во главе с П. О. Завьяловым в 2007 году. Тогда при общей минерализации воды в Западном море более 110 г на литр, обнаружены прослойки выклинивающихся вод с минерализацией 40 г на литр (Рис. 2.6). Это свидетельствует, что со стороны Устюрта идёт интенсивная подпитка Западного водоёма подземным потоком.

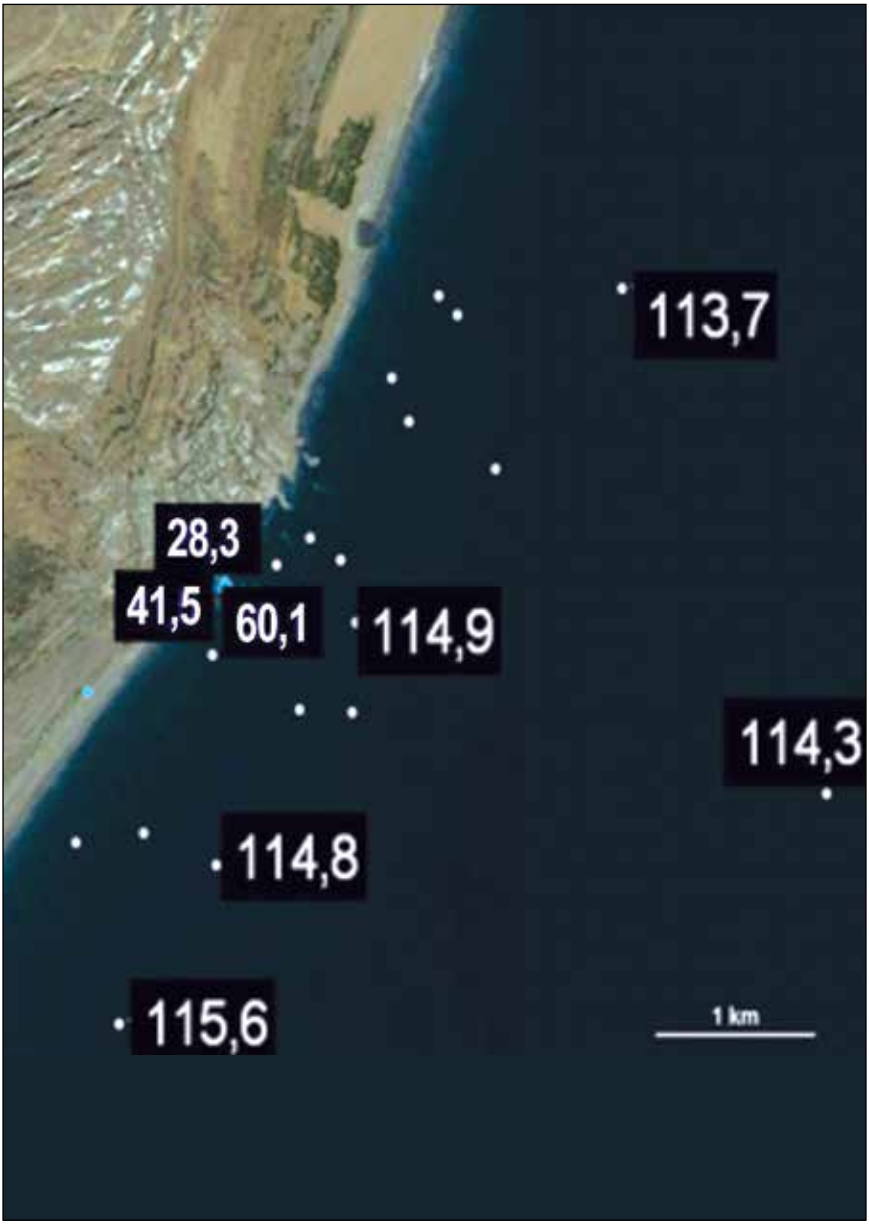


Рис. 2.6. Влияние выклинивания подземных вод на западном берегу Западного водоёма на минерализацию его акватории (в г/л).

Глава 3

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАЗВИТИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА «VIS A VIS» УСЫХАНИЯ АРАЛЬСКОГО МОРЯ (результаты проектов ИНТАС — РФФИ 1733 и ИНТАС — Арал 2000–1059)

Проект в Узбекской части был реализован в 1999–2000 гг. НИЦМКВК в сотрудничестве с Mountain Unlimited, SIBICO International, Госэкомелиовод, DHV Consultants BV. Кроме того, в Казахской части участвовало Национальное экологическое общество Республики Казахстан (НЭО РК).

На основе оценки и анализа факторов, вызвавших деградацию природного комплекса Приаралья, таких как:

- уменьшение притока воды к дельте и морю;
- падение уровня грунтовых вод;
- формирование автономного режима грунтовых вод;
- увеличение минерализации грунтовых вод;
- опустынивание — развитие эоловых процессов, соле- и пылепереноса,

были проведены исследования:

- в почвенно-природном комплексе (почвенные карты районов Приаралья),
- в растительном покрове территории Приаралья (тугайные леса);
- в снижении продуктивности искусственных и естественных ландшафтов;
- в популяции птиц;
- рыбопродуктивности.

Определены категории социального, экономического и экологического ущербов, а так же прямые и косвенные ущербы. Выполнен расчет потерь и их оценка.

Благодаря выполнению программы INTAS участникам совместного проекта удалось выполнить большую работу по анализу и обобщению имеющихся данных и подойти к оценке социально-экономического ущерба, который несет Южное Приаралье от усыхания Аральского моря.

Можно оспаривать точность собранных данных и методических подходов, но истина остается конкретной и четкой: принесенное в жертву развития региона Аральское море ежегодно приносит ущерб Южному Приаралью более 100 млн. долларов в год.

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

Основной зоной проявления негативного влияния усыхания Аральского моря, как определено материалами к «Концепции Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана по решению проблем Арала и Приаралья с учетом социально-экономического развития региона»[1] (1993), в Узбекской части определены четыре района Каракалпакстана: Муйнакский, Бозатаузский, Кунградский, Тахтакупырский, в Казахской части — Аральский и Кзылординский районы Кзылординской области.

Бассейн Аральского моря является внутренним водосборным бассейном, не имеющим связи с открытым морем, поэтому любые изменения естественных притоков и увеличение водопотребления на территории водосбора и сопряженной с ним территорией, должны были привести к уменьшению притока в Аральское море и соответственно к его деградации. Это прекрасно понимали и первые идеологи развития орошения в России начала XX века, которые эту мысль озвучили еще в 1908 году устами А. И. Воейкова, а затем в 1913 году — руководителя водного сектора бывшей царской России В. И. Масальского. Он видел конечную цель в «использовании всех водных ресурсов края и создании нового Туркестана, разрабатывая десятки миллионов гектаров новых земель и обеспечивая потребности русской промышленности в хлопке»[2].

Интенсивное развитие орошаемого земледелия и водного хозяйства после 1960 года, вызванное быстрым ростом населения и одновременно развитием промышленности, бесспорно, имело положительное значение для социального развития всего региона Аральского моря, хотя и привело к резкому увеличению водозабора из рек и, соответственно, уменьшению притока в Арал. В таблице 3.1 приведены основные параметры водопользования в бассейне Аральского моря. Эти параметры свидетельствуют

[1] http: //www.cawater-info.net/library/rus/gov8.pdf

[2] Масальский В. И. «Туркестанский край»; Санкт- Петербург, Издание А. Ф. Деврена 1913, 861 стр.

Таблица 3.1. Динамика водопользования с 1940 года.

Показатель	**Ед. изм.**	**1940**	**1960**	**1970**	**1980**	**1990**	**2000**	**2003**	**2005**	**2010**	**2012**
Население	106	10,6	14,1	20,0	26,8	33,6	41,5	43,8	44,0	48,5	50,0
Орошаемая площадь	103 га	3800,0	4510,0	5150,0	6920,0	7600,0	7890,0	7900,0	8434,0	8244,5	8241,6
Суммарный водозабор	км^3/год	52,3	60,6	94,6	120,7	116,3	100,9	118,0	116,3	109,9	102,7
в т. ч. на орошение	км^3/год	48,6	56,2	86,8	106,8	106,4	90,3	109,6	91,4	92,3	84,9
	м^3/га	13763,2	13439,0	18361,2	17440,8	15298,7	12784,5	14936,7	13794,2	13325,2	12466,0
Водопользование	м^3/чел/год	4934,0	4298,6	4728,0	4503,4	3460,4	2430,6	2695,3	2645,9	2267,3	2056,8
ВВП	106 долл. США	12,2	16,1	32,4	48,1	74,0	54,0	34,4	29,5	78,2	111,3

о том, что с момента начала снижения уровня Аральского моря водозабор в бассейне увеличился в 1,92 раз, но в то же время население выросло в 2,7 раза, орошаемые площади — в 1,7 раз, сельскохозяйственная продукция — в 3 раза, а валовый национальный продукт — почти в 5 раз к 1990 г!

В течение трех десятилетий с 1960 по 1990 годы орошаемое земледелие и сопряженные отрасли экономики, включая производство орошаемого земледелия, переработку сельхозпродукции, гидроэнергетику, строительство и эксплуатацию, давали более 50% совокупного валового продукта в регионе. Таким образом, оно обеспечивало большую долю занятости сельского населения в регионе, которое составляло в среднем 60% от общей численности. Рост годового валового продукта за эти тридцать лет в отраслях, связанных с использованием воды, составил почти 30 млрд. долл. в год при экономической системе бывшего СССР. Но даже и сейчас в нынешних резко упавших ценах на сельхозпродукцию этот прирост в абсолютных величинах к 1960 г. составляет более 10 млрд. долларов в год. При этом доля продукции водного хозяйства, включая сельское хозяйство, гидроэнергетику и сопряженные отрасли, упала до 18 … 24% в разных странах региона к 2000 г.[1] Бесспорно, увеличение доли минерального сырья, особенно добычи и переработки топлива, снижение внимания к водному сектору, оказали влияние на эффективность использования воды. Характерно, что наблюдающееся ухудшение в использовании воды по экологическим показателям оказалось намного ниже, чем темпы падения многих отраслей промышленного производства.

Ради объективности следует отметить, что объемы ВВП и сельхозпроизводства на базе развития водного хозяйства могли бы быть намного выше, если бы были учтены в советское время два возможных направления повышения эффективности комплексного использования воды:

- ускоренное применение водосберегающих технологий, как это было сделано на новых системах орошения Голодной, Каршинской, Кызылкумской степей, где КПД систем достиг 0,75 вместо 0,56 … 0,60 в среднем и где продуктивность воды составляла 0,2 … 0,3 $/м^3 против средней по бассейну 0,11 … 0,13 $/м^3[2];
- ликвидация низкого уровня переработки продукции орошаемого земледелия в регионе, а не ориентация на удовлетворение потребностей метрополии в сырье и повышение занятости населения путем большого

[1] Dukhovny V. A., Sokolov V. I., Lessons on cooperation building to manage water conflict in Aral Sea Basin, Paris, UNESCO, PCCP, 2003.

[2] Духовный В. А. и др. Научно-технический прогресс и мелиорация земель в Средней Азии, Ташкент, «Мехнат», 1985, 141 с.

вовлечения населения в получение конечной продукции. В настоящее время это направление приняли Казахстан, Туркменистан и Узбекистан;
- расчеты показывают, что, если бы эти положения были учтены в советское время, общий объем водозабора мог бы быть ограничен на уровне 86–95 км^3 в год с тем, чтобы поверхность единого Аральского моря была на отметке 35 м.

Усыхание Аральского моря привело к следующим последствиям:
- интенсивное развитие опустынивания окружающих территорий Приаралья;
- в связи с резким уменьшением стока реки Амударьи, прекращением разливов и затоплений ее поймы число озер и занимаемая ими площадь сильно сократились. В настоящее время здесь имеется около 10 озер. Суммарная площадь их зеркала сильно колеблется по годам и сезонам, но не превышает 75 тыс. га. На долю естественных озер приходится лишь около 5 тыс. га, но и они подпитываются сбросными водами;
- прогресс процесса засоления почв. В 1975 году в Каракалпакстане 43% орошаемых земель были засолены, в 1985 году — около 80%, а в 1997 году — около 94%. Наиболее сильными факторами опустынивания являются развитие эоловых процессов и перенос солей и пыли с осушенного дна моря и других участков окружающих пустынь; характерная особенность — активность солепылепереноса сначала постепенно нарастает, достигая максимума в 1986–1988 гг., а затем снижается и стабилизируется;
- изменение растительного покрова происходит соответственно изменению ландшафтов; сокращение площади тугайной растительности, тростниковых зарослей более, чем на порядок. Для дельты Амударьи характерно снижение площади луговых и тугайных ландшафтов и постепенное увеличение территорий с ландшафтами солончаковых, такырных и песчаных равнин;
- значительное изменение местного климата. Микроклимат изменяется в пределах сотен километров от уреза бывшего моря уровня 1960 г. В среднем летняя температура воздуха выросла на 0,1°–0,4°С, весенняя — на 0,5°–0,7°С. Зимняя и осенняя температуры снизились на 0,2°–0,6°С и 0,5°–1,3°С соответственно. Дневная амплитуда температур в прибрежье увеличилась и уменьшилась относительная влажность воздуха, особенно в теплую пору года;
- благодаря созданию системы искусственных озер удалось сохранить количество мигрирующих птиц в целом, особенно на Караджарской, Судочьинских и Междуреченских системах. При осуществлении системы регулирования дельтовых озер, намеченных ныне, имеется полная возможность сохранить эту благоприятную продуктивность

птичьих популяций. Наиболее перспективны Судочье, Междуречье, Джилтырбас, Караджар;

- количество рыбы в прилегающих озерных системах сократилось более, чем в 20 раз.

Проведенное в 2015 году исследование статистических показателей по республике Каракалпакистан (Ш. Муминов) и по зоне Приаралья в сравнении с прежними результатами проекта ИНТАС показали, что отрицательные тенденции здесь сохраняются.

Начиная с 1994–1995 гг., как в пределах рассматриваемых районов, так и в целом по республике Каракалпакстан, наблюдается повсеместное сокращение площади используемых орошаемых земель. Но по республике в целом без зоны Приаралья после 2002 года тенденции сменились на увеличение использования. По зоне Приаралья после 2002 года площади используемых орошаемых земель снизились ещё на 35 тысяч гектар (рис. 3.1, 3.2), а по остальной части республики выросли на 9 тысяч гектар. Выбытие орошаемых земель в зоне Приаралья было вызвано дефицитом воды и засолением и сопровождалось дальнейшим спадом в продукции растениеводства. Особенно тяжёлое положение сложилось в Муйнакском районе, где используется всего одна тысяча гектаров или 12,5% орошаемой пашни.

Рис. 3.1. Динамика посевных площадей в Кунградском районе (1990-2014 гг.).

Рис. 3.2. Динамика посевных площадей в Тахтакупырском районе (1990-2014 гг.).

Наиболее уязвимыми культурами с точки зрения снижения урожайности являются рис, хлопок. Аанализ урожайности с 1960 г. показал, что тенденция снижения наблюдается с 1980 года по всей зоне Приаралья, Сравнение падения урожайности по районам зоны Приаралья показывает, что в большей степени урожайность снизилась в Муйнакском районе, где по всем анализируемым культурам падение урожайности превышает средние цифры по Каракалпакстану. Урожайность кормовой кукурузы снизилась по сравнению со средней в Каракалпакстане почти в 2 раза.

Произошло резкое сокращение ондатровых угодий, что привело к исчезновению поголовья ондатры и снижению продуктивности этого промысла.

В результате сокращения поступления речного стока в дельту реки Амударьи и в связи с осушением огромных территорий бывшего морского дна площади естественных пастбищ резко увеличились, что положительно повлияло на развитие животноводства; произошел рост поголовья крупного рогатого скота (за исключением Бозатауского района), овец и коз (за исключением Тахтакупырского района).

Таблица 3.2. Динамика изменения поголовья скота в Приаралье.

	Крупный рогатый скот		**Овцы и козы**	
	1990	**2014**	**1990**	**2014**
Бозатау	36738	22822	9207	10908
Кунград	29529	51424	76309	84705
Муйнак	16382	19410	5313	21303
Тахтакупыр	11533	33903	136589	123850

В связи с быстрым отступлением уровня моря дальнейшее проведение оздоровительных мероприятий на побережье оказалось невозможным; также резко сократился поток туристов, приезжающих на рыбную ловлю и охоту.

По оценке проекта прямые потери в зоне Южного Приаралья составляют в годовом исчислении (в млн. долларов):

- в орошаемом земледелии — 6,55;
- в рыбоводстве и отлове рыбы — 28,57;
- в вылове ондатры — 4,0;
- в продукции животноводства — 8,4;
- в рекреации и туризме — 11,16.

Итого в сельском хозяйстве: 58,68.

- в рыбной промышленности — 9,0;
- в переработке пушнины — 18,0;
- в переработке камыша — 12,6;
- в потере транспорта — 1,0.

Итого потери в промышленности — 40,6.

Всего в производстве — 99,28.

- косвенные потери — 16,74;
- социальные потери — 28,81.

Таким образом, суммарные прямые и косвенные социально-экономические потери от экологической катастрофы в Приаралье составили 144,83 млн. долларов США.

Ряд завершенных и разрабатываемых ныне проектов позволяют оценить предварительно общую стоимость гидротехнических сооружений, которые могут создать в какой-то степени более или менее устойчивое водоснабжение и обводнение Приаралья. Гидротехнический комплекс постоянных и временно действующих водоемов требует ориентировочно около 91,0 млн. долларов, к которым следует добавить стоимость поддержания Западного моря — около 140–160 млн. долларов США. Какую часть природного комплекса удастся при этом восстановить и какую часть ущерба уменьшить, покажут более детальные расчеты. Но уже сейчас видно, что размеры ежегодного ущерба Южному Приаралью практически соизмеримы с размером необходимых капвложений.

При оценке социально-экономического и экологического ущерба на уровне 2002 года в зоне Северного Приаралья НИЦ МКВК[1] были получены следующие показатели:

[1] INTAS – Арал – 2000–1059 «Экономическая оценка локальных и совместных мер по сокращению социально-экономического ущерба в зоне Приаралья», Вена-Амстердам-Москва-Алматы-Ташкент, 2004, 156 с.

Прямые потери составляют в годовом исчислении (в млн. долларов):

- в орошаемом земледелии — 13;
- в рыбоводстве и отлове рыбы — 2,6;
- в вылове ондатры — 0,3;
- в продукции животноводства — 8,2;
- в рекреации и туризме — 4,3.

Итого в сельском хозяйстве: 28,4.

- в рыбной промышленности — 0,8;
- в переработке пушнины — 2,2;
- в переработке камыша — 2,6;
- в потере транспорта — 0,3.

Итого потери в промышленности — 5,9.

Всего в производстве — 34,3.

Косвенные и социальные потери — 13,66.

Таким образом, суммарные прямые и косвенные социально-экономические потери от экологической катастрофы в Северном Приаралье составили 47,96 млн. долларов США.

Глава 4

МОНИТОРИНГ ОСУШЕННОГО ДНА МОРЯ

Мониторинг обсохшего дна Большого Аральского моря осуществлялся по двум проектам за период 2004–2011 года:

1. «Стабилизация и использование осушенного дна Аральского моря» — PN 04.2037.2-001.01

Проект GTZ и НИЦ МКВК.

2. «Вода в Центральной Азии» — CAWA

Проект НИЦ МКВК и GFZ (Институт Земли, Потсдам, Германия), компонент «Динамика и взаимосвязь между поверхностными, оросительными, грунтовыми водами в дельте Амударьи, Аральском море и Ферганской долине».

Цель данной работы заключалась в мониторинге покрытия обсохшего дна Аральского моря, определении динамики процессов, оценке экологического риска опустынивания территории, создании карт покрытия, рекомендации по стабилизации процессов.

Методика исследований включала в себя полевые исследования для детального изучения эталонных участков ландшафтов и последующего сопоставления с результатами космических снимков для классификации ландшафтов с последующим построением карт в системе ГИС.

За период выполнения проектов было организовано 9 экспедиций на обсохшее дно моря и прилегающую территорию. Экспедиции носили комплексный характер, в состав их входили эколог, почвовед, гидрогеолог, ботаник. Было описано более 800 тестовых участков в координатах, заложено более 300 почвенных разрезов (рис. 4.1).

Состав и методы полевых исследований:

- Гидрогеология: уровень грунтовых вод и их минерализация.
- Почва: генетическое описание, механический состав, гумус, карбонаты, гипс, засоление, состав солей, тип почвы.
- Растительность: состав, состояние, проективное покрытие.
- Экология: стабильность ландшафтов, риск.
- Классификация в рамках спутниковых снимков.

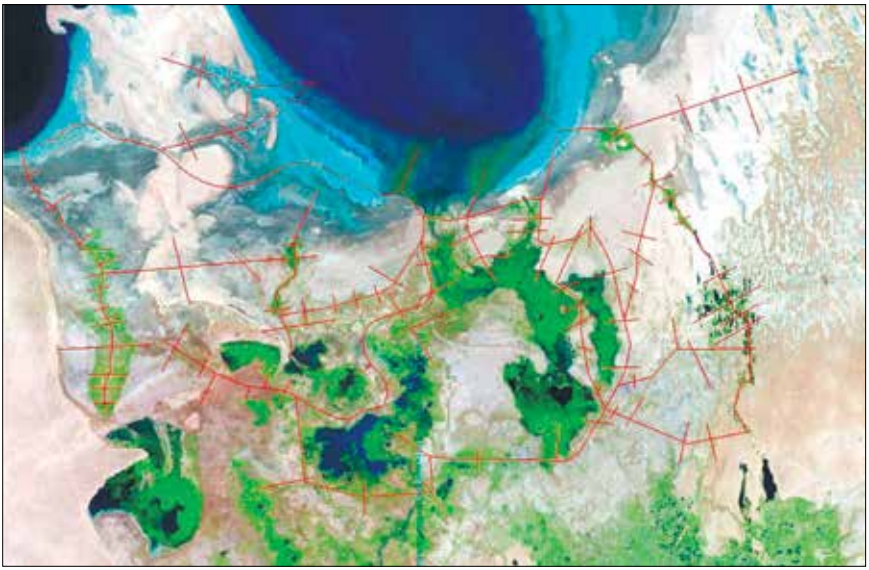


Рис. 4.1. Схема полевых исследований на территории обсохшего дна Аральского моря.

При исследовании территории обсохшего дна Аральского моря использовались два типа спутниковых снимков — IRS LISS и Landsat, которые были приобретены GTZ. Пространственное (геометрическое) разрешение данных, которое характеризуется минимальным размером объектов, различимых на снимках, для IRS составляет 23,5 м, а для спутника Landsat соответственно 28 м. Для работы с космическими снимками в НИЦ МКВК используется программный продукт «ERDAS 8.4». (ERDAS Imagine занимает в области систем обработки спутниковых снимков примерно такое же ведущее положение, что и Arc/Info в области ГИС).

4.1. Результаты мониторинга

Геоморфология

Геоморфологические процессы, развивающиеся на осушающемся дне моря, неоднозначны в различных частях акватории, что определяется, прежде всего, типом осушившегося побережья. В тесной связи с этим находится ширина полосы его осушки, её уклон, литология, микрорельеф, засоленность и др. (Т. П. Грязнова, 1979, 1982, 1986; М. Е. Городецкая, 1978; Г. В. Гельдыева, Т. И. Будникова, 1985; Б. И. Пинхасов, Р. Б. Отеев и др., 1999; Б. И. Пинхасов, 1984; И. В. Рубанов, 1994; А. А. Рафиков, 1982).

Строение осушившегося дна определяется следующими основными моментами:

1. До понижения уровня моря побережье отличалось сложностью строения, включая сильную изрезанность береговой линии, что было обусловлено структурно-геоморфологическими особенностями Приаралья. Осушившиеся территории наследуют основные черты прилегающей суши.

2. Площади, вышедшие к настоящему времени из-под воды моря, длительное время находились под воздействием береговых процессов при колебании уровня около отметки +53 м. Кроме того, за последние полтора столетия уровень моря дважды опускался до отметки +50 м (в 1820-х и 1880-х гг.). В связи с этим на данной территории сформировалось большое разнообразие береговых форм.

3. Согласно существующим закономерностям прибрежно-морской седиментации, осушившаяся территория, развивавшаяся длительное время в прибрежных условиях, сложена на большей части побережья песками, сменяющимися на алевриты и илы в мезо — и микро понижениях. На участках, формирующихся под влиянием коренных берегов, литология определяется особенностями строения последних.

Обсохшая территория представляет наклонную береговую полосу молодой осушки моря, ограниченную со стороны суши на всех берегах, кроме живых дельт, морской террасой, названной террасой 60-х годов (Т. П. Грязнова, 1986) (рис. 4.2)

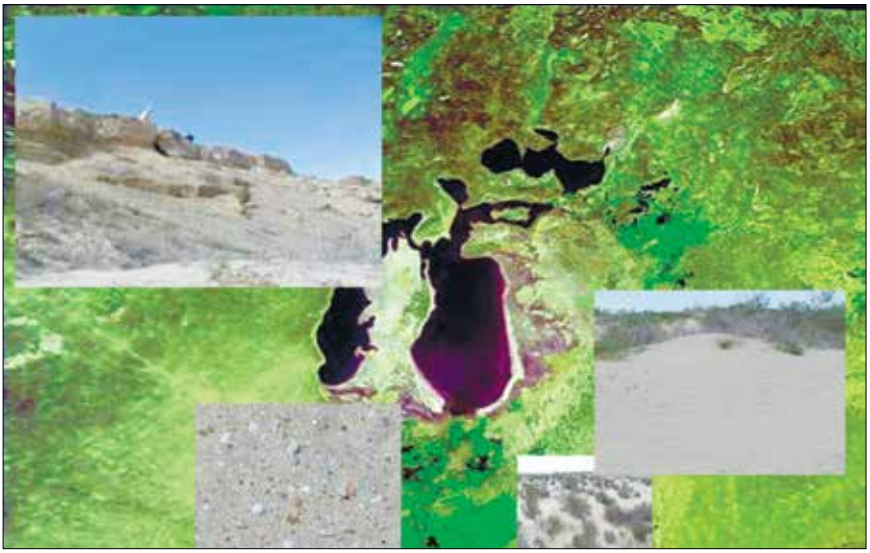


Рис. 4.2. Некоторые типы осушившегося побережья.

Гидрогеология

По всей площади осушенного дна моря простираются верхнемеловые напорные горизонты, которые в пределах Южно-Приаральского артезианского бассейна питают 378 артезианских скважин с суммарным расходом 19615 тысяч кубометров в сутки с расходом от 1 до 10 литров/секунду. Ещё 156 скважин с суммарным расходом 1.44 тысячи кубометров в сутки существуют в Устюртском гидрогеологическом районе[1].

Обсохшая часть дна Большого Аральского моря в обследованных участках находится в зоне напорных грунтовых вод, на которых естественное влияние оказывает снижение уровня Аральского моря, при некотором слабом воздействии расположенных на юге польдерных и речных систем. По результатам проведенных работ установлено, что на обсохшей части дна Аральского моря уровень грунтовых вод (УГВ) колеблется от 0,57 до 4,7 м, при этом УГВ снижается по мере удаления от уреза воды (рис. 4.3). Минерализация подземных вод в среднем от 26,0 г/л до 67,8 г/л. Водоносные горизонты и комплексы аллювиально-озерных и плейстоценовых отложений реагируют гораздо быстрее на снижении уровня моря, чем верхние горизонты аллювиальных морских и подводно-дельтовых отложений Аральского комплекса.

Рис. 4.3. Зависимость уровня грунтовых вод от удаленности от уреза воды.

[1] Отчет «Исследование динамики подземных вод в осушенной части Аральского моря», Госкомитет Республики Узбекистан по геологии и минеральным ресурсам, Госпредприятие «Институт ГИДРОИНГЕО», Ташкент, 2010.

Это, в основном, связано с геолого-литологическим составом и фильтрационными параметрами водовмещающих пород. На обсохшем дне более раннего периода осушки по снижению УГВ и уровня Аральского моря происходит отрыв капиллярной каймы от поверхностной части дна моря, и процесс засоления почвогрунтов перемещается в глубину слоя, тем самым уменьшая возможность их ветрового выноса в атмосферу.

4.2. Почвы

Процессы высыхания Аральского моря привели к образованию новой формации почвенного покрова обсохшего дна. Изучение вновь образовавшейся суши очень важно, так как она является источником пыльных бурь и солей, переносимых на значительные расстояния (Сектименко, 1991; Stulina, Sektimenko 2004).

В настоящее время полоса осушки Большого Аральского моря достигает от 1–2 км вдоль чинка и западного берега Западного водоёма до более ста пятидесяти — двухсот километров от южного побережья. Обнаженные донные осадки представляют собой отложения морского, речного и смешанного генезиса. На этих обнажившихся грунтах идёт процесс почвообразования, который в корне отличается от зональных процессов своими специфическими особенностями. И именно эти особенности позволяют почвенному покрову осушенной части дна Аральского моря за короткий отрезок времени проходить вековой цикл развития.

Начальный этап формирования почвенного покрова на всех типах побережья Аральского моря одинаков. Он связан с интенсивным развитием соленакопления на освободившихся из-под уровня воды грунтов и образованием в зоне активного пляжа маршевых и приморских солончаков с хлоридным, сульфатно-хлоридным и хлоридно-сульфатным типом засоления. Равномерное распределение солей по всему профилю к концу первого года развития молодой суши в континентальных условиях сменяется интенсивным накоплением в верхних горизонтах. (Сектименко, 1991; Stulina, Sektimenko 2004)

В дальнейшем почвообразовательный процесс дифференцируется в зависимости от литологического и морфологического строения бывшего подводного склона.

Развитие почв во времени под влиянием изменяющихся гидрогеологических условий и аридного климата происходит поступательно от гидроморфных к автоморфным. При легком литологическом составе развитие почв заканчивается обычно образованием эолового эрозионно-аккумулятивного рельефа. При тяжелом механическом составе образуются более сформировавшиеся пустынные почвы солончакового типа, которые со временем могут трансформироваться в такырные почвы, в замкнутых котловинах и лагунах образуются, обычно, соровые солончаки.

В этих условиях эволюция почв во времени будет происходить, как и сейчас, по следующей схеме: избыточно гидроморфные почвы (марши) → умеренно гидроморфные солончаки → полугидроморфные солончаки → полуавтоморфные солончаки → автоморфные солончаки.

На последующих стадиях развития почв солончаковые процессы, вызванные гидроморфными условиями, затухают, во много раз возрастает роль аридно-зонального фактора, под влиянием которого дальнейшее развитие почв идет типично по пустынному типу.

Периодически промывной режим сменяется на выпотной, а первоначально хлоридный тип засоления — на хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный, с плотным остатком в максимуме до 15%. Процесс преобразования маршевых солончаков в приморские протекает приблизительно в течение трех-четырех лет и связан с изменением характера распределения солей в почвенном профиле и накоплением их в первой метровой толще. Уровень грунтовых вод при этом снижается с 0,5 м до 1,5 м.

Автоморфные и полуавтоморфные почвы, особенно их корково-пухлые разновидности становятся источником пыли и соли.

В дельте в условиях недостаточной обводненности происходит процесс деградации гидроморфных дельтовых почв, переход их в опустынивающиеся разности, полная трансформация плавнево-болотных почв и преобладание обсыхающих вариантов лугово-болотных и аллювиально-луговых почв очень сильной степени засоления, увеличение площадей такыровидных почв, песков и солончаков. Интенсивность этого процесса определяется особенностями мезо- и макрорельефа и региональных экологических условий. В период зарегулирования стока практически все гидроморфные почвы характеризуются высокой степенью засоления.

Смена сульфатного и хлоридно-сульфатного типов засоления на сульфатно-хлоридный и хлоридный создает угрозу развития вторичного засоления гидроморфных почв. Особенно этот процесс характерен для начальных стадий опустынивания почв.

Деградация гидроморфных почв проявляется в снижении продуктивности кормовых угодий. Вся территория характеризуется сильной степенью опустынивания, охватывающей более 50% площади, потерей биологического разнообразия, практически необратимыми нарушениями морфологической структуры ландшафтов.

За 15 лет с момента составления предыдущей почвенной карты Институтом почвоведения АН (Сектименко, 1991) (рис. 4.9) произошли значительные изменения. В результате проведенных нами девяти экспедиций на обсохшее море и в дельту Амударьи были заложены более 300 почвенных разрезов и составлена почвенная карта (рис. 4.10).

При изучении почвенного покрова на обсохшем дне Аральского моря были выделены и описаны следующие разновидности приморских почв: солончаки полугидроморфные, солончаки гидроморфные, солончаки полуавтоморфные, солончаки автоморфные, пустынно-песчаные почвы, опустынившиеся аллювиально-луговые дельтовые почвы, пески, закрепленные в различной степени. Часто почвы встречаются в сочетаниях и комплексах, отражая пестроту почвенного покрова обсохшего морского дна.

По геоморфологическим и почвенным условиям территория обсохшего дна четко подразделяется на восточную часть, приуроченную к Акпеткинской островной системе, и западную равнинную часть между плато Устюрт и Кокдарьей (Муйнакская часть), включая специфическую территорию между плато Устюрт и заливом Аджибай.

4.3. Ландшафты

С точки зрения формальных методов описания данная задача относится к классу задач распознавания образов, где роль алгоритмов распознавания возлагается на ГИС, а поставщиками исходной и обучающей информации являются спутниковые снимки и группы натурного обследования.

В основу анализа тематических карт и проведенных полевых исследований по изучаемой территории с обязательным учетом взаимосвязей основных природных компонентов — рельефа, почв, растительности на изучаемой территории — были выделены следующие основные типы ландшафтов природно-территориальных комплексов:

1. Аридно-денудационные плато и останцевые возвышенности
2. Аккумулятивные равнины
2.1. Ландшафты морских равнин
2.1.1. Ландшафты обсохшего морского дна
2.1.2. Ландшафты озерно-аллювиальных равнин
2.2. Ландшафты аллювиально-дельтовых равнин
2.2.1. Формирующиеся дельтовые ландшафты на обсохшем дне моря
2.2.2. Авандельты (дельты выдвижения) 70–80 годов
2.2.3. Современная обсыхающая аллювиально-дельтовая равнина
3. Голоценовая дельта (бывшие острова, проливы и заливы Акпеткинского архипелага).

Системный анализ данных дистанционного зондирования земли, ландшафтов территории обсохшего дна Аральского моря и данных полевых исследований позволил специалистам GTZ фирмы TERRA и НИЦ МКВК сократить число подразделов ландшафта и сузить состав классов для создания тематической карты с учетом целей и задач проекта. Данный состав классов позволяет оценить степень эрозионной опасности, проследить динамику процессов опустынивания.

В результате анализа спектральных характеристик было выделено 17 классов (Табл. 4.1).

Таблица 4.1. Классы почвенно-растительного покрова.

NN	*Наименование класса*
1	ВОДА
1.1.	Водная поверхность
1.2.	Мелководья, иногда с тростником
2	СОЛОНЧАКИ
2.1.	Маршевые без растительности или с сообществами солероса
2.2.	Мокрые-приморские с ракушкой, иногда с единичными экземплярами солероса и сарсазана
2.3.	Корково-пухлые и корковые без растительности, иногда с единичными экземплярами кустарников (карабарак, гребенщик)
2.4.	Солончаки с навеянным песчаным чехлом с разреженными сообществами лебеды и селина
2.5.	Соровые солончаки замкнутых понижений без растительности, иногда в обрамлении сарсазанников
3	ПЕСКИ
3.1.	Равнинные (с ракушкой) без растительности или с разреженными кустарниками (саксаул, гребенщик)
3.2.	Дюнные без растительности
3.3.	Мелко-бугристые (слабо закрепленные) с разреженными сообществами полыни, кустарников и посевами селена.
3.4.	Бугристые и бугристо-грядовые без растительности и слабо закрепленные
3.5.	Бугристые, бугристо-грядовые закрепленные с эфемерово-полынно-кустарниковыми сообществами
4.	РАВНИНЫ ДЕЛЬТОВЫЕ И АККУМУЛЯТИВНЫЕ
4.1.	Луга на аллювиальных равнинах (тростниковые, разнотравно- злаковые) на аллювиально-луговых, болотно-луговых и лугово-болотных почвах
4.2.	Опустынивающиеся гидроморфные злаково-галофитноразнотравные с кустарниками
4.3.	Кустарниковые заросли (галофитные: тамарикс, карабарак)
4.4.	Опустынивающиеся кустарниковые
4.5.	Кустарниково-саксауловые (пустынные леса/искусственные насаждения)

Спектральные профили всех классов приведены в книге «Комплексные дистанционные и наземные исследования осушенного дна Аральского моря» (Ташкент, 2007).

На рисунке 4.4 представлены результаты классификации снимка, оформленные в виде тематической карты. Тематическая карта является результатом камерального дешифрирования спутниковых снимков, который основывается на данных полевых исследований.

Определенный и согласованный для территории обсохшего дна перечень классов соответствует целям и задачам проекта — определение эрозионно опасных территорий и территорий для проведения перспективных фитомелиоративных работ.

Для перспективного развития и разработки природоохранных мероприятий очень важно оценить ландшафт осушенного и осушающегося дна моря с позиции возможных изменений, развития процессов дефляции, пыле- и солепереноса. В основу таких оценок должна быть положена классификация ландшафтов в увязке с почвенным покровом, состоянием растительности и другими факторами.

По своей природе ландшафт — это крайне неравновесная, изменчивая система, для которой характерны суточные, годовые и многолетние ритмы.

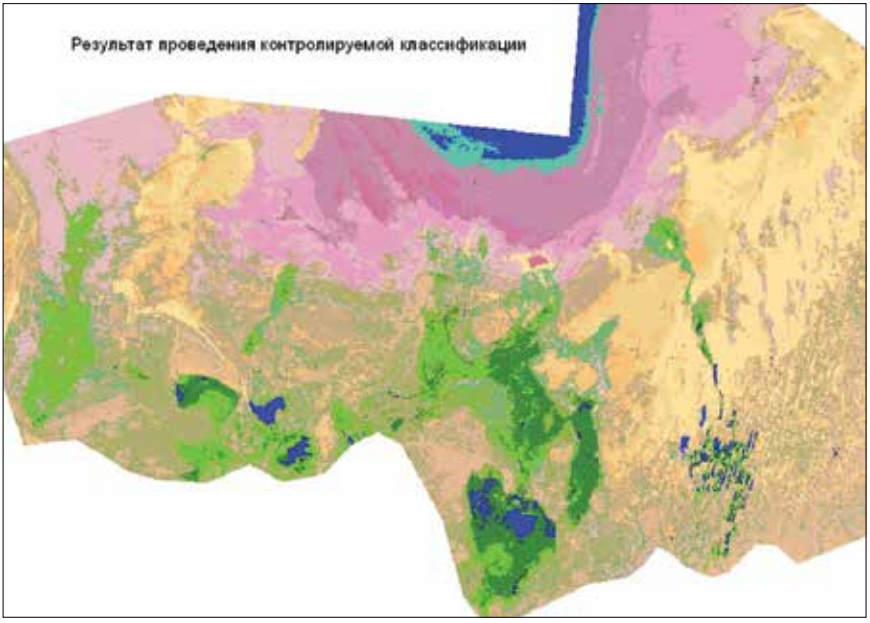


Рис. 4.4. Результат проведения контролируемой классификации дельты.

Современная трансформация природной среды в Приаралье, имеющая региональный масштаб, оценивается нами как антропогенно обусловленный процесс аридизации. Особенностью этого процесса является то, что пусковым механизмом выступил человек. В связи с тем, что данный процесс развивается на фоне пустынных зональных условий, ведущим фактором динамики выступает сокращение влаги, и эволюция ландшафтов идет в направлении форм, соответствующих пустынным комплексам, данный процесс называется «опустыниванием».

Как уже отмечалось выше, экологическая опасность рассматривается с позиции агрессивности ландшафта для жизни и возможности хозяйственной деятельности человека. Экологическая опасность проявляется не только в сиюминутном состоянии ландшафтов, но и может проявиться при том или ином хозяйственном вмешательстве в динамике их формирования, так как ландшафты обсохшего дна Аральского моря находятся в настоящее время в очень неустойчивом (нестабильном) состоянии. Таким образом, оценка экологической опасности проводится с учетом динамики проходящих на площади процессов в соответствии со схемой, приведенной ранее (карта эрозионной опасности, рис. 4.5).

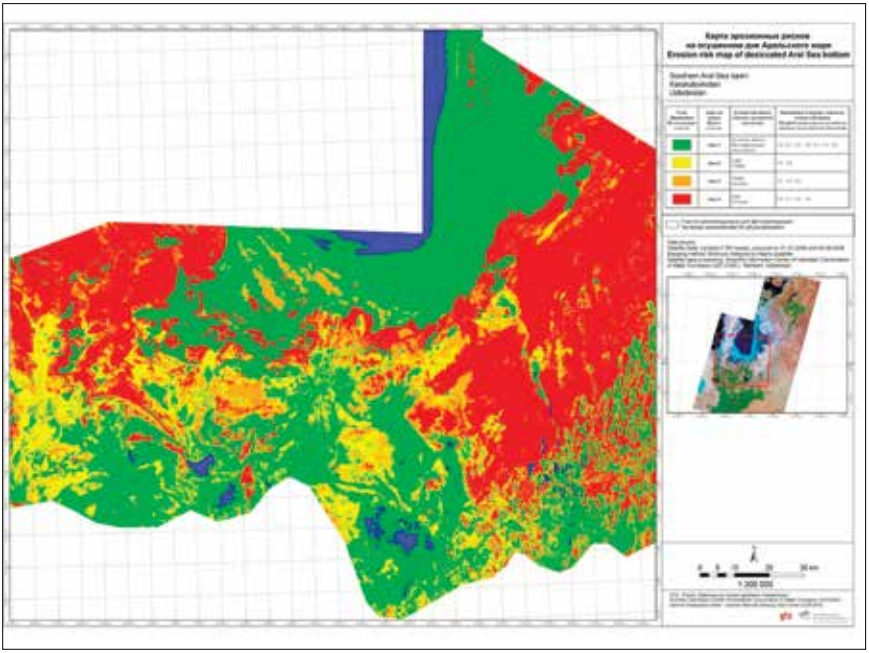


Рис. 4.5 Карта эрозионных рисков.

Шкала экологической опасности принята согласно оценке развития деструктивных экзогенных процессов (таблица 4.2):

Таблица 4.2. Шкала оценки экологической опасности для результатов классификации.

Степень (ступень) экологической опасности Degrees of ecological risk	Индекс на карте Scale of ecological risk	Распределение классов по степени нестабильности территории
Нет (практически отсутствует) No (practical absence)	1	1.3 1.4 2.1 2.2 2.5 4.1 4.3 4.5
Слабая Light	2	1.1 1.2 3.5 4.2
Средняя Middle	3	2.3 3.4 4.4
Сильная High	4	2.4 3.1 3.2 3.3

1. Нет (Практически отсутствует), присвоена классам:
- Солончаки маршевые без растительности или с сообществами солероса;
- Мокрые приморские солончаки без растительности, иногда с единичными экземплярами солероса и сарзана;
- Соровые солончаки замкнутых понижений;

Приморские и соровые солончаки в первые годы отступления моря (3–6 лет) не представляют опасности, так как глубина залегания грунтовых вод колеблется от 0,1 до 1,5 метров, на поверхности формируется тонкая соленая корка 1–3 см, которая разрушается на протяжении порядка десяти лет. В течение этого периода эта территория практически не подвержена ветровому воздействию. Соровые солончаки не представляют опасности, так как большую часть года находятся в гидроморфном режиме.

- Луга на аллювиальных равнинах (тростниковые, разнотравно-злаковые) на аллювиально-луговых, болотно-луговых и лугово-болотных почвах;
- Кустарниковые заросли (галофитные: тамарикс, карабарак);
- Кустарниково-саксауловые (пустынные леса/искусственные насаждения);

В ландшафтах озерных равнин, периодически или постоянно обводняемых речными и коллекторно-дренажными водами, отсутствует опасность, так как они относятся к гидроморфному режиму. Кроме того, растительность является одним из основных факторов, определяющих динамическое состояние ландшафта. Луга на аллювиальных равнинах имеют достаточно высокое проективное покрытие, а кустарниковые заросли способствуют закреплению подвижных песков.

2. Слабая экологическая опасность:
- Водная поверхность в дельте;
- Мелководья, иногда с тростником;

Данные классы отнесены к слабой экологической опасности, так как их существование зависит от поступления в дельту воды, то есть от водности года. Так, например, в маловодные годы площадь водной поверхности значительно уменьшается, что, в свою очередь, влечет за собой угнетение тростниковой растительности.

- Бугристые, бугристо-грядовые закрепленные с эфемерово-полынно-кустарниковыми сообществами;
- Опустынивающиеся гидроморфные злаково-галофитноразнотравные с кустарниками.

3. Средняя экологическая опасность:
- Корково-пухлые и корковые без растительности, иногда с единичными экземплярами кустарников (карабарак, гребенщик);
- Бугристые и бугристо-грядовые без растительности и слабо закрепленные;
- Опустынивающиеся кустарниковые.

Корково-пухлые солончаки являются одним из основных поставщиков соли и пыли в атмосферу. Опустынивающиеся кустарниковые представляют опасность с точки зрения деградации растительного покрова, что в свою очередь может повлечь за собой интенсивное развитие эоловых процессов. Бугристо-грядовые и бугристые пески слабо закрепленные и без растительности ежегодно переуглубляются на 3–5 см. Бугристые и бугристо-грядовые пески, не закрепленные растительностью, занимают значительные территории обсохшего дна Аральского моря. Степень проективного покрытия колеблется от 20 до 40%, что способствует развитию эоловых процессов. Поэтому межбарханные понижения являются основным поставщиком соли и пыли в атмосферу.

4. Сильная экологическая опасность:
- Солончаки с навеянным песчаным чехлом с разреженными сообществами лебеды и селена;
- Равнинные (с ракушкой) без растительности или с разреженными кустарниками (саксаул, гребенщик);
- Дюнные без растительности;
- Мелко-бугристые (слабо закрепленные) с разреженными сообществами полыни, кустарников и посевами селена.

Данные классы представляют собой территории с интенсивным развитием экзогенных процессов и представляют собой наивысшую степень

экологической опасности — формирования очагов солепылепереноса. Значительная часть территории развивается в автоморфном режиме.

Согласно шкале экологической опасности и согласованному распределению классов по степени экологической опасности, результаты контролируемой классификации были распределены по степени экологической опасности (рис. 4.5, см. стр. 50), то есть создана тематическая карта «Карта эрозионных рисков» и рассчитаны площади по каждому классу экологической опасности, в скобках указан цвет на карте для всей узбекской территории Приаралья.

- Нет (практически отсутствует) — **858621,4 га** (Зеленый);
- Слабая — **311353,0 га** (Желтый);
- Средняя — **280842,0 га** (Оранжевый);
- Сильная — **785035,0 га** (Красный).

По отношению к общей площади обсохшего дна Аральского моря (в республиканских границах), территория, где отсутствует экологическая опасность, составляет порядка 40% от общей площади обсохшего дна Аральского моря, площади со слабой и средней экологической опасностью составляют порядка 25%, а территории с сильной опасностью — 35%.

4.4. Динамика процессов опустынивания

На основе сопоставления данных проведенных исследований в 2006 году с *«Картой ландшафтов Южного Приаралья» за 1990 год (А. Чернышев, САНИИРИ, оцифровка НИЦ МКВК)* получены интересные данные, представленные в таблице 4.3.

Таблица 4.3. Изменение укрупненных показателей сопоставлением оценки ландшафтов 1990…2006 годов, тыс. га/%.

Степень риска	Площади по степени риска		Общая площадь биопокрытия	
	1990	2006	1990	2006
1	199,4 24,2	760,2 42,9		
2	187,5 22,8	384,0 21,7	54100 6,5	512071 28,9
3	193,6 23,5	23,2 1,3		
4	243,4 29,5	605,0 34,1		

Таким образом, распределение исследуемой территории по степени риска изменилось в процентном соотношении. Площади с отсутствием экологической опасности увеличились на 18,7%, что вызвано увеличением площадей мокрых приморских солончаков, которые в первые 3–6 лет не представляют экологической опасности. Кроме того, увеличились площади территорий с высоким проективным покрытием — кустарниково-саксауловые заросли. Площади сильного риска выросли почти на 5% за счет увеличения корково-пухлых солончаков. Значительно уменьшились площади со средней экологической опасностью — на 20% по сравнению с 1990 годом, что вызвано, в первую очередь, тем, что на территории обсохшего дна наблюдаются процессы зарастания.

Так, например, после завершения строительства дамбы на озере Судочье, значительно увеличились площади с кустарниковой растительностью на территории бывшего залива Аджибай. По карте «Ландшафты Южного Приаралья, состояние местности на 1990 год», на территории бывшего залива Аджибай площадь, покрытая растительностью, составляла 3,7 тыс. га; а по состоянию местности на 2006 год — 29,7 тыс. га, то есть заросшая площадь увеличилась в 8 раз. В абсолютном же значении за счет осушки моря площади увеличились на 950 тыс. га за счет отступления береговой линии, но площади особо сильного риска возросли на 362 тыс. га или на 149%.

Сопоставление Карты литологического состава покровных (четвертичных) отложений природных комплексов обсохшего дна Аральского моря с данными 2006 года (табл. 4.2) показывает, что при общем увеличении площади обсохшего дна Аральского моря порядка на 600 тыс. га их изменение по степени экологической опасности выглядит следующим образом:

- Нет (практически отсутствует) — **увеличилось на 560,8 тыс. га;**
- Слабая — **увеличилась на 196,5 тыс. га;**
- Средняя — **уменьшилась на 170,4 тыс. га**;
- Сильная — **увеличилась на 361,6 тыс. га**.

То есть за период с 1990 по 2006 год территории с сильной экологической опасностью увеличились более чем в два раза.

Тенденция к зарастанию сохранилась. Нынешняя оценка проектного покрытия растительности близка к той же категории в рамках предыдущих сопоставлений и составляет в 2006 году 30,5% против 21,6% в 1996 году. Это опять-таки подтверждает наличие процессов самозарастания, которые очевидно интенсифицировались за последнее годы.

4.5. Динамика процессов на дне осушенного моря. Оценка риска

На осушенном и освобождающемся дне моря развивается как процесс опустынивания, так и процесс естественного почвообразования. Направленность

этих процессов определяется сложным сочетанием изменения уровней грунтовых вод, формированием нового ландшафта, эоловым переносом, формированием новых почв и растительного покрова. Все эти процессы взаимоувязаны.

Понятно, что главным индикатором этих процессов является характеристика поверхности, и, в первую очередь, характеристика почвенного покрова.

Почвенный покров является главным определителем экологической стабильности и экологической опасности (риска), так как состояние и динамизм почвенного покрова практически определяет направленность происходящих в биологически активном слое процессов.

Если рассмотреть приведенные в предыдущих главах классы с позиций их превращений и динамики, то можно увидеть (рис. 4.7.1), что главными побуждающими к изменению почв и ландшафтов действующими силами являются последовательные процессы. Сначала происходит усыхание моря, последующее развитие дефляционных процессов, обсыхание озер и понижений в островной и других впадинных системах. На смену им приходит опустынивание (или обводнение) дельты, посадки для борьбы с дефляционно-эоловыми процессами, дефляционные процессы на подвижных и мало заросших барханах и дюнах и развитие самозарастания в зоне искусственных посадок.

Начальная осушка морского берега сопровождается образованием гидроморфных маршевых солончаков, которые не имеют растительности, и их устойчивость и стабильность определяется степенью влажности и содержанием песка или суглинисто-глинистых частиц.

К настоящему моменту на большей части обследованной территории грунтовые воды опустились глубже 3 метров, обладают очень высокой минерализацией (до 50 г/л). Гидроморфные и полугидроморфные солончаки здесь трансформировались в полуавтоморфные и автоморфные. Зона вновь образовавшихся гидроморфных почв перемещается вслед за отступающим урезом морской воды.

Автоморфные приморские солончаки представлены корковыми, корково-пухлыми, местами отакыренными разновидностями.

Профиль автоморфных солончаков в целом очень сильно засолен, но максимум содержания солей (рис 4.6) приходится на корковый и подкорковый (порошисто-пухляковый) горизонты. Содержание солей в них колеблется от 3,0–5,0 до 15–25%. Вниз по профилю количество солей уменьшается и изменяется в зависимости от механического состава слоев. В нижних горизонтах профиля часто формируется второй солевой максимум, обусловленный современным залеганием сильноминерализованных грунтовых вод.

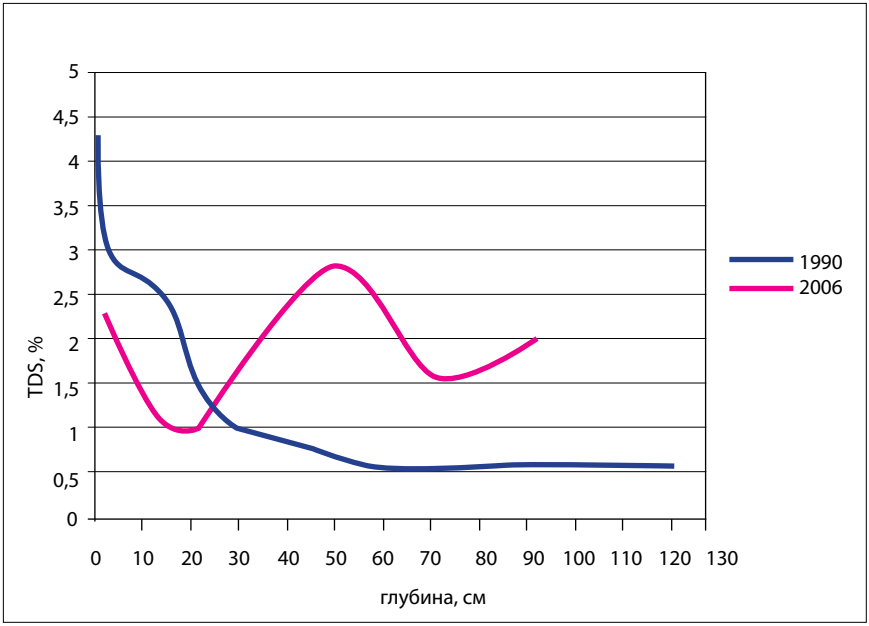


Рис. 4.6. Распределение солей в гидроморфной и образованной из нее автоморфной почве.

Тип засоления поверхностных горизонтов этих солончаков по анионам сульфатно-хлоридный и хлоридно-сульфатный. Вниз по профилю сульфатно-хлоридный тип преобладает над другими типами засоления. Равномерное распределение солей сменяется на концентрацию их в средней части профиля, в связи с участием одновременно нескольких процессов: снижения уровня грунтовых вод, опреснения верхнего слоя, перекрытия его песчаным чехлом.

Обсыхание почвогрунтов сопровождается активизацией эолово-дефляционных процессов. И хотя в песчаных солончаках солей содержится меньше, чем в суглинисто-глинистых, они тем не менее становятся мощным источником соле-пылепереноса, поскольку легче и глубже перерабатываются ветром. Результатом такой обработки и переноса первоначально явилось формирование эолового рельефа по всему периметру реликтового взморья. Со временем такое явление распространилось и вглубь бывшей акватории моря (рис. 4.7).

Дальнейшая активизация дефляционно-аккумулятивных процессов способствует направленному рассолению почвогрунтов и формированию песчаных почв зонального ряда со слабой степенью засоления под разреженной псаммофильной растительностью. Период трансформации приморских солончаков в песчаные почвы растягивается приблизительно на 8–10 лет (рис. 4.7.1).

Рис. 4.7. Сухое русло реки Амударья.

	класс			
	1	2	3	4
Обсыхание моря				3.1
	2.1			
	2.2 3-4 года		2.3 5–7 лет на тяжелых почвах 4–5 лет на легких почвах	
Обсыхание моря с после-дующими дефляционнымт порцессами				2.4
Обсыхание озер в островной системе	2.5			
Опустынивание дельты	4.1	4.2 10–12 лет на легких почвах 14–16 лет на тяже-лых почвах		
	4.3		4.4 10–12 лет (зависит от подачи воды в дельту)	
Саморазрастание, искус-ственные посадки Дифляционно-эоловые процессы		3.5	3.4	
Дифляционно-эоловые процессы				3.2
				3.3
Искусственные посадки и саморазрастание,	4.5			

Рис. 4.7.1. Направленность трансформации классов поверхности усыхающего моря регулируемое развитие процесса возможное развитие процесса.

Рис. 4.8. Опустынивание дельты, засохшие деревья туранги (Populus pruinosa).

При снижении попусков в дельту речных вод аллювиальные дельтовые почвы деградируются, уровни грунтовых вод снижаются, минерализация повышается.

Особенно этот процесс характерен для начальных стадий опустынивания почв. Содержание солей в почве увеличивается. Период трансформации почв гидроморфного ряда в опустынивающиеся определяется промежутком 10–15 лет.

Деградация почвенного покрова проявляется в снижении продуктивности кормовых угодий, потере органических веществ, в уменьшении элементов плодородия. Естественно, что все эти процессы наносят значительный ущерб естественному плодородию почвенного покрова. Значительно снижается и биоразнообразие. Происходит выпадение дельтовой растительности (рис. 4.8).

Для того чтобы выявить общую направленность процессов почвообразования, использовали результаты почвенных исследований Почвенного института АН Узбекистана и выполненную П. П. Сектименко детальную

почвенную карту зоны осушенного дна моря по состоянию на 1990 г. (рис. 4.9), сравнивая их с нынешним состоянием, отражённым почвенной картой за 2005 год (рис. 4.10).

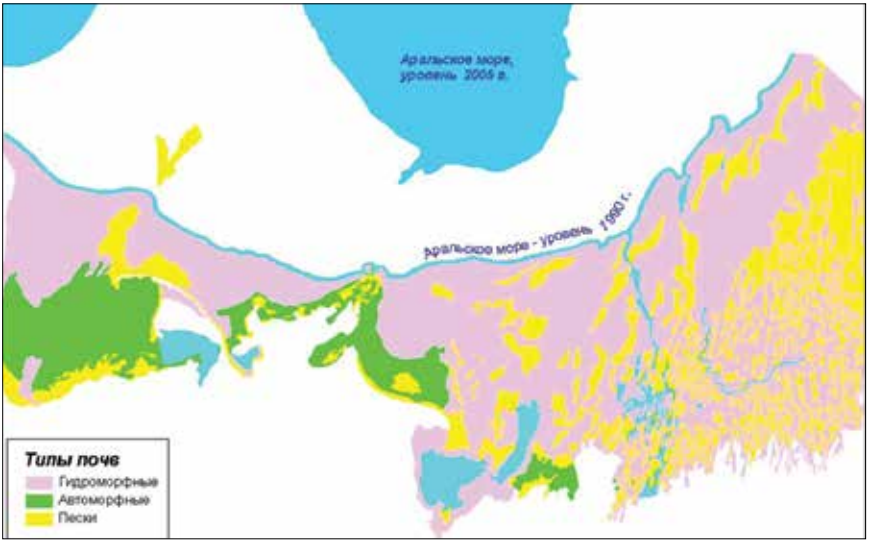


Рис. 4.9. Почвенная карта, состояние местности на 1990 год.

Рис. 4.10. Почвенная карта, состояние местности на 2005.

Ниже приводятся результаты сопоставления в рамках площадей, которые были охвачены съемкой Сектименко в 1990 году и образовавшиеся на осушке до 2006 года (табл. 4.4).

Таблица 4.4. Сопоставительный анализ изменения почвенного покрова, в сравнении с 1990 годом (тыс. га).

Класс ландшафтов	Группы почв	1990 год	2005 год	
			В зоне, охваченной съемкой 1990 г.	В зоне осушки с 1990 по 2005 год
2.1, 2.2, 2.5, 4.1	Гидроморфные и полугидроморфные	763204	276340	372568
2.3, 2.4, 2.5, 4.3	Автоморфные и полуавтоморфные	114443	165834	8304
4.5	Пустынно-песчаные		233460	4381
3.1–3.5	Песок	172348	321745	81888
4.2, 4.4	Опустынивающиеся луговые		52616	45
Всего		1049995	1049995	467186

Сравнение проводилась в контурах одинаковых площадей, полученных при совмещении почвенных карт. За период с 1990 года произошло увеличение автоморфных солончаков более чем на 50 тыс. га за счет снижения уровня грунтовых вод и перехода гидроморфных почв в их автоморфные аналоги. Сформировались 233,5 тыс. га пустынно-песчаных почв, что является позитивным признаком. Однако значительно увеличилась площадь под песками, с 172 тыс. га до 322 тыс. га, что указывает на интенсификацию эрозионных процессов на обсохшем дне.

С позиций экологической стабильности вообще вся зона осушенного дна моря является нестабильной в целом, ибо здесь с двух сторон — и со стороны уходящего моря, и со стороны прежней дельты — идут процессы постепенного изменения поверхности, обусловленные отходом береговой линии и осушением пляжей со стороны моря и обсыханием (деградацией) дельты. Однако при искусственном постоянном обводнении со стороны прежней дельты или при периодических попусках в сторону прежних замкнутых понижений и озер условия формирования ландшафтов и почвообразования могут быть относительно стабилизированы.

Если бы можно было поддерживать стабильный или периодически колеблющийся уровень Аральского моря в пределах 1–1,5 м, как это имело место в период 2003…2005 годов, то гидроморфный и полугидроморфный характер питания этих зон позволил бы поддерживать стабильность увлажнения и постепенное развитие в этих условиях солеросов, иногда саразонов. При резких спадах уровня моря солончаки сразу переходят в автоморфные формы почв соответствующих классов ландшафта. Соответственно, если процесс перехода из одного гидроморфного класса почв в другой сохраняет низшую степень экологического риска, то переход к автоморфным почвам сразу переводит определяемые ими ландшафты к последующим классам риска 3 и даже 4.

4.6. Мероприятия по стабилизации осушенного дна

Как установлено, на конец 2006 г. общая площадь зоны сильного риска составляет 785 тыс. га осушенного дна моря на территории Узбекистана. По прогнозу общая площадь зоны осушки моря увеличится в будущем в пессимистическом варианте еще на 500 тыс. га (половина площади осушки, приходящаяся на территорию республики).

Бесспорно, защищать любыми методами более 1,2 миллионов гектар непосильно ни своими силами, ни с помощью иностранных доноров. С этих позиций необходимо искать пути снижения площадей, подлежащих защите.

Из проведенных исследований видно, что на осушенном дне моря наряду с нарастанием отрицательных последствий наблюдаются и положительные тенденции — самозарастание, стабилизация отдельных видов ландшафтов. Намечены определенные меры, позволяющие надеяться на устойчивость дельты в ее нынешнем состоянии и даже на увеличение периодических попусков во временные неуправляемые старые русла на осушенном дне, в которых сохраняется жизнь фауны и флоры, которую нужно поддерживать путем соблюдения определенных временных интервалов сбросов в эти русла.

В многоводном 2005 году вокруг сбросных русел Джилтырбас и Аджибай образовались увлажненные зоны, охватившие значительную площадь осушенного дна, а общая площадь увлажнения массивов в этом году увеличилась по сравнению со средними годами на 55 тыс. га.

Таким образом, уточнив все площади возможной стабилизации ландшафта и организовав постоянный мониторинг этих территорий, можно не допустить на них нарастания зон сильного риска.

Рассмотрим теперь зону сильного риска, на которой развиваются или могут развиться негативные последствия. Мы не должны оценивать всю

ее площадь в одинаковой степени опасности для общества. В ее пределах следует выделить **территории усиленного развития негативных процессов**, на которых под влиянием эоловых и гидрохимических процессов в условиях аридного климата и антропогенных изменений увлажненности могут возникать источники стрессовых явлений. К таким источникам следует отнести:

- барханы и подвижные пески. В процессе экспедиций был обнаружен ряд таких очагов, при этом скорость их перемещения оказалась в пределах 4 км в год (2 км за полугодие);
- наличие массивов песчаных незакрепленных ландшафтов с легким мехсоставом, которые могут легко сформироваться в движущийся бархан;
- повышенное содержание легкорастворимых солей в почвогрунтах, создающих угрозу гибели уже существующей растительности и, особенно, древесной;
- формирование участков усиленного солепылевыноса, включающее вынос и аккумуляцию легких фракций поверхностных отложений (пыли и пылевого песка) и дальнейшего их переноса;
- пересыхающие или временные водопотоки или скважины, которые питают водные объекты в пустыне, служащие источником жизни.

Одновременно с фиксацией и мониторингом этих «очагов деградации» следует определить зону их влияния. Так, приведенные ранее в САНИИРИ (Разаков Р. М., 1987, 1998) наблюдения за этими процессами (ИНТАС-RFBR 1733) показали, что интенсивный солеперенос, который может нанести вред здоровью людей и продуктивности сельского хозяйства, наблюдается в пределах 50 км от интенсивного источника эоловых явлений. За пределами этой линии он снижается до нескольких десятков килограммов на гектар в год, что, естественно, не представляет никакой опасности (Толкачева Г. А., 1998).

Современные наблюдения GTZ (Питер Навратил), проведенные на пяти ветровых станциях, расположенных на востоке от Джилтырбарса, дают максимальную величину пылесолепереноса 1914 кг/га за год:

Таким образом, интенсивность солепылепереноса по отношению к 1980-м годам не увеличилась, а даже снизилась. В результате зона развития негативных процессов в зоне пересечения границ указанных зон определяет территории, подлежащие защите (рис. 4.11, табл. 4.5).

Таким образом, на территории, подлежащей защите, в общей площади более полумиллиона гектаров имеются 57,6 тыс. га площади приоритетной защиты и, кроме того, 60,0 тыс. га — в зоне осушенной дельты. Эта площадь распределения между первоочередным облесением и обводнением.

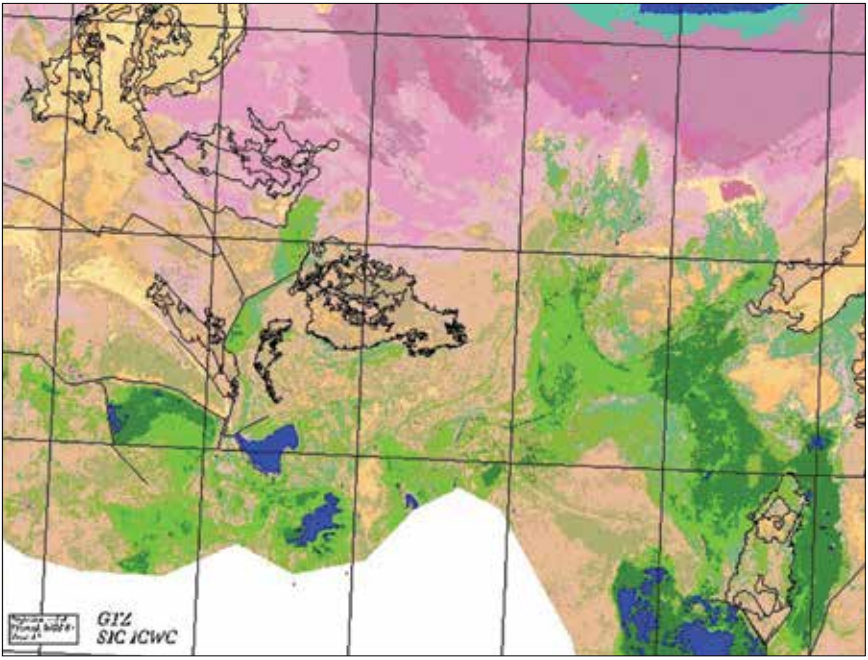


Рис. 4.11. Зоны предполагаемого освоения и закрепления.

Таблица 4.5. Территории возможного негативного влияния и подлежащие защите, (га).

Степень (ступень) экологической опасности	Цвет	Территории возможного негативного влияния	Территории, подлежащие защите
Нет (практически отсутствует)	зеленый	293926,7	
Слабая	желтый	136674,6	
Средняя	оранжевый	168717,6	
Сильная	красный	466915,3	57576,7

По данным экспедиционных и космических исследований, первоочередные работы предлагаются в:

а) районе севернее Муйнака между водотоком Рыбачьего залива и дельтой, в солончаках с навеянными подвижными песками и отдельными барханами, представляющими угрозу пылесолепереноса на Муйнак;

б) пространстве между Кокдарьей и Джилтырбарсом севернее нового лагеря GTZ, где барханы продвинулись на 2 км за последний год, засыпали дорогу и продвигаются в сторону новых посадок GTZ

в) зоне слабозакрепленных песчаных бугров в комплексе с песчаными понижениями в южной части обсохшего дна в районе залива Аджибай;

г) зоне северной части песчаной косы (скв. Бахыт), где уже проводятся посадки, но состояние их неоднозначное.

На обследованных территориях посадок имеется 30% участков с плохой приживаемостью. По рекомендации участников экспедиции необходимо провести детальное обследование (почвенно-гидрогеологическое и ботаническое) данных территорий с тем, чтобы установить целесообразность их дополнения и оценить возможность самозарастания. Как предлагает ряд исследователей (Вухрер, Гинцбургер), необходимо обсудить и оценить возможность стимулирования самозарастания распространением семян селена.

Кроме того, в зону приоритета защиты может войти часть территории, не вошедшая в осушенное дно моря, а расположенная выше отметки 53 м в дельтовой части, где интенсивно идут процессы опустынивания, которые нуждаются в дополнительном обследовании. Дистанционная оценка потребует введения здесь новых подклассов, учитывая, что дельта характеризуется совершенно другими растительными ассоциациями (туранга, тугайные леса) и почвенными условиями (луговые, лугово-болотные, такыры и опустынивающиеся почвы). Эти зоны могут защищаться сочетанием обводнения и фитомелиорации.

В процессе экспедиции выявлены отдельные явления, свидетельствующие о необходимости разработки правил выбора и подготовки зон посадок и посевов для увеличения их приживаемости. На низкую приживаемость могут влиять и некачественные семена или погибшие ко времени посадки (участок 17 экспедиции 3), а также исходные почвенно-гидрогеологические условия, не соответствующие требованиям. Кроме того, имеет значение наступление барханов, что требует их механического закрепления камышом, определения участков с деградирующими посадками саксаула (Тигровый хвост), высыханием джангила, а также многочисленных нарушений принявшихся посадок геологическими и нефтяными разработками, изысканиями и транспортом.

Глава 5

МОНИТОРИНГ ДЕЛЬТЫ РЕКИ АМУДАРЬИ

Дельта реки Амударьи сформировалась под влиянием многолетних естественных колебаний стока реки, различных процессов морского и речного характера, а также эрозионной динамики, что создало ландшафт дельты и ее гидрологический и гидрогеологический профиль с большим количеством водоемов. Эти водоемы (Судочье, Каратерень, Кокчиел, Акчакуль, Западное) при отметке моря 53 м представляли из себя озера приморской дельтовой равнины, периодически затопляемые речными и морскими водами и имевшие связь с заливами Аджибай, Джылтырбас. В многоводные годы эти озера почти полностью распреснялись обильным речным стоком, приобретая 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, фауна и биологическая продуктивность. После отдаления морского акватория от дельты их режим определяется поступлением воды из реки и коллекторно-дренажных вод. В последние годы в результате недостаточности подачи воды в водоемы они теряют свою продуктивность, исчезли многие виды рыб, ондатры, кроме того, камышовые заросли и другая околоводная растительность угнетается.

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

Самый большой внутридельтовый водоём Судочье является местом гнездования для множеств видов перелетных птиц. Поэтому подготовлен пакет документов для включения озера Судочье в список Рамсарской Конвенции, основной миссией которой является «сохранение и разумное использование всех водно-болотных угодий путем местных, региональных

и национальных действий и международного сотрудничества, как вклад в достижение устойчивого развития повсюду».

Правительство Узбекистана осуществило большие работы по созданию инфраструктуры озера Судочье в западной части дельты Амударьи. В 1989–1995 годах начались проектные работы по созданию локальных водоемов в центральной дельте реки Амударьи и осуществлены работы по строительству искусственных водоемов, а также строительство целого ряда сооружений по проекту обводнения дельты и совершенствования системы водоподачи в комплекс малых водоемов на территории дельты. Были построены обводнительные каналы и началось наполнение этих емкостей. Было очень важно не допустить гибель существующих дельтовых растительных покровов в динамике опустынивания.

В 2000–2003 годах комплексная схема и ТЭО водной системы дельты Амударьи были составлены НИЦ МКВК совместно с голландской компанией «Ресурс-анализ» стоимостью немногим более 90 миллионов долларов США. НИЦ МКВК выполнил работы по уточнению объемов воды, необходимых для экологического поддержания рек и дельты, особенно, озерных систем. В частности, определено, что необходимые объемы воды для поддержания экологически устойчивого профиля дельты реки Амударьи и подпитки озерных систем требуют для многоводных лет 8 км^3 воды, для среднего года — 4,6 км^3, а для маловодных, чтобы сохранить экологическую стабильность в дельте, как минимум — 3,5 км^3 воды.

Динамика водной поверхности водоёмов в дельте реки Амударьи (см. таблицу 5.1 из CAWATER, полученную на основе постоянной дешифровки данных дистанционных наблюдений), показывает, что в период 2003–2014 годов водная поверхность водоёмов крайне нестабильна и в основном определяется водностью года. Предусмотренная проектами НАТО (НИЦ МКВК) и малых водоёмов площадь водоёмов в 194,1 тыс. га, не была достигнута ни разу за весь период их эксплуатации. Максимальное поддержание водной поверхности в 115,2 тыс. га в 2010 году и площади около 100 тыс. га в 2009 и 2005 годах сочетались с десятипроцентным проектным наполнением водоёмов в 2011, 2013 и 2014 годах. Это происходит из-за того, что предусмотренный обоими проектами комплекс сооружений дельты выполнен только частично, не созданы намеченные регулирующие мощности Междуреченского водохранилища, а в связи с частичным его заилением, они даже уменьшились. Более того, практически никакого управления и регулирования подачей воды в дельте Нижне-Амударьинское бассейновое управление не осуществляет.

Максимальная площадь ветландов аналогично площадям водной поверхности (см. таблицу 5.2 из CAWATER) была достигнута в 2005 г. — 347,120 га и в 2010 г. — 326,009 га. В другие годы площадь их опускалась до 79,5–122 тыс. га.

Таблица. 5.1. Сопоставление площадей открытой водной поверхности дельты р. Амударьи (2003–2014 гг.), га.

Водоем	2003 Август	2004 Август	2005 Август	2009 Ноябрь	2010 Ноябрь	2011 Август	2012 Август	2013 Август	2014 Август
1. Судочье	24802	15052	17922	24271	31228	8321	8524	14178	9704
2. Междуреченское	12556	11658	15879	15769	10307	1022	9959	2423	1671
3. Рыбачье	4993	5173	5152	7461	5552	3899	4988	3105	1462
4. Муйнакское	2906	2121	2116	5894	4060	1853	1338	1146	508
5. Джылтырбас, ограниченный дамбой	10260	9161	12301	27669	28223	6079	8753	5996	5462
6. Джылтырбас (вместе с бывшей правой и левой протокой)	25423	25888	31861	6728	14041	6774	14854	180	312
7. Думалак	6270	4396	7588	3499	3774	-	1467	21	9
8. Макпалколь	2157	1824	2424	2303	2061	1184	1450	1442	9
9. Машан-Караджар	1924	1529	1464	3217	7566	907	217	638	508
10. Водная поверхность южнее Муйнака	-	-	1531	2044	3938	-	-	-	-
11. Водная поверхность по руслу р. Казахдарья	1510	2320	7736	-	3616	814	2192	10	-
12. оз. Закирколь	620	734	1135	818	819	-	125	6	-
Итого	**83160**	**70696**	**94806**	**99671**	**115184**	**24774**	**45115**	**29145**	**19952**

Таблица. 5.2. Площади ветландов дельты реки Амударьи, га.

№	Водоем	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	Судочье	6497,20	54768,62	54141,42	49635,15	59302,73	53394,24	42915,45	15489,62	49372,04	38915,36
2	Междуречен-ское	18375,21	31563,56	30242,67	38101,75	5633,97	29650,00	20315,28	30603,80	33593,58	22464,96
3	Рыбачье	5513,10	9581,76	10578,35	10045,81	6319,38	5193,04	4972,89	3837,25	5585,05	5531,11
4	Муйнакское	5163,20	9023,62	9929,20	9477,51	16567,90	8543,63	5146,06	5138,86	12049,45	9832,71
5	Джылтырбас*	27620,50	94764,63	112217,30	136205,7	80993,93	97553,36	74816,57	39468,61	129967,97	113097,43
6	Быв. зал. Аджи-бай	6784,70	19093,39	17329,11	21037,34	29676,83	27598,21	22214,60	3235,03	12824,64	21023,07
7	Думалак	6784,90	29572,49	32557,36	32424,52	27119,00	13102,82	5169,07	8420,59	22809,08	15986,01
8	Аджибай 2**	-	4030,12	3978,29	3653,11	4848,33	2933,14	506,28	-	11738,26	10614,93
9	Макпалколь	-	5621,53	5931,62	6153,02	3590,45	10811,74	7946,95	9900,01	12599,68	5947,13
10	Машан-Карад-жар	-	13740,79	14769,00	10772,50	-	7570,02	3720,47	2243,49	4999,91	14128,59
11	Ветланды Муй-нака	-	4048,18	4655,70	7460,03	-	5114,13	1606,41	1887,13	13058,62	15024,53
12	Ветланды Казах-дар.	-	8655,78	10564,11	18743,74	-	5024,46	1061,91	-	14618,34	16508,04
13	Оз. Закирколь	-	2924,85	3085,05	3410,45	-	1927,25	2231,51	2516,35	2882,52	3721,54
	Общая площадь	**79552,7**	**287389,3**	**309979,2**	**347120,6**	**234052,5**	**267416,04**	**192623,5**	**122740,7**	**326099,1**	**292795,4**

*Джылтырбас — вместе с бывшей правой и левой протокой.
**Аджибай 2 – искусственное сооружение севернее Рыбачьего и Муйнакского водохранилищ.

Подача воды в дельту осуществляется не только из реки, но также и по коллекторам: КС-1, КС-3, КС-4, Акчадарья (правобережный), ККС и Устюрт, а также из Устюрта в озеро Машанкуль. Система правобережного коллектора берет начало от Берунийского коллектора и, следуя Главным Южным Каракалпакским коллектором (ГЮКК), попадает в коллектор Акчадарья, и через Жанадарья коллекторная вода поступает в Восточную часть Большого Аральского моря. Огромная и густая сеть коллекторов, построенных на территории южной Каракалпакии, имеет назначением отвод возвратных коллекторных вод за пределы орошаемых земель. При этом многие ранее существующие пресноводные озера, такие как Судочье, Каратерен, Джылтырбас и ряд других, стали водоприемниками сбросных коллекторных вод, а эксплуатация этих озер на беспроточном режиме привела к повышению минерализации воды в этих водоемах и потере их продуктивности. К примеру, минерализация воды в водоеме Агушпа по состоянию на 2010 год достигла 60–65%, в результате чего исчезли все виды водных и околоводных обитающих (рыба, ондатра, планктоны, кормовая растительность). На прибрежных зонах также исчез камыш, заросли которых служили как корм для скота, так и как местный строительный материал.

Потеря сред обитания, особенно предпочтительных типов, таких как камышовые заросли, тугайные леса и мелководья, ведёт к сокращению разновидностей и численности фауны. В дельте Амударьи осталось только 5% прежних площадей тугайных лесов. В регионе дельты Амударьи существуют официально один заповедник (Бадай-Тугай) и один заказник Судочье. Он был основан как орнитологический заказник. Из 282 видов птиц, встречавшихся в дельте в 1950-х годах, 30 исчезли, а 88 теперь считаются редким, тогда как 22 вида внесены в Красную книгу Узбекистана как «исчезающие». Также, хотя некоторые виды могут показывать положительные колебания, в целом происходит значительное сокращение популяций. Дельта — жизненный оазис между обширных областей пустыни имеет чрезвычайно важное значение для перелетных птиц. Только 57 из всех видов, встречающихся в дельте, живут здесь постоянно. Ретроспективный анализ показывает, что более 400 000 водоплавающих находились здесь в течение осеннего перелета. В Судочье встречается более 35 видов, включая 11 гнездящихся здесь.

Увлажненные дельты Амударьи являются главным источником рыбной ловли Каракалпакстана и, несмотря на серьезную деградацию дельты, все еще имеют существенный потенциал в этом отношении.

Однако в связи с резким сокращением поступления воды из Амударьи все эти дельтовые озера остаются без воды, следовательно, теряют своё рыбопромысловое значение. В маловодные годы объем стока, поступающего в дельту, сокращается в 6–7 раз, а площади водной поверхности озер — до

20 тыс. га. Сокращение объема вод сопровождается резким повышением их минерализации, что крайне отрицательно влияет на водно-солевой режим водоема. Заливы Муйнакский и Рыбачий даже в маловодные годы сохраняют свою уменьшенную акваторию. В последние годы в целях обводнения дельтовых озер были возведены глухие перемычки на русле Амударьи в регионе Шеге, и речная вода начала затапливать осушенные зоны бывших озер.

Обводнение дельты поддержало улов рыбы в дельтовых водоемах, но не смогло стабилизировать его в намеченных проектами пределах 20–35 тыс. центнеров. Начиная с 2004 года все озера, расположенные на территории Республики Каракалпакстан, были переданы в аренду во временное пользование 80 фермерским хозяйствам (арендатором), площадь водоемов которых составляет 72 тыс. гектаров. Динамика уловов представлена в таблице 5.3. Начальная (в 2003 году) продуктивность водоёмов в 4 кг на гектар к 2008 году, хоть и выросла до 15 кг, тем не менее, осталась далеко ниже проектной 100 кг/га. В то же время лучшим показателем в мире является продуктивность 1 га водоема 1,0–1,5 т/год.

Таблица 5.3. Вылов рыбы по Республике Каракалпакстан.

Годы	Добыча рыбы тыс. ц.	Годы	Добыча рыбы тыс. ц.	Годы	Добыча рыбы тыс. ц.
1960	225,2	1990	20,9	2004	3,29
1965	160,9	1995	20,9	2005	4,44
1970	70,6	2000	11	2006	6,06
1975	68,7	2001	5,52	2007	8,03
1980	35,1	2002	2	2008	13,9
1985	24,6	2003	1,32	2009	11,1

Систематический мониторинг дельты был организован только в течение трёх лет п**роектом «CAWA» — «Динамика изменения поверхностных и подземных вод в дельте Амударьи и на осушенном дне Аральского моря» (за период с июня 2009 по декабрь 2011 гг.). Работы** выполнялись совместно с НИЦ МКВК, German Geoscience Research Centre (GFZ) и «ГИДРОИНГЕО» Госкомитета по геологии Республики Узбекистан. Цель работы проекта CAWA в 2009–2011 годах заключалась в проведении мониторинга дельты реки Амударьи (расходы и качество поверхностных и грунтовых вод) и осушенного дна Аральского моря: воды (изменения уровня моря и минерализации), почвы (состав соли), а также мониторинг подземных вод. Данная работа является логическим продолжением трехлетних исследова-

ний, проведенных в рамках проекта ГТЦ «Стабилизация и использование осушенного дна Аральского моря в Центральной Азии», результаты которого свидетельствуют о значительной динамике ландшафтов в процессе высыхания моря и образования новой суши.

Мониторинг поверхностных вод проводился в трех створах реки Амударьи (Тахиаташ, Саманбай и Кызылжар) и по каналам Суэнли, Кызкеткен, Маринкин, Муйнак, Раушан и Казахдарья. В этих объектах установлены гидропосты и ежемесячно проводились измерения расходов воды и ее минерализации. В 44 точках по всей территории дельты пробурены скважины и проведен мониторинг уровня грунтовых вод и ее минерализации.

В целях улучшения качества мониторинга в дельте и Приаралье в начале 2011 года было осуществлено строительство 21 новых гидропостов. В настоящее время эти новые гидропосты сданы эксплуатационным организациям и по ним ведутся наблюдения по расходам и уровням горизонтов воды в каналах, коллекторах и озерных системах в дельте реки Амударьи.

В целом, проведенные обследования по изучению гидрологических изменений в дельте реки Амударьи показали что гидрологическая ситуация дельты находится в настоящее время в сложном состоянии. Сопоставление площадей открытой водной поверхности в многоводный (2010 год — 116 тыс. га) и маловодный (2011 год — 20 тыс. га) период свидетельствует о крайней неустойчивости водного режима озёр, колебания которого по водообеспеченности составляют почти 100 тыс. га.

По результатам проведенных работ по проекту были проведены встречи руководства НИЦ с председателем правительства Каракалпакстана, с начальником Бассейнового управления и предложены меры по упорядочению управления дельтой, завершению комплекса сооружений в соответствии с разработанным Технико-Экономическим обоснованием. Особое внимание было уделено необходимости упорядочения водопользования в дельте на основе организации Ассоциации водопользователей. На основе этих предложений были подготовлены и переданы записки в Правительство Узбекистана и Минсельводхоз. К сожалению, до сих пор эти предложения не реализованы, хотя эти работы включены в перечень проектов, подлежащих передаче донорам в соответствии с решением Ургенчской конференции. По имеющимся данным о водных ресурсах и площади ветландов в дельте р. Амударьи, специалистами НИЦ МКВК произведены расчеты водного баланса за период 2010 год, в который в дельту реки Амударьи и по коллекторам сбрасывался большой объем воды, в результате в октябре 2010 года площадь ветландов Южного Приаралья увеличилась до 356 тыс. га и обеспечила некоторое улучшение экологической ситуации дельты р. Амударьи. Суммарный объем воды,

который поступил в дельту р. Амударьи и Аральское море за период 2010 год, составил 19,6 км^3,. Из этого объёма в дельте было израсходовано на наполнение дельты площадью 203,4 тыс. га — 4,5 км^3, на транспирацию и испарение — 4,95 км^3.

В 2009 году уровень воды в Восточном море находился на отметке 26,3 м, и объем воды составлял 0,66 км^3 при площади водной поверхности 0,92 км^2. В 2010 году площадь водной поверхности увеличилась до 5,85 км^2. Уровень воды в Восточном море поднимался до отметки 29,4 м. Объем воды в Восточном море, по данным специалистов по ГИСу НИЦ МКВК, составляет 9,8 км^3, т.е. накопленный объем воды в море составляет **9,14 км^3**.

В Западной части Большого Аральского моря в ноябре 2009 года уровень воды был на отметке 27,5 м, а в конце 2010 года находился на отметке 27,8 м. В течение 2010 года уровень воды в Западном море поднимался на 0,30 м, а площадь водной поверхности составила 3,94 км^2. Накопленный объем воды в Западном море за период 2010 года составлял около **1,10 км^3**.

Общая сумма накопленных объемов воды в обеих водоёмах Большого Аральского моря составляет 10,24 км^3.

Исходя из вышеприведенных расчетов и полученных данных спутниковых снимков, можно сделать вывод, что за период 2010 года в Большом Аральском море накопилась вода в объеме **10,24 км^3**.

Эти данные показывают, что разница в балансе составляет приток подземных вод — примерно 800 млн. м^3 в многоводный 2010 год; и 300–400 млн. м^3 в — средние и маловодные годы.

Результаты наблюдений в конце 2011 года показали, что из-за маловодья в водоемах последовал процесс осушения. Во всех водоемах дельты реки Амударьи уменьшались уровни воды. Если в 2010 году во всех водоемах, кроме Муйнакского залива, отметка горизонта воды была выше проектной отметки, то в конце 2011 года во всех водоемах отметка горизонта воды значительно уменьшилась ниже проектной отметки. Соответственно объем воды в Восточном море уменьшился в два раза и составил 4,46 км^3. В Западном море уровень воды остался на уровне 28,0 м, объем воды — 14,96 км^3.

Сопоставление данных водного баланса дельты р. Амударьи и Большого Аральского моря с данными, подготовленными на основе спутниковых снимков (специалистами по ГИСу НИЦ МКВК) показывает, что это превышение было полностью использовано на изменение объема Восточного и Западного морей.

За период проведения мониторинга по проекту **CAWA** ежеквартально составлялись квартальные отчеты, которые опубликованы на вебсайте НИЦ МКВК (www.cawater-info.net).

Глава 6

ПРОЕКТЫ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА УЛУЧШЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕЛЬТ АМУДАРЬИ И СЫРДАРЬИ

Первым проектом, нацеленным на улучшение социально-экономического и экологического состояния дельты, был проект НАТО SFP 974357 «**Интегрированное управление водными ресурсами для восстановления ветландов Аральского бассейна**». Он был выполнен совместно с Голландской компанией Resource Analyze, НИЦ МКВК, ВЭП САНИИРИ и двумя неправительственными организациями Каракалпакстана в 2000–2003 гг. В задачи проекта входило обобщение гидрологических, исторических, водохозяйственных и природных условий дельты Амударьи. В проекте была разработана модель водохозяйственного комплекса дельты Амударьи, подготовлена соответствующая гидрографическая информационная система, выделены зоны максимального социально-экономического ущерба и определена схема водоемов-ветландов, которые должны снизить отрицательные последствия усыхания дельты. В составе этих водоемов были предусмотрены как существующие, но необорудованные озерные комплексы (Судочье, Междуреченское, Рыбачье, Муйнак, Джылтырбас), так и новые дополнительные водоемы (в частности, на территории бывшего залива Аджибай и севернее существующего водоема Джылтырбас). Были рассмотрены 3 варианта размещения водоемов и проведено моделирование устойчивости работы указанных водоемов. При этом главное внимание было уделено Междуреченскому водохранилищу и выбору отметки, которая должна была быть обеспечена для накопления определенного регулируемого объема воды в этом водохранилище. Рассматривались

варианты различных емкостей от 400 млн. м^3 до 1 млрд. м^3 при отметке напорного горизонта Междуреченского водохранилища от 56 м до 58 м над уровнем Балтийского моря. При этом в качестве оптимальной отметки была выбрана отметка НПГ 57 м при пропускной способности регулирующего водовыпуска 700 м^3/сек. Кроме того, был произведен расчет ширины необходимого водослива, который был определен в 440 м с порогом на уровне 57 и с возможным превышением максимального горизонта над НПГ 1,5 м. Таким образом, отметки верха дамб требовалось установить на отметке 60 м, имея в виду возможность добычи объёма заиления ложа Междуреченского водохранилища в объеме 2,1 млн. м^3. Общая стоимость работ по выбранному варианту составила в ценах 2002 г. 96,2 млн. долл. США. Проект «Технико-экономическое обоснование» включает в себя реконструкцию Междуреченского водохранилища, реконструкцию канала Главмясо, реконструкцию Муйнакского и Джылтырбасского резервуаров, а также три дополнительных водоема — Джылтырбас-1, Джылтырбас-2, Аджибай-1. Также в рамках проекта было выполнено обследование и даны рекомендации по завершению реконструкции оз. Судочье для придания ему экологической устойчивости.

Обследование функционирования оз. Судочье после его реконструкции тем не менее показало, что отсутствие четких правил управления и наполнения озерных систем, даже проведение реконструкции оз. Судочье не смогло предотвратить ухудшение его экологического состояния. Учитывая, что 2000 и 2001 гг. были очень маловодными, оз. Судочье, которое производило от 36 до 60 кг рыбы на гектар до 2000 г., к 2002 г. уменьшило свою продуктивность в 2 раза, почти полностью исчезло поголовье ондатры. По результатам исследований были определены параметры необходимой подачи воды в дельту для поддержания его устойчивого комплекса всех водных объектов: для многоводного года — 8 км^3, для среднего по водности года — 4,6–4,9 км^3 и для крайне маловодного года — 3,2 км^3.

К сожалению, несмотря на имевшееся согласие Всемирного Банка на финансирование этого объекта в порядке займа и соответствующую резолюцию Первого вице-премьера Узбекистана, определенные противодействующие силы спровоцировали решение, что развитие всего комплекса дельты Амударьи шло за счет национального бюджета. Результаты этого хорошо известны. Хотя в отдельные сооружения вложено более 10 млн. долл. США в местной валюте, тем не менее, практически весь водохозяйственный комплекс дельты не работает в нужном режиме, в первую очередь, из-за невозможности управления Междуреченским водохранилищем вследствие его незавершенности, а также больших работ, которые необходимо провести по подаче воды в отдельные водоемы (рис. 6.1).

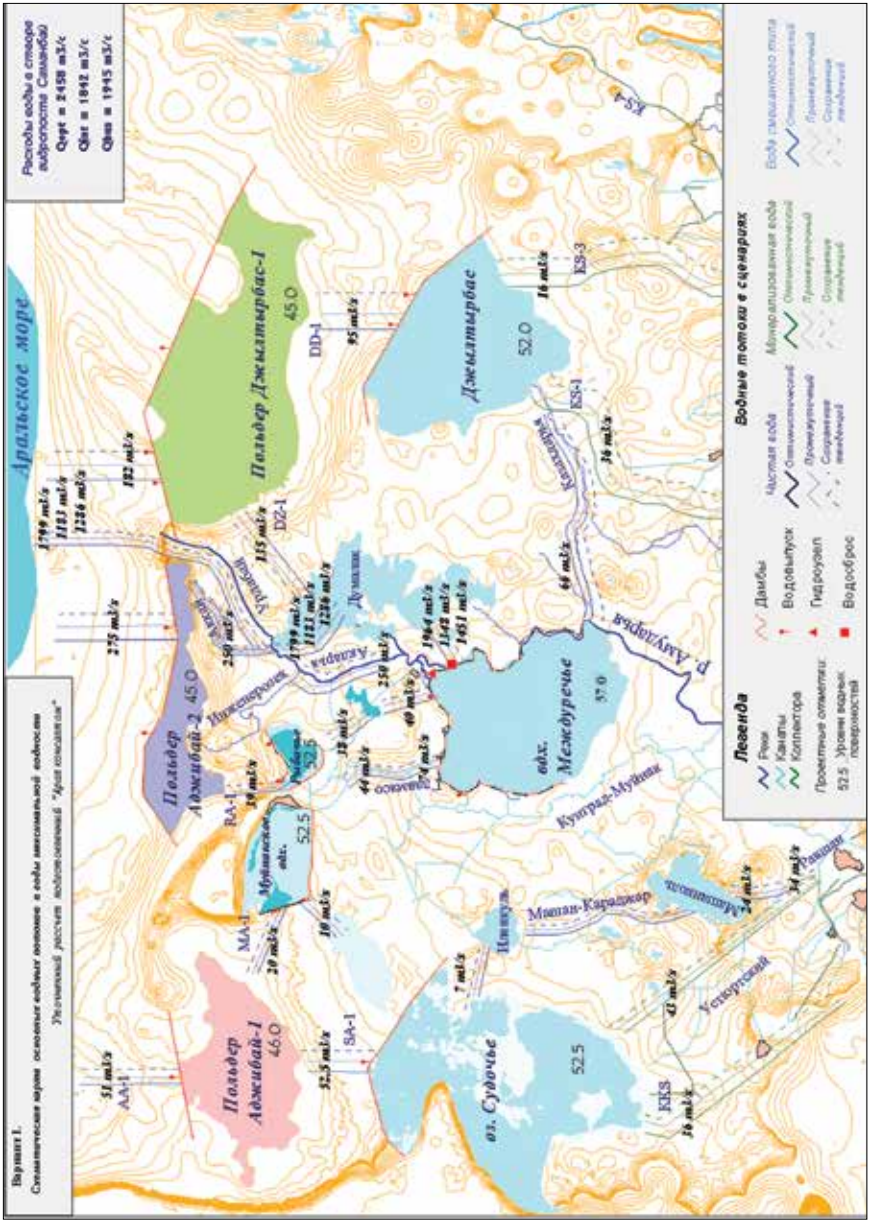


Рис. 6.1 Схематическая карта основных водных потоков в годы максимальной водности.

В то же время нельзя не отметить, что параллельно с проектами малых водоёмов правительством Узбекистана при поддержке Всемирного банка осуществлено завершение строительства Правобережного коллектора. Начатый ещё в рамках Программы Аральского моря советского правительства, пережившей долгое замораживание, он, наконец, получил выход в Восточный водоём по Акчадарьинскому коридору и старому руслу Джанадарьи с пропускной способностью 25 кубометров в секунду. В результате дренажные воды юга Каракалпакии с территории Турткульского, Бирунийского и Элик-Калинского районов самотёком были отведены от русла Амударьи, которое они прежде пополняли солями. Одновременно Восточный водоём имеет теперь почти постоянный, хоть и небольшой, приток дренажных вод.

Проект по р. Сырдарья НАТО SFP 980986 «Комплексное управление водными ресурсами в целях восстановления ветландов в бассейне Аральского моря (северная часть)».

При финансовой поддержке НАТО за период 2004–2008 годов впервые проведено комплексное изучение и исследование проблемы Северной части Аральского моря по следующим направлениям:

- гидрологические режимы реки Сырдарьи, Северной части Аральского моря и озерных систем;
- состояние биоразнообразия и опустынивания территории;
- водная инфраструктура;
- социальное положения населения, экономическое состояние Аральского и Казалинского районов Кызылординской области;
- математическое моделирование происходящих процессов и определение оптимальных параметров рекомендуемых мероприятий;
- организация информации в ГИС и составление картографических моделей.

На основе исследовательских работ предложены конкретные мероприятия по обустройству дельты Сырдарьи с помощью комплексных гидротехнических сооружений, позволяющих создать устойчивую водообеспеченность и сохранить наиболее ценные озерные системы и угодья, локализовать бросовые сильнозасоленные водоемы, улучшить использование дельтовых угодий. Для обеспечения экологической устойчивости региона и сохранения Северной части Аральского моря предложено строительство Кокаральской перемычки с отметкой +42 м в первой очереди.

По технологии ГИС с использованием топографических планшетов и космических снимков впервые выполнены тематические электронные карты: почвенная, растительности, гидрологии, гидротехнических сооружений, которые позволяют в последующие годы проследить экологическую ситуацию в низовьях реки Сырдарьи и Северной части Аральского моря.

Обоснована необходимость строительства Коксарайского контррегулятора, который улучшает условия пропуска воды по реке Сырдарья в зимний период и снижает риск образования заторов и зажоров и, как следствие, затопления прилегающих к реке территорий населенных пунктов и русловых гидротехнических сооружений.

Особенностью дельтовой системы р. Сырдарьи является то, что в отличие от Амударьинской дельты, имеющей центральный регулятор в виде Междуреченского водохранилища, дельта Сырдарьи завершается Северным Аральским морем, которое скапливает все сбросные воды р. Сырдарьи после их прохождения через дельту. Плотина в проливе Берг вместе с Кокаральским гидроузлом была воздвигнута по проекту Казгипроводхоза в период с 2002 по 2005 гг., и уже весной 2006 г. Северное Аральское море было наполнено до проектной отметки. Это в значительной степени предотвратило развитие процессов опустынивания в Казахском Приаралье и позволило начать работы по улучшению озерных систем. Дельтовая система Северного Приаралья состоит из шести отдельных озерных систем — Кувандарьинской, Аксайской, Камыстыбасской, Акшатауской, Приморской Правобережной и Приморской Левобережной. Каждая из этих систем имеет свое гидрологическое решение и в настоящее время находится в стадии освоения (рис. 6.2).

Проект промоделировал работу Камыстыбасской озерной системы и рассмотрел устойчивость ее питания в вариантах: строительства гидроузла Аманоткель на реке Сырдарья с подъемом минимального уровня реки до отметки 57,6 м; второй вариант — через гидроузел Раим при подъеме минимального уровня реки до отметки 59,1 м, но в двух вариантах подачи воды через канал Джасулан и только по каналу Советжарма. В результате рекомендовано осуществить подачу воды при варианте строительства Аманоткельской плотины.

Общая потребность в воде для всех озерных систем составляет 2,7 млрд. м^3/год. Следует отметить, что в настоящее время освоение дельты намечено за счет II очереди проекта Всемирного Банка с общей стоимостью более 120 млн. долл. США.

На основе этой работы была опубликована книга «Восстановление экологической системы в дельте Сырдарьи и Северной части Аральского моря» под ред. проф. Н. Кипшакбаева, Юп де Шуттер, В. А. Духовного, И. М. Мальковского, Н. П. Огарь, А. С. Хайбуллина, В. В. Япрынцева, А. И. Тучина и К. К. Яхияева: Казахский филиал НИЦ МКВК, ТОО Изд. «Эверо», Алматы, 2010 г.

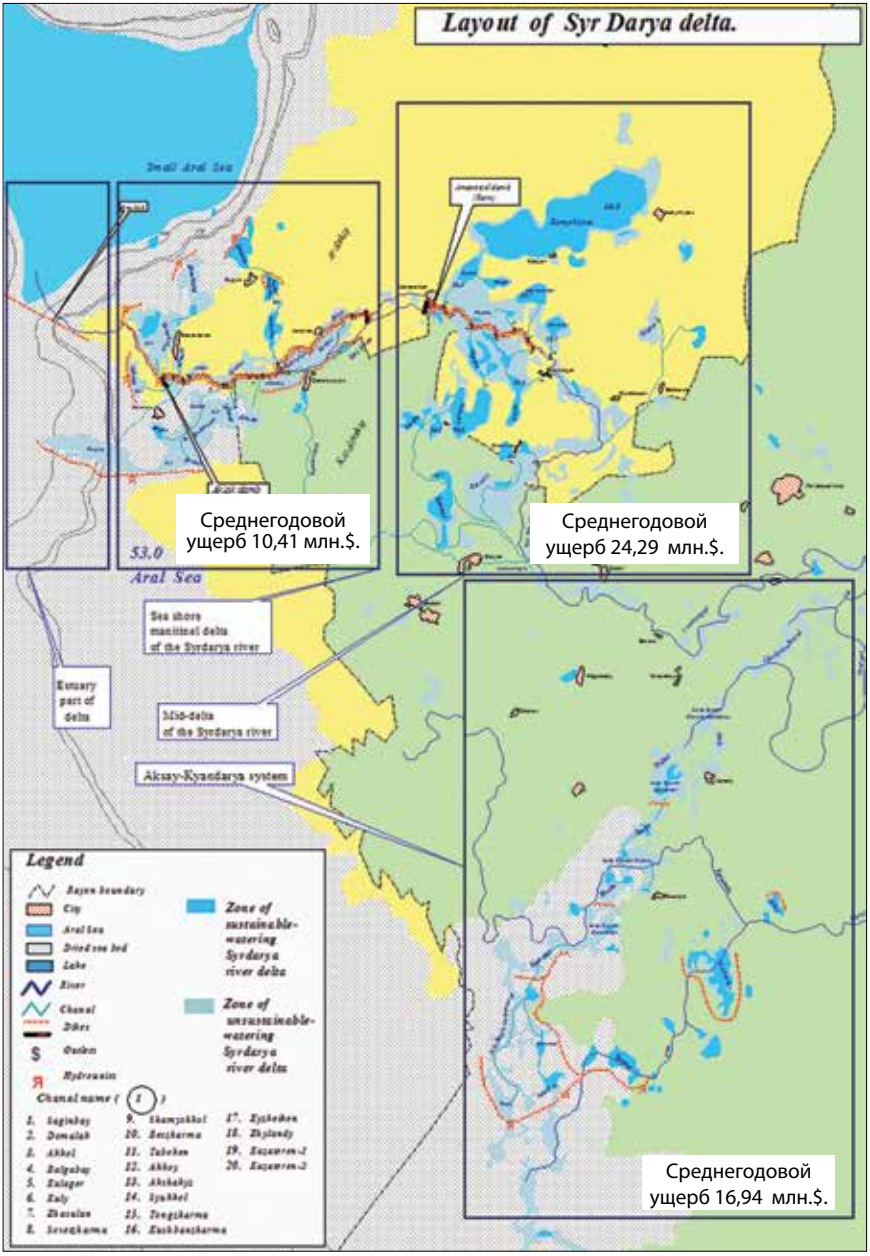


Рис. 6.2. Схема озёрных систем дельты Сырдарьи.

Глава 7

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ЛЕСОПОСАДКИ НА ОСУШЕННОМ ДНЕ МОРЯ И ПРИАРАЛЬЕ

7.1. Растительность

Первым поселенцем на полосе периодических затоплений оказывается солерос (Salicornia). В 60–80 м от уреза воды количество солероса резко возрастает и появляется сведа (Suaeda: S. prostrata S. microphylla).

Растения занимают, главным образом, выположенные участки и промежуточные пространства. Двучленные микрогруппировки из солероса и сведы наиболее характерны для большой части активного пляжа, при этом в полосе, ближе расположенной к морю, преобладает солерос, а в более удаленной полосе — сведа. Единичными пятнами на границе сообщества гидроморфных солончаков с полугидроморфными проступает тростник.

По мере отступления моря и понижения уровня грунтовых вод лесорастительные условия ухудшаются, так как максимум солей вследствие выпотного режима смещается в верхние горизонты отложений. Солеросовое сообщество отмирает. На отложениях глинистого и суглинистого мехсостава растительность практически не возобновляется. Растительность появляется после покрытия поверхности слоем песка в результате эолового перемещения песчаной массы.

Обследованные в обсохшей части Большого Аральского моря пески, закрепленные растениями, встречаются почти по всей изучаемой территории. Они, в основном, развиты на эоловых отложениях, местами охватывая большие и небольшие площади солончаковых понижений. В верхних слоях бугристых и грядовых песков, благодаря процессам почвообразования и зоогенных факторов среды, образуется небольшой слой гумуса. Начальная стадия почвообразования совпадает с моментом закрепления песков песчаными растениями — псаммофитами, которые обладают особыми приспособле-

ниями, позволяющими отставать в росте от нарастающих ветром песков. Это в основном полынь (Artemisia L.), селен (Selen) и др.

На процессы зарастания растительностью песчаных отложений, подверженных эоловому переносу, влияют скорость и направление ветра, форма песчаных образований, местоположение существующих семенных баз и т.д. Наиболее ярким примером самозарастания могут служить участки ранее переметаемых песков, расположенных вдоль восточного чинка плато Устюрт, занятые в настоящее время селеново-черносаксауловыми ассоциациями, а участки мелкобугристых песков к северу от мыса Тигровый хвост заросли кандымом «голова Медузы». Ярким примером самозарастания является Акпеткинский архипелаг и осушенная часть со стороны моря, где поверхность земли покрыта до 80% растительностью. На некоторых понижениях растут более солеустойчивые виды растений, а в других более возвышенных местах — древесно-кустарниковые растения.

В сложении бугристо-грядовых песков комплекса основной ландшафтный фон создают древесно-кустарниковые и травянистые растения, такие как: Halaxylon aphullum (черный саксаул), виды кандымов: Calligonum caput Medusa, Calligonum eriopodum, Calligonum junceum, Ephedra strobilacea, Astregalus villosiassmus, с участием Artemisia terracalbae, Heliotropium lasiocarpum, Carex physodes, Corispeormum lehenanianum и др. Доминирующим компонентом низших ярусов вышеупомянутого комплекса являются Bromus tectorum, Eremopyrum orient ale poa bulbosoae, Stipagrostis pennata, Jsatis minima, Strijosella scorpioides и др. Для рыхлых песчаных массивов, склонов грядовых песков характерно Halaxylon persicum и Ammadendron conollyi, для уплотненных песков — Artemisia terracalbae, Corispeenum lehmanianum, Eremopyrum oriental. Элементами богатой и разнообразной травянистой растительности в песке являются: эфемеры и эфемероиды Allium sabulosum, Tulipa sogdiana и др., Alyssum turkestanicum, Diptychocarpus strictus, Bromus tectorum и др.

В псаммофитно-кустарниковых сообществах, кроме вышеуказанных видов, нами обнаружены группировки джузгуна (кандым) Callygonum caput Medusaue, C. junceum, C. microcarpum, C. murex с участием саксаула Halaxylon aphullum, Ephedra strobilacea и редкие кусты черкеза Salsola Richter; на мелкобугристых и барханных песках, а также склонах крупных песчаных гряд — кизылчево-селеново-джузгуновая, селеново-джузгуновая ассоциации, в некоторых местах в сочетании с разнотравно-джузгуновой и соаково-джузгуновой ассоциациями. На глинистых обнаженных, с отдельными солончаковыми пятнами, территориях, также нами были описаны солеросовая и гребенщиковая ассоциации.

Вдоль восточного и южного берега обсохшего дна Аральского моря встречаются элементы микрорельефа биогенного происхождения: вегета-

тивные бугры, холмики, кочкарники среди отмирающих зарослей тростника (купа лаки), засыпанные песком; здесь нами обнаружены всходы солянки, сведи, гребенщика и др. Береговая растительность отступающего моря представлена рядом галофитов, таких как: Atriplex dimirphostegia, Salicornia europea. Salsola micranthera, Suaeda, Tamarix hispida, T. laxa, T. Pentadra идругие.

Эти бугры служат как бы переходом к более уплотненным мелким буграм с более обильной растительностью, где произрастают Halaxylon persicum, Halaxylon aphullum, Salsola arbuscula, Salsola Richter, Artemisia santolina, (полынь сантолинная), Artemisia diffusa (полынь раскидистая), Artemisia terreolbae (полынь белой земли), Ceratocarpus arenarius, Carex physodes идр. В бугристых песках наблюдались выдутые солончаковые шоры, похожие на котлованы с линистым, в некоторых местах корково-солончаковым покрытием. Здесь нами зарегистрированы следующие виды: Halaxylon aphullum, Tamarix elongata, Tamarix laxa, Halostfachys belungeriana, Salicornia europea, Suaeda salsa и др.

Цель фитомелиорации обсохшего дна — предотвращение отрицательных экологических последствий проблемы Арала и формирование пустынных искусственных пастбищ путем фитомелиорации (Новицкий З. Б., 1984; Кокшарова Н. Е., 1985).

За последние 15–20 лет местными и немецкими специалистами — лесоводами проведены лесомелиоративные работы на осушенной части Аральского моря (рис. 7.1, рис. 7.2) на площади 250 тыс. га.

Одним из наиболее опасных следствий опустынивания является развитие эоловых процессов с последующим переносом солей и пыли с осушенного дна моря. Объемы этого переноса можно резко снизить путем облесения осушенной части дна Аральского моря. Однако облесение всей необходимой территории в настоящее время не реально, как по причине ограниченности выделяемых ресурсов, так и по другой, связанной со степенью выживаемости растений в этих условиях. Поэтому актуальным является вопрос о ***выделении участков на осушенной части дна Аральского моря, наиболее целесообразных для облесения в настоящее время.*** В силу ограниченности имеющейся информации и сложности проведения натурных обследований на осушенной части дна Аральского моря наиболее эффективными методами решения этой задачи являются методы дистанционного зондирования с привлечением спутниковых снимков и ГИС.

В процессе всех экспедиций, указанных в предыдущем разделе, обследовалось состояние растительности, приуроченной к определённым видам ландшафта и к развитию динамических процессов на осушенном дне моря. Лесопосадки в целевом исследовании приживаемости (будет дано в данном разделе ниже) исследовались только в составе третьей, четвёртой и пятой экспедиций.

Рис. 7.1. Искусственные посадки саксаула (возраст 10 лет).

Рис. 7.2. Искусственные посадки саксаула (возраст 3–4 года).

По отчётности, предоставленной Управлением лесного хозяйства Каракалпакстана по состоянию на половину 2006 года, площадь, охваченная искусственными лесонасаждениями на осушенном дне моря, составила 225,5 тысяч гектаров, в том числе посев семенами — 212,5 тысяч га и 13 тысяч га — сеянцами. Средние темпы посевов и посадок составляли 12 тысяч гектаров в год. Нами были обследованы 14 массивов с общей площадью 80341 га, из которых нормально развивается 66–69,2%. Параллельно с искусственными посадками усиленно распространяется самозарастание.

В процессе экспедиции выявлены отдельные явления, свидетельствующие о необходимости разработки правил выбора и подготовки зон посадок и посевов для увеличения их приживаемости.

Представляет интерес, что ориентировочно общая площадь биопокрытия выросла на 471 тыс. га. Если учесть, что искусственные посадки были произведены на площади 240 тыс. га, то напрашивается вывод об идущем процессе самозарастания, охватывающим площадь 230 тыс. га.

Понимая большую приближенность этих оценок, тем не менее следует отметить наличие этого процесса, требующего глубокого изучения.

По наблюдениям экспедиций, зарастание наблюдается как вблизи и в конце искусственных посадок, так и особо на гидроморфных и полугидроморфных почвах солянками и эфемерами.

Наличие растительности хорошо видно на снимке (рис. 7.3), где почти вся площадь Акпеткинского архипелага покрыта зеленым покровом.

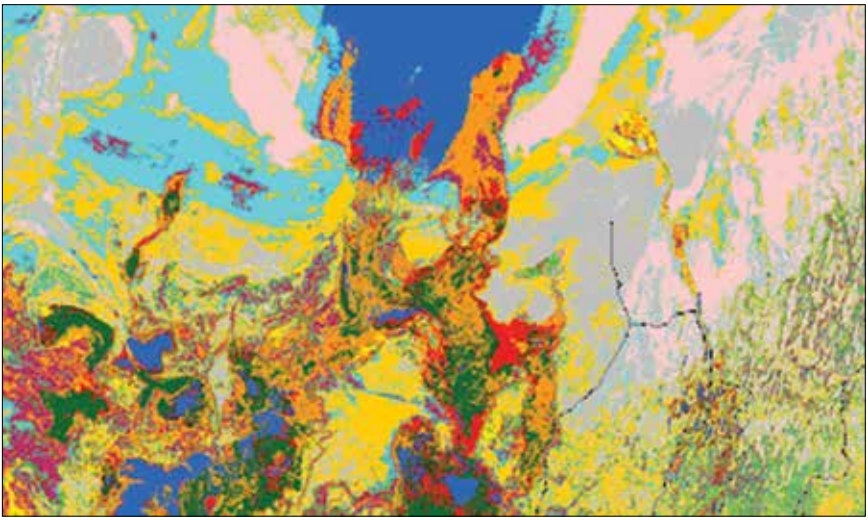


Рис. 7.3. Карта растительности (создана по данным программы IRS).

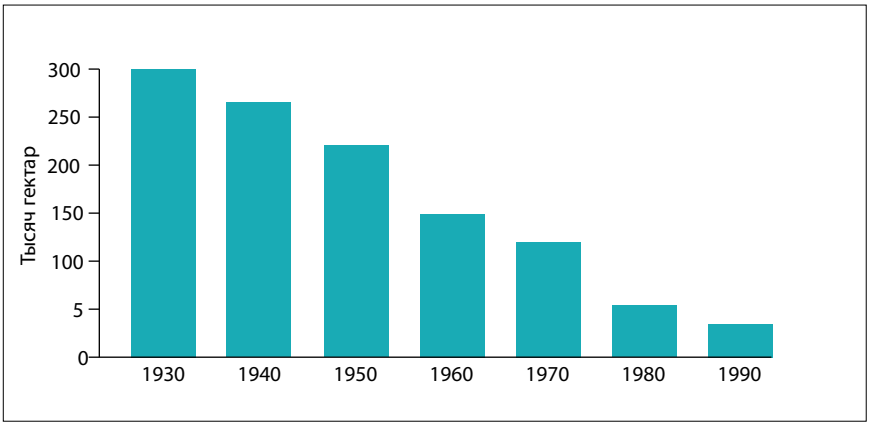


Рисунок 7.4. Сокращение тугайных лесов в дельте Амударьи.

Наиболее развитая растительность была приурочена к речным протокам дельт, образуя огромные массивы тугаев — своеобразных лесов, комбинирующих кустарники, травяные и древесные заросли, свойственные поймам рек, затопляемым периодически паводками и заносимыми слоями наносов. И. П. Герасимов и др. дают следующее их описание: «Ранее дельты представляли из себя гидрофильные ландшафты, врезавшиеся и резко диссонирующие с окружавшими их пустынными зональными ландшафтами. Аллювиально-луговые и лугово-болотные почвы вдоль террас, тугаев, тростниковых зарослей были источником развития произрастания тугайной растительности и сами подпитывались этой фауной». Постепенно начали исчезать или сократились заросли туранги, лоха, ивы; они начали заменяться галофитной растительностью.

С. У. Трешкин[1] и др. приводят диаграмму уменьшения площади тугайных лесов в дельте Амударьи (рис. 7.4), где площади под тугаями уже на уровне 1930-х годов (300 тыс. га) были в несколько раз меньше площади тугайных лесов, указанных И. П. Герасимовым. Их основное уменьшение произошло до снижения Аральского моря — до 1960 — на 150 тыс. га, а к современному уровню отмечено снижение еще на 120 тыс. га.

Этими же исследованиями авторы характеризуют уменьшение тугайной растительности не только по площади, но и по продуктивности. Сравнительные показатели урожаев древесной, кустарниковой и травянистой составляющей тугайных лесов снизились за 35-летний период в следующих размерах.

[1] S. Y. Treshkin, S. K. Kamalov, A. Bahiev and other, «Present status of the tugay forests in the lower Amydarya basin and problems of their protections and restoration», in «Ecological research and monitoring of the Aral Sea deltas», UNESCO, 1998, pp. 43…53.

Таблица 7.1. Динамика массы тугайных лесов на единицу площади.

Показатели	Продуктивность	1960	1995	% снижения
Общая фитомасса	т/га	170,1	128,9	24,2
Земельная фитомасса	т/га	29,1	19,2	34,0
Древесная фитомасса	т/га	38,7	28,6	26,1
Корни	т/га	102,3	81,1	20,5

Считая продуктивной частью тугайной растительности зеленую и древесную массы, мы можем констатировать среднее снижение ее с 67,8 т/га до 37,8 т/га или на 45%!

По данным Новиковой Н. М.[1], деградация тугаев сопровождалась их заменой на тамарисковые заросли и галофитные кустарники. Типичный тугай сократился с 42% в 1960 г. до 18% в 1993 г.

Важную роль в структуре растительного покрова дельты до ее осушения играли тростниковые заросли. До 1960 г. тростниковые заросли, занимавшие мелководья озер и ежегодно затоплявшие поймы, располагались на площади около 600 тыс. га. Это были основные высокопродуктивные пастбищные и сенокосные угодья низовьев Амударьи. К настоящему времени они сократились до 30–50 тыс. га. Продуктивность их упала с 30–40 до 13–15 т\га воздушно-сухой массы. Часть тростников, приуроченных к внутрипойменным понижениям, искусственно орошается затоплением с целью создания благоприятных условий для тростника с последующей его заготовкой на сено и выпасом скота. В настоящее время площадь ландшафтов с тростниковыми зарослями на лугово-болотных почвах в дельте Амударьи несколько восстановлена благодаря обводнению дельты попусками последних лет. Если несколько восстановлены былые разливы Акдарьи и Кипчакдарьи, то полностью высохли межрусловые понижения внутренней дельты Кунядарьи. В левобережной части дельты подобные ландшафты занимают лишь внутрипойменные равнины озерной системы Мошанкуль — Ходжакуль — Ильменкуль — Кипсыр и территорию к северу от озера Судочье. Своим существованием они обязаны сбросным водам.

Возросла площадь ландшафтов с кустарниковыми зарослями из тамариска пятитычинкового на луговых и лугово-болотных почвах. Они занимают

[1] Novikova N. M. and other «Contemporary plant and soil cover changes in the Amudarya and Syrdarya river deltas» всборнике «Ecological research and monitoring of the Aral Sea deltas», UNESCO, 1998 с 100…128

в настоящее время господствующее положение в северной части дельты и характерны для всех прирусловых и пойменных равнин.

Также возрастает площадь кустарниковых зарослей из тамариска щетинистоволосистого и карабарака на сильно засоленных почвах и солончаках, а также распространение таких ландшафтов на низких равнинах, примыкающих к озеру Судочье. Формирование этих ландшафтов наблюдается и во внутренней дельте протока Кунядарья.

Площадь ландшафтов с черносаксаульниками на такырных почвах и черкезниками на пустынно-песчаных почвах и песках увеличилась пока незначительно. Рост территорий, занятых такими ландшафтами, происходит главным образом за счет рассоления земель былого орошения в восточной части дельты к северу от песков Туркменкырылган.

По сравнению с началом 60-х годов площадь орошаемых земель, особенно в приморской части амударьинской дельты, возросла незначительно. Ее увеличение вызвано освоением небольших земельных массивов в различных участках дельты.

В общем, для дельты характерно снижение площади луговых и тугайных ландшафтов и постепенное увеличение территорий с ландшафтами солончаковых, такырных и песчаных равнин.

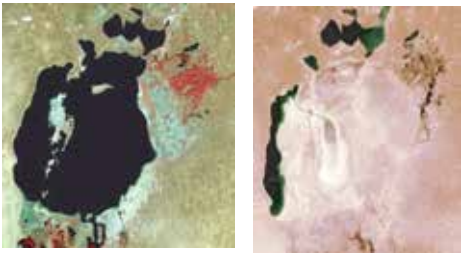
Глава 8

ДИНАМИКА АКВАТОРИИ АРАЛЬСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ ДЗ[1]

Аральское море, расположенное на границе Казахстана и Узбекистана, в центре среднеазиатских пустынь, до 1960 года было четвертым крупнейшим по площади озером мира. Однако за последние полвека площадь моря сократилась почти в девять раз, общий объем воды в море уменьшился в двадцать один раз, увеличилась засоленность, и почти исчезло рыбоводство. До 1960 года состояние Аральского моря оставалось вполне стабильным. За период наблюдений с 1850 до 1960 года колебания его уровня не превышали трех метров и были обусловлены исключительно природными факторами. Площадь Аральского моря в 1960 году составляла 68,9 тыс.км^2, объём вод — 1083 км^3, высота над уровнем моря — 53,4 м.

Рис. 8.1. Бассейн Аральского моря.

На сегодняшний день показатели моря значительно изменились по сравнению с 1960 годом: общая площадь *(Большой Арал + Малый Арал)* уменьшилась в девять раз и составила почти 7,5 тыс. км^2, общий объем сократился в 21 раз, что составляет 50,1 км^3, отметки уровней также сильно разнятся — 25 м в Большом Арале и 42 м в Малом по сравнению с 1960 годом (53,4 м).



1 2

Рис. 8.2. 1. Снимок 1960 года. 2. Снимок 2016 года.

1 Журнал ArcReview - 3 (74) | 2015 (https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=22433&SECTION_ID=1081)

Существует множество различных мнений относительно причин исчезновения Аральского моря. Кто-то говорит о разрушении донного слоя Арала и перетекании его в Каспийское море и прилегающие озера. Кто-то утверждает, что исчезновение Арала — процесс естественный, связанный с всеобщим изменением климата планеты. Некоторые видят причину в деградации поверхности горных ледников, их запылении и минерализации осадков, питающих реки Сырдарью и Амударью (Рис. 8.3).

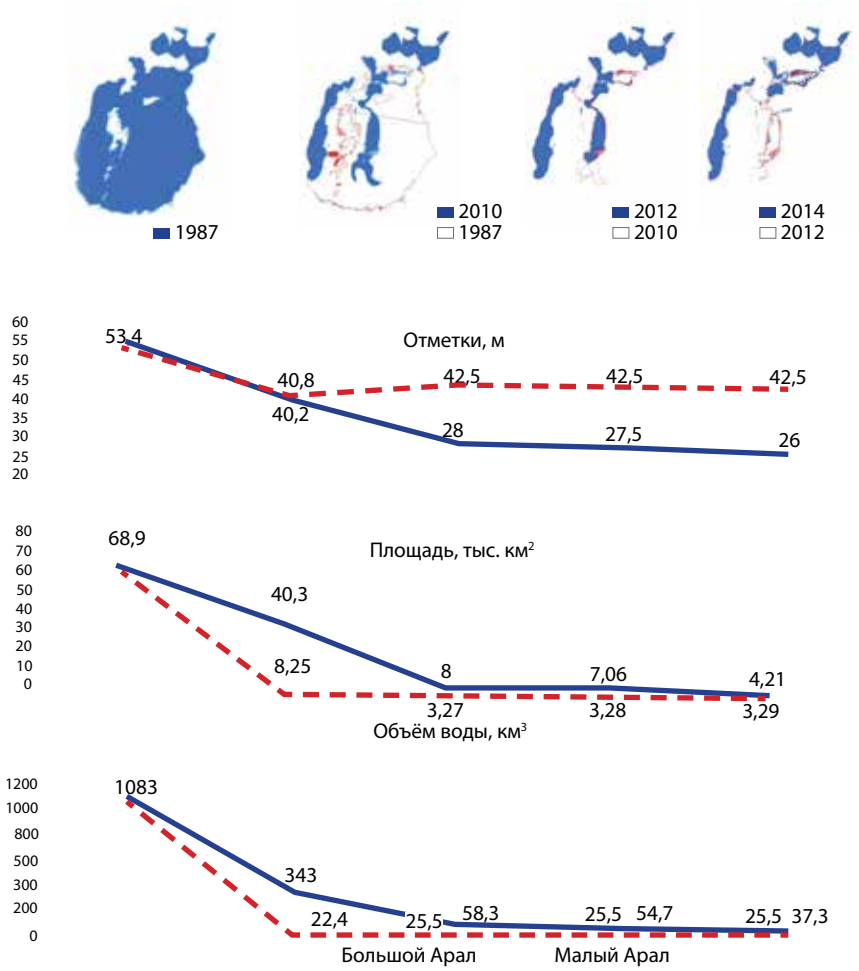


Рис. 8.3. Динамика показателей Аральского моря.

Таблица 8.1. Динамика показателей Аральского моря.

Арал / Параметр	Отметка, м						Площадь, тыс.км^2						Объем воды, км^3					
	1960	1987	2010	2012	2014	2016	1960	1987	2010	2012	2014	2016	1960	1987	2010	2012	2014	2016
Большой Арал:																		
Восточная часть	53.4	40.2	28.5	27.5	26.5	25	68.9	40.3	4.13	3.19	0.97	1.25	1083	343	6.1	2.5	0.9	0.1
Западная часть			27.5		25.5	25			3.87	3.87	3.24	2.91			52.2	52.2	36.4	25
Малый Арал		40.8	42.5	42.5	42.5	42		3.25	3.27	3.28	3.29	3.29		22.4	25.5	25.5	25.5	25

Шаг 1. Для мониторинга за водной поверхностью и прибрежной акваторией Аральского моря группой ГИС специалистов НИЦ МКВК были скачены и использовались снимки спектрорадиометра MODIS *(Moderate ResolutionImaging Spectroradiometer – один из ключевых инструментов на борту американских спутников)* TERRA “13A1 NDVI» и Landsat*(спутник по получению спутниковых фотоснимков планеты Земля)* TM за 1987, 2010, 2012, 2014 и 2016 годы.

MODIS состоит из двух сканирующих спектрометров, один из которых (MODIS-N) снимает в надир, а ось съёмки другого (MODIS-T) может быть

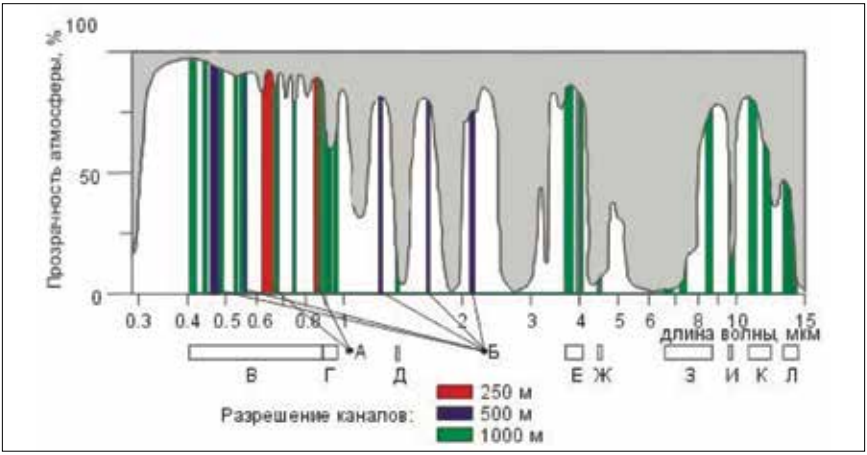


Рис. 8.4.1. Каналы космо-снимка MODIS.

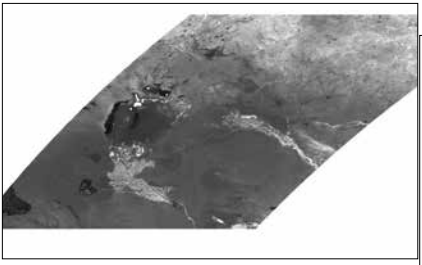


Рис. 8.4.2. Космо-снимок MODIS Terra 13A1 NDVI.

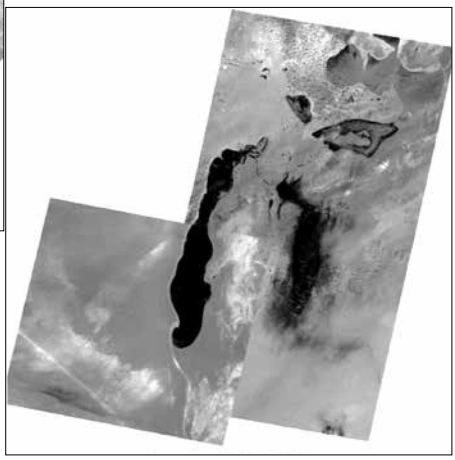


Рис. 8.4.3. Космо-снимок Landsat TM NDVI.

отклонена. 36 спектральных зон MODIS охватывают диапазон с длинами волн от 0,4 до 14,4 мкм. Съёмка в двух зонах (620–670 и 841–876 нм) ведётся с разрешением 250 м, в пяти зонах видимого и ближнего инфракрасного диапазона — с разрешением 500 м, а в остальных (диапазон от 0,4 до 14,4 мкм) — 1000 м (Рис. 8.4.1, рис. 8.4.2).

Landsat — наиболее продолжительный проект по получению спутниковых фотоснимков планеты Земля. Первый из спутников в рамках программы был запущен в 1972 году; последний Landsat 8 — 11 февраля 2013. Оборудование, установленное на спутниках Landsat, сделало миллиарды снимков. Снимки, полученные в США и на станциях получения данных со спутников по всему миру, являются уникальным ресурсом для проведения множества научных исследований в области сельского хозяйства, картографии, геологии, лесоводства, разведки, образования и национальной безопасности.

К примеру, Landsat 7 поставляет снимки в 8 спектральных диапазонах с пространственным разрешением от 15 до 60 метров на точку; периодичность сбора данных для всей планеты изначально составляла 16–18 суток (Рис. 8.4.3).

Шаг 2. Используя программу ERDASIMAGINE 9.1 сделана геометрическая обработка и радиометрическая корректировка снимков LandsatTM. Разработана цифровая модель высот местности *(DEM)* и смоделированы следующие образы:

- FillDEM –заполнение отсутствующих пикселей, сглаживание *(геометрическая обработка и радиометрическая корректировка)*;
- Flowaccumulation — расчет водосборной территории *(бассейн)*;
- Создан контур *(граница бассейна)* бассейна моря с использованием снимков SRTMDEM.

Шаг 3. Метод вычисления вегетационных индексов заключаются в выделении зеленой растительности с помощью простого арифметического преобразования и относится к полностью автоматизированным методам, в которых участие пользователя ограничивается лишь одним последним этапом — идентификацией выделенных объектов. Нормализированный вегетационный индекс *(NDVI)* — это стандартизированный индекс, показывающий наличие и состояние растительности *(относительную биомассу)*. NDVI также используется для мониторинга засухи, **водной поверхности**, мониторинга и прогнозирования сельскохозяйственного производства и карт наступления пустыни.

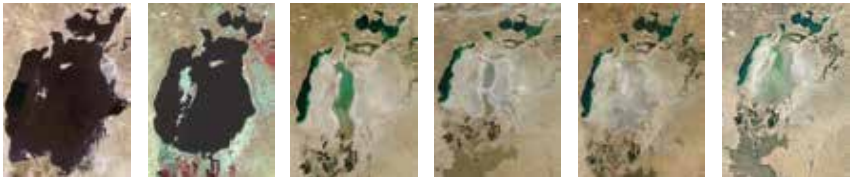
Облака, вода и снег дают лучшее отражение в видимом диапазоне, чем в ближнем инфракрасном диапазоне, в то время как разница практически равна нулю для скал и голой почвы. Обработка NDVI создает одноканальный набор данных, который в основном представляет зелень. Отрицательные значения представляют воду и/или снег, а положительные значения, близкие к нулю, представляют скалы и голую почву. Документированное уравнение NDVI, используемое по умолчанию:

NDVI = (NIR – R) / (NIR + R)

NIR = коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра

R = значения пикселей из красного канала

Индекс выдает значения от -1,0 до 1,0, в основном представляющие зелень, где все отрицательные значения, в основном, образуют водную поверхность и снег *(зимние снимки)*. Очень маленькие значения *(0,1 и меньше)* функции NDVI соответствуют пустым областям скал, песка или снега. Умеренные значения *(от 0,2 до 0,3)* представляют кустарники и луга, в то время как большие значения *(от 0,6 до 0,8)* указывают на умеренные и тропические леса. Алгоритм расчета NDVI встроен практически во все распространен-



1973 *1987* *2010* *2012* *2014* *2016*

Рис. 8.5. Космические снимки Аральского моря в динамике.

ные пакеты программного обеспечения, связанные с обработкой данных дистанционного зондирования (ArcViewImageAnalysis, ERDAS Imagine, ENVI, Ermapper, Scanex MODIS Processor, ScanView и др.) (Рис. 8.5).

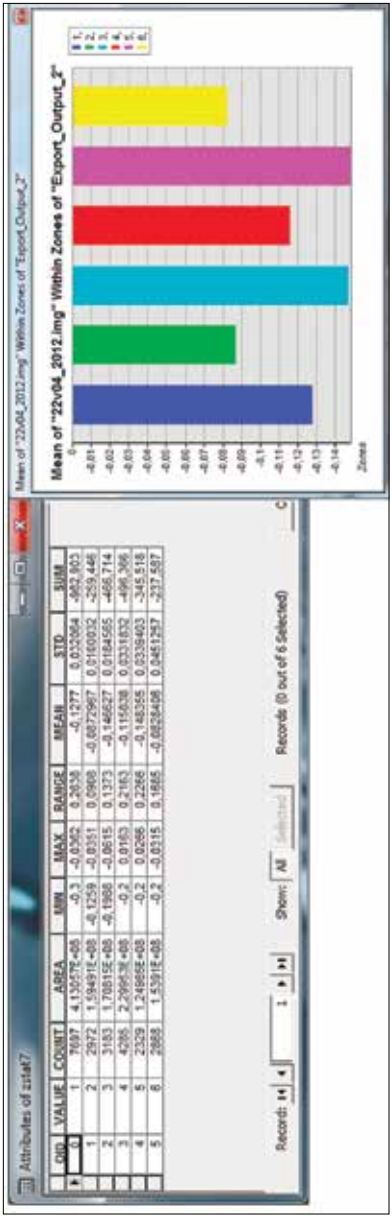
В целом, главным преимуществом NDVI является легкость его получения: для вычисления индекса не требуется никаких дополнительных данных и методик, кроме непосредственно самой космической съемки и знания ее параметров.

Шаг 4. С помощью программ Google Earth *(проект компании Google, в рамках которого спутниковые фотографии всей земной поверхности собраны в одном месте)* и SAS Planet *(бесплатно распространяемая навигационная программа, объединяющая в себе возможность загрузки и просмотра карт и спутниковых фотографий земной поверхности с большого количества online-сервисов)* были выделены характерные точки для вычисления значения отражения. Далее по точкам построены графики для выделения необходимой классификации и определены значения пикселей для **водной** поверхности. Для этой задачи использовался инструмент (*Zonal Attribute) в программе Arc GIS 9.3 (Рис. 8.6.1, 8.6.2).

Шаг 5. Далее в программе ArcGIS 9.3 вычисляются площади водной поверхности, которые были получены из снимков LandsatTM и MODIS. Смоделированы растровые ГИС-слои в динамике, характеризующие водную поверхность и голые почвы *(скалистая местность и деградированные земли)* в растровом формате для всех взятых лет исследований.

Проведен анализ *(сопоставление)* точности смоделированной информации. Имея всю необходимую информацию, а это: скачанные снимки и полученные из них с помощью моделирования классификации поверхности; онлайн-анализ поверхности с помощью Google Planet и SAS Planet были составлены таблицы, показывающие точность моделирования в ArcGIS 9.3 по более чем 500 характерным точкам.

На базе смоделированных образов и топографической основы были разработаны слои ГИС с помощью программы ArcGIS 9.3. Все слои представляют собой шейп *(*shp)* — файлы и в совокупности являются ГИС-проектом. Все компоненты шейп-файла для одного слоя имеют одно имя. Файл с расширением .shp содержит пространственные данные в двоичном коде, файл с расширением .dbf — атрибутивные данные в таблице в формате dBASE. Файл с расширением .shx представляет собой пространственный индекс, в котором в сжатом виде описана структура файла .shp. Другими словами, файл с расширением. shx является ключом к пространственным данным, благодаря которому осуществляется быстрое чтение шейп-файла, а следовательно, все операции поиска и выборочного отображения объектов (Рис. 8.7).



OID	VALUE	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
0	1	7697	4.13057E+08	-0.3	-0.0362	0.2638	-0.1277	0.033064	-982.903
1	2	2972	1.59491E+08	-0.1259	-0.0351	0.0908	-0.0872967	0.0160032	-259.446
2	3	3183	1.70815E+08	-0.1988	-0.0615	0.1373	-0.146527	0.0184565	-466.714
3	4	4285	2.29953E+08	-0.2	0.0163	0.2163	-0.115225	0.0331632	-494.366
4	5	2329	1.24895E+08	-0.2	0.0266	0.2266	-0.148355	0.0339403	-345.518
5	6	2868	1.5391E+08	-0.2	-0.0115	0.1885	-0.0836496	0.0461797	-237.587

Рис. 8.6.1. Значения NDVI с Landsat TM.

OID	VALUE	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
0	1	7697	4.13057E+08	-0.3	-0.0362	0.2638	-0.127375	0.0741084	-981.947
1	2	2972	1.59491E+08	-0.1259	-0.0351	0.0908	-0.0871116	0.0169332-03	-258.886
2	3	3183	1.70815E+08	-0.1988	-0.0615	0.1373	-0.146415	0.0184188	-466.039
3	4	4285	2.29953E+08	-0.2	0.0163	0.2163	-0.115225	0.0327134	-493.738
4	5	2329	1.24895E+08	-0.2	0.0266	0.2266	-0.149437	0.0324721	-348.030
5	6	2868	1.5391E+08	-0.2	-0.033	0.167	-0.0835617	0.0449573	-239.742

Рис. 8.6.2. Значения NDVI с MODIS Terra.

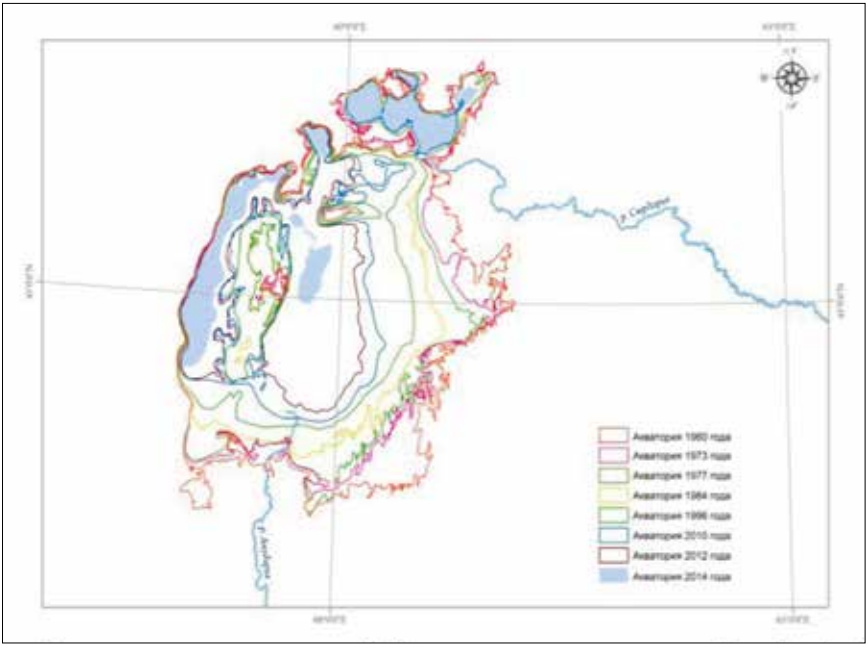


Рис. 8.7. Динамика акваторий Аральского моря, шейп (. shp) -файлы (векторный формат).*

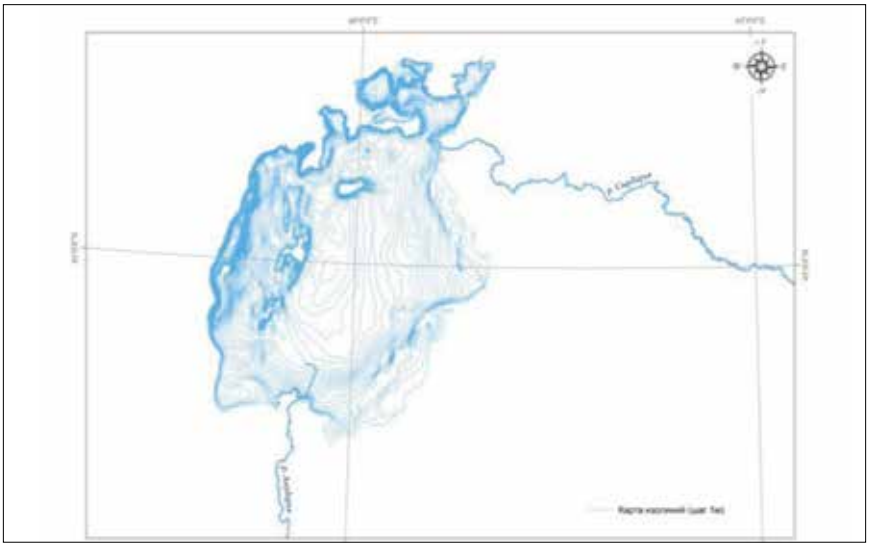


Рис. 8.8. Карта изобат с шагом в отметке в 1 м.

Шаг 6. С помощью файла модели местности *(DEM)* были построены изолинии всей территории Аральского моря с шагом в отметке в 1 метр.

С помощью карты изобат была рассчитаны отношения и составлена таблица отметок высот местности к площадям поверхности Аральского моря. Используя батиметрические кривые, разработанные в 2001 году с помощью проекта ИНТАС-0511 REBASOWS, была составлена таблица зависимости объемов чаши моря от отметок высот местности с шагом в 1 метр (Рис. 8.8).

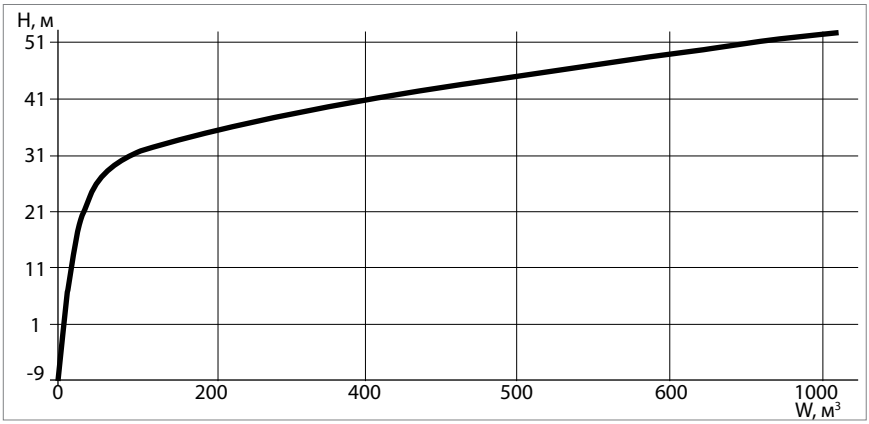


Рис. 8.9.1. Распределение по отметкам. Арал.

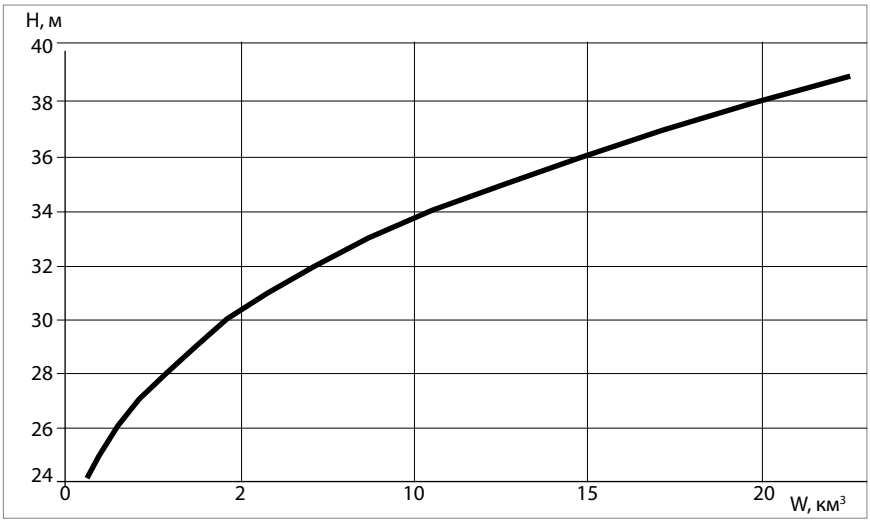


Рис. 8.9.2. Распределение объемов по отметкам. Арал. Малое море. После разделения.

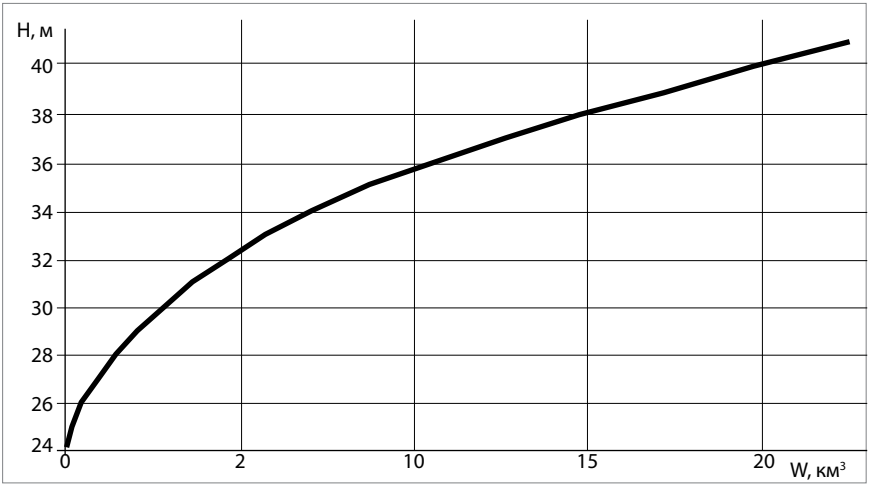


Рис. 8.9.3. Распределение объемов по отметкам. Арал. Большое море. После разделения.

Выводы. Оценка площади зеркала водной поверхности Аральского моря с помощью ГИС технологий и сравнения с результатами моделирования показывает, что интенсивность уменьшения Западной части Аральского моря меньше, чем Восточной. Выполненные расчеты и анализ дистанционного зондирования потвердили гипотезу существования подземного перетока из Восточной части Большого Арала в Западную часть. Это позволило откорректировать методику расчета водного баланса Большого Арала.

Так, например, расчеты водного баланса за октябрь 2016 года по Западной части Большого Арала показывают, что потери воды на испарение составляют около 0,74 км^3, в тоже время потери объема (при изменении площадей с 3,39 до 3,38 км^2) оцениваются всего в 0,14 км^3; разница составляет фильтрационный расход в 0,6 км^3 в месяц (в это время поверхностный приток в западное море отсутствовал). В сентябре — декабре при снижении площади водной поверхности Восточной части фильтрационный расход резко снижается до 0,10–0,15 км^3 в месяц.

Глава 9
ФАУНА И ФЛОРА МОРЯ

9.1. Рыба

Ихтиофауна Аральского моря исходно была относительно бедной. Здесь обитало лишь 20 видов рыб, относящихся к 7 семействам, из которых к промысловым относились 10–12 видов; это были в основном крупные коммерчески ценные рыбы, такие как: аральский усач, лещ, сазан, жерех, плотва, щука, сом, судак и ряд других. От 80 до 85% уловов состояло из этих видов.

В дальнейшем в результате интродукций в 1950–1960-х гг. разнообразие рыб в Арале возросло до 30 видов. Благодаря акклиматизациям ихтиофауна была существенно обогащена. Акклиматизации были начаты в 1927–1929 (Карпевич, 1975) с целью пополнить фауну для повышения промысловых уловов. Со временем стало превалировать направление перспективного формирования солеустойчивой ихтиофауны. Всего в Аральское море было вселено 18 видов рыб из 8 семейств. Все они, за исключением шипа, т.е. 95%, являются новыми для Арала. Из планово вселявшихся 9 видов прижились лишь 2 вида — балтийская салака и камбала глосса. Напротив, случайно завезенные 9 видов прижились все. Эти виды попали в Арал почти все одновременно в середине 1950-х гг. при перевозке кефали из юго-восточной части Каспия. Большинство их, будучи неприхотливыми эврибионтными видами, за короткий срок набрали значительную численность. С ростом солености воды в 1970-х гг. большинство аборигенных видов вымерло. В 1981 году рыболовство на Аральском море прекратилось. В 1980-хгг. все аборигенные и большинство интродуцированых видов рыб вымерло в Арале из-за высокой минерализации. К 1990 гг. только 5 видов сохранились в Большом Арале: балтийская салака, камбала-глосса, каспийская атеринка и 2 вида бычков: бычок-песочник и бычок-бубырь. В 1990 гг. пища камбалы состояла в основном из креветок, краба, нереиса, моллюсков и бычков. В начале 2000 гг. артемия была основным пищевым ресурсом камбалы (Мирабдуллаев и др., 2001).

В 2002 г. только 2 вида рыб сохранились в Арале: атеринка и камбала.

Молодь атеринки в Западном бассейне была отмечена в 2002 г., что указывало на ее размножение. В последующие годы атеринка, вероятно, не

выдерживала холодные зимы в условиях нарастающей солености Большого Арала. На это указывают береговые выбросы атеринки в зимний период, и тем, что атеринка отмечалась в узбекистанской части Большого Арала только во второй половине года.

Вероятно, популяция атеринки в Арале возобновлялась в результате весенних миграций из Малого Арала.

Мертвые особи камбалы были отмечены около Жидели Булак в 2002 г. Камбала была в 2002 г. отмечена также другими исследователями (Zavialovetal., 2003). Однако с 2004 г. в Большом Арале рыба не отмечалась.

9.2. Биопродуктивность Аральского моря

Исходная экосистема Аральского моря была сравнительно бедной и биологически низкопродуктивной, что связано с олиготрофным характером водоема. Тем не менее, до 1960-х гг. это был крупнейший рыбохозяйственный водоем Центральной Азии с ежегодным уловом 15–40 тыс. т. рыбы (в основном карповые, но также и осетровые). Для сравнения: все водоемы Узбекистана, за исключением рыбоводных прудов, производят около 8 тыс. т. рыбы ежегодно. С 1980 г. Большой Арал полностью потерял свое рыбохозяйственное значение.

Наиболее важным непосредственным фактором, катастрофически изменившим биоту Арала, является минерализация водоема, возросшая за неполных 50 лет с 10 ppt до 100 ppt. Поэтому для оценки адаптивных возможностей автохтонной биоты мы оценили адаптации к минерализации воды. Полученные данные по солевыносливости гидробионтов позволяют прогнозировать состав биоты Аральского моря при различных уровнях минерализации. Снижение минерализации воды и соответствующие реинтродукционные мероприятия будут способствовать увеличению рыбопродуктивности. Рыболовство (основанное в основном на камбале и осетровых) на Аральском море возможно уже при минерализации 35–40 ppt. Однако это будет возможно лишь в случае регулярного зарыбления водоема мальками осетровых и использования Аральского моря в качестве нагульного водоема (т. н. пастбищная аквакультура).

При минерализации в пределах 40–75 ppt какое-либо пользование биоресурсами Арала, вероятно, невозможно. Однако при повышении минерализации выше 75 ppt в Арале формируется новый вид биоресурсов — жаброногий рачок артемия. Цисты артемии широко используются в аквакультуре и имеют коммерческое значение. Основными факторами, лимитирующими развитие артемии, являются пища (микроводоросли фитопланктона), конкуренты (зоопланктон) и хищники (рыбы). Развитие фитопланктона определяется в основном количеством биогенов (N, P) в море. Наличие конкурентов и хищ-

ников определяется в основном их солевыносливостью. При минерализации 70–80 ppt рыбы вымирают, частью резко снижают численность своих популяций, развитие зоопланктона значительно снижается, что позволяет популяции артемии доминировать в экосистеме водоема. Это в свою очередь создает возможность для промысла яиц (цист) артемии. Популяция артемии сохраняет свою продуктивность до минерализации 200–250 ppt. Артемия способна обитать в водоеме и при высшей минерализации (до 300 ppt), однако продуктивность рачка при этом остается незначительной для поддержания рентабельного промысла.

9.3. Рефугии Аральской биоты

Большой Арал почти полностью утратил свою аборигенную и интродуцированную биоту. С целью выяснить, сохранились ли рефугиумы Аральской биоты, мы исследовали ряд водоемов Южного Приаралья. Данные о рефугиумах Аральской биоты необходимы для разработки мер по возможному восстановлению исходной экосистемы Аральского моря, а также для сохранения уникального биоразнообразия Приаралья.

Выявление остатков аральской фауны в озерах Южного Приаралья имеет значение как с точки зрения сохранения биоразнообразия республики, так и для повышения биопродуктивности внутренних водоемов. Используемая в Узбекистане и соседних государствах для орошения вода в значительной мере накапливается в сбросных концевых водоемах, таких как Айдаркуль, Сарыкамыш, Уллы-Шуркуль, Кара-Кыр и др. Большинство озер в Узбекистане являются такими образовавшимися в последние десятилетия солоноватоводными накопителями коллекторно-дренажных вод (концевые сбросы оросительных систем). Образовавшиеся солоноватоводные озера обладают, как правило, обедненной гидрофауной, сформированной на основе, главным образом, речной. Моллюски и донные ракообразные, являющиеся основой кормовой базы для рыб в водоемах со сходными условиями (Аральское, Каспийское, Азовское моря), практически отсутствуют в них. Как результат, биомасса бентоса, образующего основу кормовой базы большинства промысловых рыб, например, в Айдаро-Арнасайской системе озер, в десятки раз ниже, чем в вышеупомянутых солоноватоводных морях. Недоукомплектованность экологических ниш в них приводит к пониженной биопродуктивности и в конечном итоге — невысокой рыбопродуктивности. В этом отношении интродукция ряда гидробионтов аральского происхождения могла бы явиться эффективным средством повышения продуктивности основных рыбохозяйственных водоемов Узбекистана. Эти мероприятия позволили бы значительно повысить биологическую продуктивность озер, а в конечном итоге — и рыбопродуктивность (Мирабдуллаев И. и др., 2001).

В 2000–2004 гг. были исследованы расположенные в Южном Приаралье озера Сайкуль, Аязкуль, Акшакуль, Сарыкамыш, Муйнакский залив, Междуречье, Судочье, Сарбас, Восточный Каратерень, Атакуль, Уллы-Шоркуль, Каладжик.

Исследования выявили, что ряд элементов Аральской биоты все еще сохранился в некоторых водоемах Южного Приаралья, таким образом, являющимися рефугиумами (убежищами) аральской биоты. Наиболее важными рефугиумами являются озера Судочье, Сарыкамыш и Восточный Каратерень.

Наиболее богатое сообщество водных животных Аральского происхождения обнаружено в озере Судочье. Проведенные исследования выявили в составе фауны озера ряд видов водных животных морского происхождения: морские раковинные инфузории *Folliculina*, мшанки, морской кольчатый червь нереис, морские веслоногие и ракушковые ракообразные, аральский бокоплав, улитки *Caspiohydrobia*, рыба атеринка. В озере Сарыкамыш встречаются аральские моллюски *Cerastoderma isthmicum* и *Theodoxus pallasi,* ракообразные *Podonevadnecamptonyx, Turkogammarusaralensis* , рыба аральская колюшка.

Но для того чтобы воспользоваться остатками богатств животного мира Арала, необходимо в первую очередь сохранить это богатство. А для этого нужно обеспечить стабильное существование водоемов Приаралья. Причем для остатков аральской фауны губительным может явиться как пересыхание водоемов (практически все озера в Приаралье мелководны), так и их чрезмерное распреснение. Крайне важный вывод из засухи 2000–2001 гг. — это то, что экосистемы большинства озер Приаралья (например, озера Судочье, Сарбыс, Шегекуль, Ходжакуль и др.) крайне нестабильны в условиях недостатка воды, что создает риск исчезновения ряда рефугиумов (Мирабдуллаев и др., 2004).

Нестабильность экосистем связана с мелководностью этих озер (глубина обычно в пределах 1–2 м) и высокой испаряемостью (более чем 1 м в год). В результате засуха вызывает резкое уменьшение размера озер и возрастание минерализации.

Другими факторами риска являются антропогенные изменения гидрологического режима и возрастание загрязнений. Например, отвод значительного количества воды от озера Аязкуль вызвал повышение минерализации и исчезновение из планктона большинства видов аральского комплекса, отмеченного там в начале 1990-х гг. (Мирабдуллаев, Гец, 1996). Не менее важно и то, что для аральской биоты представляют опасность не только засухи, но значительное снижение минерализации. Большинство представителей аральской фауны, будучи солоноватоводными гидробионтами, не в состоянии обитать в пресноводных условиях.

9.4. Растительные сообщества

Из-за высокой прозрачности и мелководности Аральского моря, большая часть органики продуцировалась фитобентосом, а не фитопланктоном, что делало экосистему этого водоема отличной от экосистем других внутренних морей. В целом доля биомассы фитобентоса достигала 90%, в то время как фитопланктона — только 10% (Карпевич, 1975). Харовые водоросли составляли около 75% и зеленая водоросль– около 13% биомассы фитобентоса. Из других важных бентосных водорослей были зеленая водоросль и красная водоросль (Карпевич, 1975). В 1990 гг. почти все эти виды исчезли уже в 1995. В настоящее время единственными макроскопическими водорослями на Большом Арале являются Cladophorafracta и Vauscheriasp.

В 1950–60-е гг. в фитопланктоне диатомовые водоросли, были доминирующим видом в Аральском море (Зенкевич, 1963). Согласно Н.В. Аладину и Котову, (1989) с 1972 до 1983 гг. большинство видов солоноватоводных планктонных водорослей исчезло из Аральского моря, включая такие доминанты, как сине-зеленая и диатомовые. В 1980 годах, когда соленость достигла 24 ppt, не только солоноватоводные, но и морские эвригалинные виды водорослей начали вымирать в Арале (Ельмуратов, 1981).

В 1999–2002 гг. нами было отмечено 159 видов водорослей в перифитоне и 167 видов в планктоне. Это является примерно половиной разнообразия фитопланктона, отмеченного ранее. Так, в 1920-хгг. Киселев (1927) отметил 375 видов в планктоне Аральского моря, в то время как в 1960–70-е гг. Пичкилы (1981) и Ельмуратов (1981) отметили соответственно 306 и 278 видов

Разнообразие фитопланктона в 2002–2005 г. было стабильно, но значительно ниже, чем в предшествующий период. Если в 1999–2001 г. в Арале было отмечено 159 видов водорослей, то в 2002–2005 г. только 81 вид. Причем, в каждый отдельный год встречалось не более 60 видов. В водоеме остались практически только морские и галофильные виды. Не все отмеченные виды водорослей истинно планктонные. Ввиду мелководности мест отбора (2–4 м), значительное количество отмеченных видов водорослей являются представителями фитобентоса и перифитона.

Глава 10

БУДУЩЕЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

«Восстановление экосистем и биопродуктивности Аральского моря в условиях дефицита воды»

В качестве цели проекта была принята разработка прогноза будущего Аральского моря и Приаралья на основе моделирования, осуществляемого Институтом водного управления, гидрологии и гидравлической разработки — БОКУМ (Австрия), НИЦ МКВК, Центром комплексных исследований водных систем, Институтом водных и экологических проблем Российской Академии наук при экологической оценке Института физиологии и биофизики, Института зоологии Академии наук Республики Узбекистан. Прогноз составлялся на 25 лет в различных вариантах сочетания притока воды к дельте Амударьи, социально–экономического развития, наличия инфраструктуры дельты, различной степени сотрудничества между странами на трансграничных реках. В качестве инструмента моделирования была принята модельASBMm. Рассмотрены 7 сценариев будущего развития:

- Оптимистический вариант при тесном сотрудничестве.
- Оптимистический вариант без сотрудничества.
- Вариант пессимистический с усилением сотрудничества.
- Вариант пессимистический без сотрудничества.
- Вариант «средний» между 1 и 6.
- Вариант сохранения существующих тенденций.
- Вариант «гипотетический», при котором вся вода, поступающая в оба водоёма Аральского моря из Амударьи и коллекторов в варианте 6, направляется в глубокое Западное море.

Ниже приводятся результаты только двух вариантов — вариант сохранения существующих тенденций для сопоставления с фактом на 2015 год и гипотетический для сравнения, имеется ли вообще возможность сохранить в экологически приемлемом виде Западное море. В этих вариантах принята современная инфраструктура дельты Амударьи.

Ниже даётся детальное описание предполагаемого гипотетического варианта и обоснование получения возможных для него объёмов воды.

Водно-экологический баланс в регионе при удовлетворении потребностей в воде производственных, продовольственных, коммунальных и энергетических нужд мог бы быть достигнут, если бы все страны региона организовали постоянное снижение водопотребления за счет водосбережения и повышения качества учета воды. Опыт ИУВР в Ферганской долине показал возможность реально снизить все водозаборы из трансграничных рек на 20%, что в целом может дать экономию к 2035 г. в 9 млрд. м^3 воды в год. Водосбережение является очень кропотливой деятельностью, но темпы водосбережения в 1% в год вполне достижимы. Если эта работа будет базироваться на реальном сотрудничестве между странами и идеологически и политически подкреплена в виде организации в масштабах Центральной Азии глобальной программы водного образования, тогда в этот период будущее население и, особенно его молодое поколение, будут подготовлены к возможным последствиям водного дефицита, основываясь на традиционном уважительном и бережном отношении к воде как к святыне.

Кроме того в бассейне р. Амударья имеются ресурсы коллекторно-дренажных вод (система озерного коллектора 3,5 км^3 и Ташаузских каналов Туркмении 1,5 км^3), которые хотя и уменьшатся в связи с водосбережением на соответствующие 20%, составят 4,0 км^3. До независимости институт Союзгипроводхоз разработал проект подачи этих вод по трассе в Западное Аральское море вдоль Устюрта через оз. Судочье и через бывший залив Аджибай. С наступлением независимости институт Узгипроводхоз, чтобы не затрагивать интересы Узбекистана, разработал схему подачи дренажного стока с расходом 150 м^3/сек на Правый берег Амударьи или сброс в Амударью с объемом 3 км^3 в год с последующей подпиткой этой водой Аральского моря в его Восточном водоеме. Учитывая мелководность этого водоема, целесообразно подпитать через Приаралье и оз. Судочье непосредственно Западное море, чтобы при наличии дополнительной подачи сэкономленной воды постоянно наращивать водообеспеченность Приаралья на территории Казахстана и Узбекистана, а также наращивать уровень Западного Аральского моря. В Западное море могут быть также поданы сбросы из Северного моря в многоводные годы, как например это было в 2010 г. — 5 км^3, которые, к сожалению, распластались в северной части Восточного моря. Если отсечь это маловодье в виде транзитного канала, направленного через протоку Восточное — Западное море, то Западный водоем может получить дополнительный объем воды. Осуществление такого комплекса водохозяйственных мероприятий позволит стабилизировать ландшафты за счет устойчивой работы водоемов и ветландов ориентировочно на площади только в узбекской части 500 тыс. га.

Рис. 10.1. Схема подачи воды в Западное Аральское море.

Вариант сохранения существующих тенденций

Здесь во всех вариантах водности в Восточном море начинаются с 2010 года колебания воды в районе отметок 28–30 м при минерализации воды между 100 и 200 г на литр, что вполне соответствует действительности с разницей в отметках на 1–2 метра. При этом в Западном море при низкой водности продолжается постоянное снижение и нынешний уровень соответствует 26 метрам. Минерализация здесь идёт вверх и достигает в настоящий момент 130 г на литр, что соответствует действительности. Отклонение отметок стабильных колебаний в Восточной чаше от действительности определяется неточностью некоторых расчётных допущений, принятых в модели Восточного моря, вероятнее всего, батиметрической кривой на выполаживающихся отметках чаши.

Вариант гипотетического притока воды в Западную чашу

Техническое выполнение этого варианта достаточно сложное, поэтому мы назвали его гипотетическим. Но, тем не менее — это единственный вариант, при котором имеется возможность сохранить Аральское море в резко уменьшенном, но активном состоянии при условии совместных действий всех стран региона и, особенно, Казахстана, Туркменистана и Узбекистана. Необходимо с правого берега дельты, минуя Междуреченское водохранилище, резервировать не более 3,5 кубокилометров воды в год для водоёмов дельты, весь остаточный сток Амударьи от створа Парлытау или даже выше отвести через Аджибай — бывший залив вдоль Устюрта, включая воду Правобережного коллектора, в Западную чашу. Что же мы будем иметь?

Предлагается, что водоснабжение Западной чаши будет осуществляться через вновь созданную систему водных путей Амударья-Судочье-Аджибай. Эта система полностью сосредоточена на более глубокий водоем. Восточное море стабилизируется при 26…27 м. Подъем до 30 м Б. С. при оптимистическом варианте должен рассматриваться как не реальный. Оно окончательно превращается в солёный ветланд с минерализацией 200–350 г на литр и питается только при переливах из Западного моря. Во всех вариантах в Западной чаше горизонт воды устанавливается на отметках 29…31 м, с кратковременными минимумом в 28 м и максимумом в 32,3 м. Такой приток позволит достигнуть устойчивого тренда снижения минерализации в Западном море до 45 +/- 16 г/л к 2025 г. Однако, минерализация в Восточной чаше увеличится до 380 г/л, хотя при такой минерализации допущения, принятые в модели, становятся недействительными, и требуется детальное гидрохимическое моделирование высоконасыщенных растворов.

При рассмотрении отчета группа биопродуктивности считает сомнительным и невозможным выполнение «гипотетического варианта» водообеспечения Западного моря из Амударьи в таком размере, чтобы добиться экономической эффективности сохранения Западного моря при действующих экологических показателях, когда минерализация меньше 30 г/л. Для этого было бы необходимо:

- следовать оптимистическому сценарию водопользования в бассейне;
- благоприятная естественная водообеспеченность по гидрологическим рядам;
- быстрое (в течение 5–6 лет) наполнение Западного моря;
- дополнительный запас коллекторно-дренажных вод из Озерного коллектора с перекачиванием воды насосами в систему Главного Левобережного коллектора и далее в Судочье;
- денежные инвестиции в размере 1,500–1,800 миллионов долларов США.

Существует одна возможность получить такие инвестиции — привлечь денежные средства газовых и нефтяных компаний, которые осваивают Приаралье, учитывая их интересы по освоению запасов газа и нефти на дне Восточного Аральского моря.

Рис. 10.2. Уровень поверхности воды Восточной чаши.

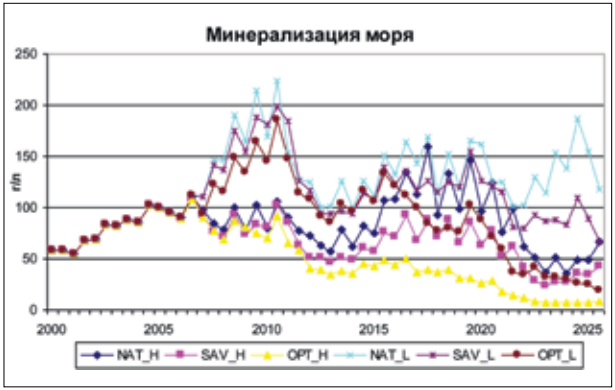


Рис. 10.4. Минерализация воды в Восточной чаше.

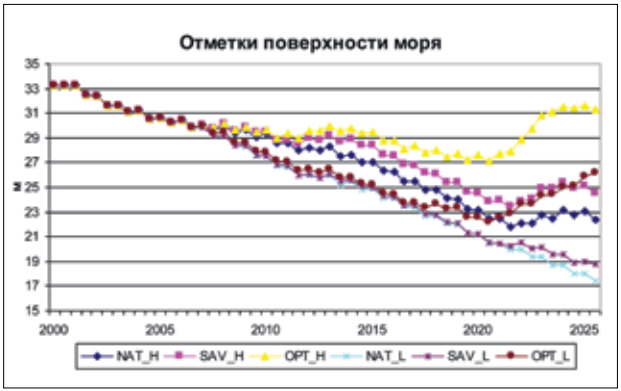


Рис. 10.3. Уровень поверхности воды Западной чаши.

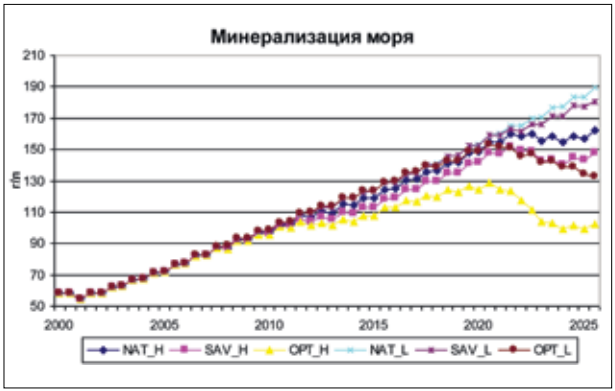


Рис. 10.5. Минерализация воды в Западной чаше.

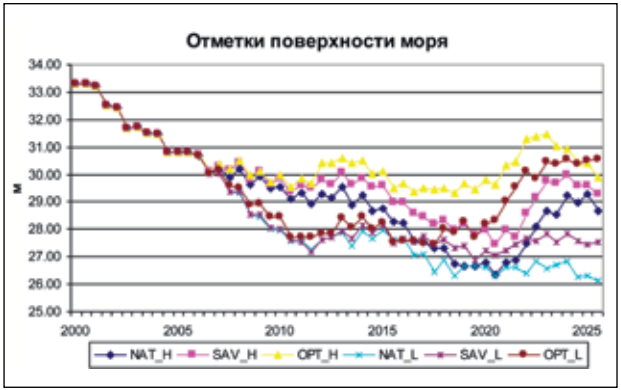


Рис. 10.6. Уровень поверхности воды Восточной чаши.

Рис. 10.7. Уровень поверхности воды Западной чаши.

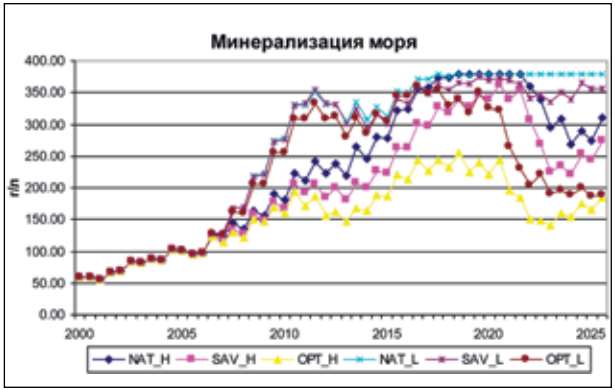


Рис. 10.8. Минерализация морской воды в Восточной чаше.

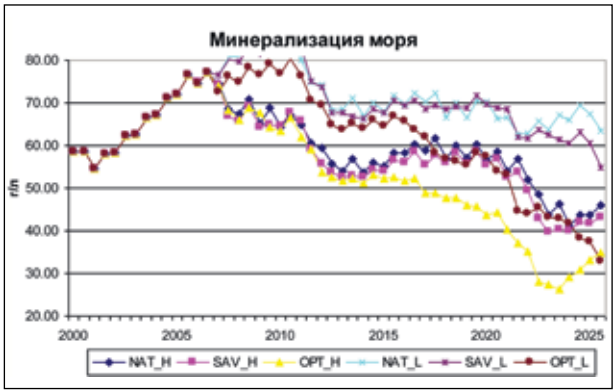


Рис. 10.9. Минерализация морской воды в Западной чаше.

ВЫВОДЫ

К настоящему времени в Аральском море осталось лишь около 6% от объема его вод середины XX века. Тем не менее, озеро остается значительным водоемом с горизонтальной протяженностью до 150 км и глубиной более 20 м. В региональном масштабе оно продолжает оказывать некоторое влияние на климат и циркуляцию атмосферы.

Экологический кризис Арала повлек за собой глубокую перестройку всех компонентов экосистемы. Прежде всего, коренным образом, изменилось само гидрофизическое состояние водоема: из солоноватого он стал гипергалинным, из перемешанного — сильно стратифицированным, из хорошо вентилированного — подверженным аноксии и сероводородному заражению. Следует отметить, однако, что если до 2002 г снижение уровня Большого Арала составляло в среднем порядка 1 м в год, то за период с начала мониторинга (2002 г) до настоящего времени суммарное падение составило всего около 3 м. Анализ водного баланса моря указывает на то, что система близка к достижению равновесия, и, если остаточные речные стоки и подземный сток сохранят значения, характерные для последних лет, в близком будущем можно ожидать стабилизации уровня и прекращения дальнейшего осолонения водоема. Однако и в этом случае в западном бассейне рост минерализации будет продолжаться еще некоторое время. Химический режим Арала находится в тесной взаимосвязи с его гидрофизическим состоянием. Ионно-солевой состав вод моря существенно изменился и продолжает меняться за счет осаждения карбонатов и гипса. Если в «условно естественный» период Арал считался водоемом сульфатного типа, то теперь содержание сульфат-иона по отношению к хлору существенно снизилось. Особенно радикальные изменения коснулись содержания кальция, которое уменьшилось почти в 7 раз. Истощение вод по отношению к кальцию может оказаться фактором, лимитирующим дальнейшее осаждение гипса. Если рост минерализации продолжится, то уже в ближайшем будущем начнется выпадение мирабилита (особенно в зимнее время при низких температурах), что приведет, в частности, к расходованию натрия и дальнейшим изменениям солевого состава. Изменение ионного состава вод влечёт за собой изменения всех основных физических зависимостей, таких как зависимость плотности от солености и температуры (уравнение состояния), зависимость

температуры замерзания от солености (для современного Арала температура замерзания — около - 5°С), зависимость электропроводности от солености, и других. Изучение этих обратных связей между гидрофизикой и гидрохимией Арала является важной задачей будущих исследований.

Происходящие изменения физического и химического режимов Аральского моря влияют на современное состояние его биологических систем. Следует отметить, что, несмотря на огромные потери в видовом разнообразии биоты, понесенные в ходе экологического кризиса, современные биологические сообщества Арала нельзя назвать мертвыми или умирающими. В море сложилась весьма специфическая, но достаточно активная экосистема, состоящая из видов планктона и бентоса, сумевших приспособиться к чудовищной солености. Общая биомасса их весьма значительна. Предпринимаются даже попытки коммерческой добычи доминирующего представителя зоопланктона Большого Арала — жаброногого рачка Artemia. Эволюция биологических сообществ, которая будет определяться в первую очередь изменениями физико-химического режима моря, должна находиться в фокусе дальнейших исследований.

Очень важный вопрос состоит в продолжении мониторинга осушенного дна моря и, особо, дельт рек Амударьи и Сырдарьи, также как и организация управления этой сложной человеко-природной системой. На осушенном дне моря в настоящее время происходят за короткий период такие критические изменения природной среды, на которые в другие периоды затрачивались столетия. Природа за счет самозарастания осушенного дна моря, которое теперь принято называть пустыней Аралкум, старается защитить себя. Задача обоих государств, которым принадлежит акватория Аральского моря, организовать наблюдения за этим важным процессом и в определенной степени помочь его прохождению. К сожалению, несмотря на целый ряд решений правительств Узбекистана и Казахстана, эти вопросы находятся вне приоритетных направлений инвестиционной политики государств.

Нам представляется необходимым продолжение программы натурного мониторинга экосистем Аральского моря в ближайшие годы. Такой мониторинг может быть только комплексным и междисциплинарным, а основное внимание должно уделяться взаимодействию гидрофизических, гидрохимических, метеорологических и биологических компонентов экосистемы. Ставится также задача использования данных мониторинга для экосистемного моделирования и прогнозирования экологических условий в регионе. Полученная в результате таких комплексных исследований информация может не только послужить для решения конкретных социальных, экономических и экологических проблем в Приаралье, но и оказаться полезной в более общем контексте. Аральское море есть своего

рода «модельный объект» для исследования реакции водных экосистем на антропогенные воздействия, имеющие место и во многих других регионах планеты. В этом смысле Аральский кризис, несомненно, имеет мировое значение. Вместе с этим страны Приаралья (Узбекистан и Казахстан) едва ли могут в настоящее время организовать нужные исследования и мониторинг только собственными силами. Поэтому крайне необходимо участие со стороны международного научного сообщества.

Изучение Приаралья и обсохшего дна самого Арала должно иметь мультидисциплинарный характер, который позволил бы, с одной стороны, глубоко изучить каждую часть экосистемы: гидрогеологию, почву, растительность, животный мир, а затем интегрировать, определив взаимовлияние их друг на друга. С другой стороны, изучение экосистемы должно включать и жизнь людей в этом регионе, изменение их образа жизни после того, как море отошло от населенных пунктов, находившихся на берегу моря, и их приспособление к новым условиям. Социально-экономический аспект позволит оценить потери от нарушения экологического равновесия и определить возможные пути изменения ситуации, улучшения управления системой с целью улучшения жизни людей в регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адрианов Б. В. Древние оросительные системы Приаралья, 1969.
2. Аладин Н. В., Плотников И. С. Изменение уровня Аральского моря: палеолимно-логистические и археологические достоинства. Биологические и природоведческие проблемы Аральского моря и Приаралья, Труды ЗИН РАН, т. 262, Спб, 1995.
3. Берг Х. С. Аральское море. Опыт физико-географической монографии, 1908. — 580 с.
4. Бартольд В. Сведения об Аральском море и низовьях Амударьи с древнейших времен XVII века, 1998.
5. Гулямов Г. История орошения Хорезма с древних времен до наших дней, 1998.
6. Летай Р., Менье М. «Южное Приаралье — новые перспективы», 2003.
7. «Комплексные дистанционные и наземные исследования осушенного дна Аральского моря», под ред. проф В. А. Духовного. — Ташкент: НИЦ МКВК, 2008. — 190 с. (http: //www.cawater-info.net/library/rus/aral_book_2008_ru.pdf).
8. «Братья по несчастью: аналоги проблемы бассейна Аральского моря» / Информационный сборник НИЦ МКВК, вып. 3. — Ташкент: НИЦ МКВК, 1997. — 68 с. (http: //www. cawater-info. net/library/rus/inf/03. pdf).
9. Letolle R., Mainquet M. The Aral. Springer Verlag, Paris, 1993, p 358.
10. Массон М. «Проблема изучения цистерн — сардоба», — Ташкент. 1935 г., 43 с.
11. Рубанов И. В, Ишниязов Д. Н, Баскакова М. А, Чистяков П. А., «Геология Аральского моря», — Ташкент 1987. — 248 с.
12. Завьялов П. О. и др, Мониторинг состояния физических, химических и биологических систем Аральского моря в условиях экологического кризиса, УДК 551.465, 2007.
13. Портал знаний о водных ресурсах и экологии Центральной Азии «CAWater-Info», http: //www.cawater-info.net/library/rus/gov8.pdf.
14. Масальский В. И. «Туркестанский край»; Санкт- Петербург, Издание А. Ф. Деврена 1913. — 861 с.
15. Dukhovny V. A., Sokolov V. I., Lessons on cooperation building to manage water conflict in Aral Sea Basin, Paris, UNESCO, PCCP, 2003.
16. Духовный В. А. и др. Научно-технический прогресс и мелиорация земель в Средней Азии, — Ташкент: «Мехнат», 1985. — 141 с.

17. INTAS — Арал — 2000–1059 «Экономическая оценка локальных и совместных мер по сокращению социально-экономического ущерба в зоне Приаралья», Вена-Амстердам-Москва-Алматы-Ташкент, 2004. — 156 с.
18. Treshkin S. Y., Kamalov S. K., Bahiev A. and other, «Present status of the tugay forests in the lower Amydarya basin and problems of their protections and restoration», in «Ecological research and monitoring of the Aral Sea deltas», UNESCO, 1998, pp 43…53.
19. Novikova N. M. and other «Contemporary plant and soil cover changes in the Amudarya and Syrdarya river deltas» в сборнике «Ecological research and monitoring of the Aral Sea deltas», UNESCO, 1998. — pp 100…128.
20. Stulina G., Sektimenko V. "The Chance in soil cover on the exposed bed of Aral Sea", ELSEVIER, 47, 2004, pp 121-125.
21. Sektimenko, V, Ye., Tairov, T. M., Naumov, A. N., 1991. The soil cover and soil conservation in the zone of the dried bed of the Aral Sea. Information Bulleten, vol. 507. Publ. FAN, Tashkent.

РЕЦЕНЗИЯ НА ОБЗОР АРАЛЬСКОЕ МОРЕ И ПРИАРАЛЬЕ

В настоящее время уже признано, что восстановить Аральское море в прежнем состоянии и размерах невозможно. Поэтому речь может идти только о стабилизации и улучшении уже сложившейся ситуации. Хотя правительствами Казахстана и Узбекистана уже принимались соответствующие меры и осуществлялись проекты, позволившие частично стабилизировать ситуацию в Приаралье, но все еще необходимы дальнейшие конкретные действия по улучшению сложной экологической обстановки в бассейне Аральского моря с учетом социально-экономического развития.

Рассматриваемый обзор включает введение, 10 глав и выводы. Он представляет собой обобщение результатов различных тематических исследований Аральского моря и Приаралья, осуществлённых НИЦ МКВК совместно с зарубежными партнёрами, а также ряда работ, выполненных исследователями из России. Основное внимание уделено Большому Аральскому морю и южному Приаралью, основная часть которых расположена на территории Узбекистана, где современная антропогенная регрессия Арала привела к наиболее тяжелым последствиям, в отличие от Малого моря и северного Приаралья.

Глава 1 посвящена истории Аральского моря. В ней в соответствии с современными представлениями рассматриваются возникновение Арала и формирование его бассейна, история регрессий и трансгрессий моря, как в доисторический период, так и в историческое время. Показана роль как природных факторов — миграция питающих Арал рек, изменение их водности в зависимости от климатических фаз, так и деятельности человека, забирающего часть речного стока на орошение и хозяйственные нужды. Знание истории Арала необходимо для лучшего понимания того, что произошло с ним в настоящее время.

Глава 2 обзора содержит данные по гидрологии и гидрохимии Арала в динамике начиная с 1961 г., когда началась антропогенная регрессия, и до настоящего времени. Достаточно подробно представлены данные по изменению стока рек, падению уровня моря и росту солености его вод. Особое внимание в этом разделе уделено процессам соленакопления в акватории Аральского моря.

В главе 3 достаточно подробно и полно рассматривается весь комплекс тяжелых социально-экономических и экологических последствий, к которым привели усыхание и осолонение Аральского моря. Это — интенсивное опустынивание территорий, прекращение разливов Амударьи и затоплений ее поймы, сильное сокращение числа озер и их площадей, прогрессирующее засоление почв, перенос солей и пыли с осушенного дна моря, изменение растительного покрова, резкое сокращение площади тугаев и тростниковых зарослей, значительное изменение местного климата, очень сильное снижение рыбных запасов в прилегающих озерных системах. Сделан расчет суммарных прямых и косвенных социально-экономические потерь от экологической катастрофы в Приаралье.

Глава 4 посвящена проектам, в рамках которых проводился мониторинг Приаралья и осушенного дна Аральского моря, и полученным в ходе их выполнения результатам. Представлены результаты мониторинга изменений геоморфологии и гидрогеологии. Приведены результаты изучения процессов почвообразования на вновь образовавшейся суше — обсохшем дне моря. Такие исследования имеют большое значение, т.к. эта территория является источником пыльных бурь, переносящих соли на значительные расстояния. Даются характеристики основных типов ландшафтов природно-территориальных комплексов и их оценка по степени экологической опасности. Проводившийся мониторинг позволил изучить динамику процессов — как опустынивания, так и почвообразования, идущих на обсохшем дне моря, и их возможная экологическая опасность. Предложены необходимые мероприятия по стабилизации осушенного дна моря, определены зоны, нуждающиеся в приоритетном осуществлении мер по их защите.

В главе 5 представлены данные, полученные в результате проведенного мониторинга района дельты Амударьи, включая водно-болотные угодья и расположенные там озера. Показано, что за прошедшее после 2000 г. время из-за сокращения объемов воды, поступающей из Амударьи в ее дельту, произошло сокращение их площадей и ухудшение их состояния. Наблюдается рост солености воды в озерах. Сделан обзор приведших к этому причин и возможных мер, необходимых для решения данной проблемы.

Глава 6 посвящена проектам улучшения социально-экономического и экологического состояния дельт Амударьи и Сырдарьи.

Глава 7 посвящена растительности на осушенном дне моря и проведению на нем лесопосадок.

Глава 8 посвящена динамике изменений Аральского моря и Приаралья на основе дистанционных исследований. Здесь достаточно подробно рассмотрено использование космических снимков для мониторинга и картирования состояния растительности, водной поверхности, процессов опустынивания и др.

Глава 9 представляет собой обзор флоры и фауны Аральского моря, включая произошедшие в ней изменения. Она состоит из отдельных разделов,

посвященных ихтиофауне, флоре, биологической продуктивности моря, а также озерам как рефугиумам аральской биоты. К сожалению, какие-либо сведения о зоопланктоне и зообентосе самого Аральского моря здесь отсутствуют. На наш взгляд их необходимо добавить.

Большой интерес представляет глава 10. В ней рассматривается прогноз будущего Большого Аральского моря, составленный на 25 лет в различных вариантах сочетания притока воды к дельте Амударьи, социально-экономического развития, наличия инфраструктуры дельты и различной степени сотрудничества между странами на трансграничных реках. Представлено несколько возможных вариантов водоснабжения оставшихся от Большого Арала водоемов, которые позволили хотя бы стабилизировать их состояние или даже поднять их уровень и снизить соленость их вод.

Рассматриваемый обзор содержит очень ценную актуальную информацию и, несомненно, представляет большой интерес для всех, кого волнует судьба Аральского моря и кто заинтересован в улучшении тяжелой экологической социально-экономической ситуации в Приаралье.

АЛАДИН Николай Васильевич,
заведующий лабораторией Зоологического института РАН,
доктор биологических наук, профессор.
ПЛОТНИКОВ Игорь Светозарович
старший научный сотрудник Зоологического института РАН,
кандидат биологических наук.

Для заметок

Для заметок

Для заметок

АРАЛЬСКОЕ МОРЕ И ПРИАРАЛЬЕ

Обобщение работ НИЦ МКВК по мониторингу состояния
и анализу ситуации

Редактор: Д. Сагатова

Дизайн и верстка: А. Холматов

Лицензия AI №263 31.12.2014. Подписано в печать 04.12 2017.
Формат: 60x90 1/16. Гарнитура «Myriad Pro». Печать офсетная.
Усл.п.л. 7,4. Уч.изд.л. 6.6.
Тираж 350.

Издательство "Baktria press"
г.Ташкент, 100000, Буюк Ипак Йўли мавзеси 15-25.
Тел/факс.: +998 (71) 233-23-84

Отпечатано в ООО PRINT MEDIA

ISBN 978-9943-4895-9-2

УДК 502/504(262.83)
ББК 20.1в6(5Ўзб-6Қар,2)
А 79

Аральское море и Приаралье [Текст] / под общ. ред. проф. В. А. Духовного [и др.]. — Ташкент : Baktria press, 2017. — 120 с.

В данной работе обобщены материалы тематических исследований Аральского моря и Приаралья, проведенных учеными НИЦ МКВК совместно с партнёрами из Голландии, Бельгии и России в 1992–2015 годах.

УДК 502/504(262.83)
ББК 20.1в6(5Ўзб-6Қар,2)

Данная публикация издана в рамках Совместной Программы ООН «Укрепление потенциала жизнеустойчивости населения, пострадавшего в результате кризиса Аральского моря, посредством создания многопартнёрского фонда по безопасности человека для региона Приаралья». Координатор компонента ЮНЕСКО по науке — Цай Е.Э.

Обзор составлен при участии:
Проф. Духовный В. А. — общая редакция, глава 1, 2, 3, 6, 10
Авакян И. С. — глава 3
Жолдасова И. М. — глава 9
Мирабдуллаев И. — глава 9
Муминов Ш. — глава 3
Рощенко Е. — глава 1, 2, 4, 5
Рузиев И. Б. — глава 2, 3, 4, 5, 7
Рузиев М. Т. — глава 2, 5
Стулина Г. В. — глава 4, 5, 7
Сорокин А. Г. — глава 2, 10
Сорокин Д. А. — глава 2, 8, 10
Заитов Ш.— глава 8
Ташмухамедов Б. А. — глава 9
Тучин А. И. — глава 2, 3, 6, 10
Эшчанов О. — глава 4, 5

ISBN 978-9943-4895-9-2

© UNESCO, 2017
© Baktria press, 2017

Организация
Объединенных наций по
вопросам образования,
науки и культуры

Представительство
в Узбекистане

BAKTRIA PRESS

ISBN: 978-9943-4895-9-2

9 789943 489592