

**В. А. РАФИКОВ**

**СОСТОЯНИЕ  
АРАЛЬСКОГО МОРЯ И ПРИАРАЛЬЯ  
ДО 2020 ГОДА**



Количество предельных  
выдач

ИНСТИТУТ СЕЅМОЛОГИИ  
ОТДЕЛ ГЕОГРАФИИ

## СОСТОЯНИЕ

ДО 2020 ГОДА

O'ZBEKISTON  
FAN VA INNOVATSİYALAR VAZIRLIGI  
CHIRCHIQ DAVLATI PEDAGOGIKA UNIVERSITETI  
AXBOROT RESURS MARKAZI

Tашкент 2014

УДК 578.4+551.510.47 (575.13)

Рафиков В.А. Состояние Аральского моря и Приаралья до 2020 года.  
Ташкент, 2014.

Приаралье и Аральское море – классический регион по прогнозированию трансформации геосистем, научные принципы и методы прогнозирования аридных геосистем, природные и антропогенные факторы прогнозирования геосистем, прогнозы изменения геосистем опустынивающейся части дельты Амударьи и обсохшей части дна Аральского моря, прогноз изменений гидрологических и гидрохимических условий Аральского моря до 2020 г.

Научно обоснованы принципы, и методы прогнозирования изменений аридных геосистем опустынивающейся части дельты Амударьи и обсохшей части дна Аральского моря до 2020 г., выявлены и всесторонне обоснованы основные природные и антропогенные факторы прогнозирования региона. Прогнозирование трансформации природных комплексов дельты Амударьи осуществлено на основе физико-географических микрорайонов, охватывающих группы геосистем одинаковых по степени водо-геохимического режима развития, а осушки моря по определенным изобатам.

Прогноз состояния гидрологического режима моря осуществлен на основе притока объема речных вод из русла Амударьи (Ақдары) в различных вариантах в Аральское (Большое) море.

Книга предназначена для географов, гидрологов, экологов и специалистов в области охраны окружающей среды, а также для студентов ВУЗов географического факультета.

Ответственный редактор - доктор технических наук, профессор  
М.А. Якубов

Рецензенты: доктор географических наук, профессор А.А. Абдулкасимов  
доктор географических наук, А.К. Уразбаев

Утверждено Ученым советом Института сейсмологии АН РУз.  
от 18 марта 2014 г. протокол №4

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Природная среда – сложная динамическая система, постоянно изменяющаяся как спонтанно, так и в результате антропогенного воздействия. До недавнего времени воздействие человека на природу приводило к изменению состояния лишь отдельных компонентов или природных комплексов небольшого региона. В настоящее время мощное вмешательство человека в природные процессы сказывается уже не только в локальных, но и в региональных и глобальных масштабах.

Научно-техническая революция (НТР) чрезвычайно усложнила взаимоотношения современного общества и природы. Одним из важных ее следствий является резкое возрастание антропогенного воздействия на природу, обусловленное повсеместным более интенсивным, чем это было раньше, использованием естественных ресурсов, процессами индустриализации и урбанизации.

Научный опыт показывает, что для решения задач рационального, эффективного природных ресурсов, планомерного управления природной средой необходимо все более глубокое проникновение науки и инженерии в природные процессы, их трансформацию под влиянием многообразной деятельности человека и разнообразного взаимодействия природной среды и созданных человеком технических систем. Только на основе такого изучения могут разрабатываться теоретические основы целенаправленного преобразования природной среды, конкретные проекты и прогнозы, в том числе долгосрочные.

Сущность целенаправленного преобразования природы – обеспечить оптимальное благоприятное для жизни человека состояние окружающей среды, постоянно изменяющейся под воздействием НТР. Важнейшими условиями при этом являются рациональное использование природных богатств, систематическая борьба с негативными явлениями, возникающими при нарушении экологических взаимодействий природы и общества. Целенаправленное преобразование природы на основе научно-технического прогресса путь, ведущий к гармонизации взаимодействия человека и природы.

В Узбекистане проблеме регулирования взаимоотношений общества с природной средой уделяется пристальное внимание буквально с самых первых дней после приобретения Независимости. Президент Республики Узбекистан И.А. Каримов подписал ряд законов и постановлений, имеющих основополагающее значение для рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды с точки зрения концепции устойчивого развития. Характерно, что еще в первом государственном документе Республики Узбекистан предусматривались мероприятия по защите природных ресурсов от возможного загрязнения. Да и в дальнейшем практика



независимого демократического Узбекистана дает немало примеров того, как развитие производительных сил, освоение новых территорий происходили без ущерба для природной среды.

В основных документах экономического и социального развития Республики Узбекистан, утвержденных на сессиях Олий Мажлиса в качестве одной из основных задач ускоренного развития производительных сил страны намечено усилить охрану природы и осуществить переход к рациональному природопользованию. В этой связи Президент Республики Узбекистан И.А.Каримов пишет: «... если принять во внимание относительно высокий прирост населения, развитие городов, жилищное строительство, создание новых предприятий, сети инженерных и транспортных коммуникаций, то в ближайшие годы, уже на рубеже XXI века, проблема обеспечения земельными ресурсами может еще больше обостриться» [1].

Последовательно используя и обогащая научную теорию, правительство Узбекистана и узбекский народ всегда проявляли в своей практической работе большую заботу об охране окружающей среды. В 1992-1993 гг. Кабинет Министров Республики Узбекистан принял ряд законов и постановлений об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов. Эти постановления являются широкой программой для научных и проектных организаций, хозяйственных органов по сохранению и улучшению окружающей природной среды и ее ресурсов. В постановлениях Кабинета Министров было подчеркнуто: «Улучшать охрану природы, усилить работу по сохранности сельскохозяйственных угодий, улучшить мелиоративное состояние орошаемых земель, усилить управление водозащитных зон на водохранилищах и других водоемах, реках, магистральных каналах и коллекторах, а также прочих источниках воды в Республике Узбекистан».

В связи с этим методологической основой решения проблемы сохранения Аральского моря и поэтапного восстановления приоритета народнохозяйственного комплекса Республики должны стать научные разработки и принципиальная концепция, выдвинутые в работах Президента Республики Узбекистан И.А.Каримова для переходного периода к рыночной экономике, и его положения по Аральскому кризису [2].

В настоящее время естественные ландшафты аридной зоны Республики Узбекистан качественно преобразуются в культурные, достигнуты благодаря учету закономерностей развития природы при ее эксплуатации, прогнозированию изменений гео- и экологической взаимодельствия общества и природы достижения здесь именно в результате научно-обоснованного использования природных ресурсов, комплексного подхода к решению проблем охраны окружающей среды.

Однако, несмотря на это, реализация в 60-80 гг. крупных народнохозяйственных и мелиоративных мероприятий в широких масштабах, наряду с большими позитивными результатами, представляла нам и несприятные скорпизы.

Ярким примером «обратной реакции» природной среды на антропогенное вмешательство служат устойчивое снижение уровня Аральского моря и интенсивное опустынивание дельты Аму-Дарьи, явившееся непосредственным результатом интенсивного использования водных ресурсов в интересах ирригации и энергетики. Это, прежде всего, связано с трудностями достоверного прогноза возможности развития негативных явлений в результате интенсификации использования естественных ресурсов на сравнительно больших территориях, с ограниченностью представлений о научной сущности противоречий, возникающих между задачей необходимости охраны среды и интенсивным использованием ее ресурсов.

На территории Аральского моря и Приаралья происходит процесс, не имеющий аналогов в мировой практике, что и вызвало интерес автора к исследованию в этом регионе.

## 1. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ АРИДНЫХ ГЕОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ПРОДОЛЖАЮЩЕЙСЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ В ПРИАРАЛЬЕ

В условиях интенсивного опустынивания целинной части дельтовых равнин Приаралья определенное значение имеет прогноз их дальнейшего развития по мере падения зеркала Аральского моря. Согласно В.В.Сотане (1978), географический прогноз мы понимаем как разработку представлений о природных географических системах будущего, их структуре, функционировании и об их динамических тенденциях. Поэтому исследователь стремится дать наиболее достоверный и обоснованный прогноз изменений природных комплексов на определенное время, исходя из анализа и синтеза их структуры и динамичности природных процессов. В этом отношении нельзя не согласиться с И.П.Герасимовым (1966), что важнейшей задачей соответствующих научных исследований должен быть обоснованный прогноз предосторожных изменений в природной среде. Прогноз, в связи с интенсивным развитием нежелательных природных явлений и процессов, в известной форме позволяет подготовиться к будущему.

### 1.1. Научное и прикладное значение прогноза изменения геосистем Приаралья и гидрологического состояния Аральского моря

Устойчивое протрессорирующее изменение природной среды Приаралья в связи со снижением зеркала Арала диктует разработать



протоз трансформации геосистем региона до определенного времени, до 2015 г., или 2020 г. и т.д. Конечно, всех интересует конечный результат высыхания моря и в соответствии с этим состояние природной среды Приаралья. Но это обстоятельство, возможно, будет происходить в отдаленном будущем, так как западная глубокая часть акватории моря вследствие относительной углубленности (минус 16 м абс.), очевидно, дольше еще будет сохраняться. В то время восточная часть Большого моря из-за мелководья будет высыхать относительно быстрее. Однако до полного высыхания восточной части Большого моря геосистемы осушки и акваториальные комплексы, возможно, претерпят ряд трансформаций. Их можно считать отдельными этапами изменения осушки моря.

В прикладном отношении особое значение имеет предвидение этих этапов изменений геосистем осушки моря. К тому же те природные явления и процессы, которые будут происходить на осушке моря, окажут непосредственное влияние на состояние природных комплексов дельтовых равнин Приаралья. В связи с этим, рассматривая осушку моря и Приаралье как парагенетические геосистемы, при прогнозировании следует иметь в виду синхронность в пространстве и во времени многих ожидаемых природных процессов.

Научное значение прогноза изменения природной среды Приаралья, бесспорно, общеизвестно, так как, не имея глубоко научно-обоснованных материалов о будущем состоянии геосистем региона, нельзя устойчиво управлять негативными явлениями и качественно преобразовать природу в целесообразном направлении. Это же обстоятельство диктуется с другой стороны экологической дестабилизированностью региона, где ситуация природной среды из года в год ухудшается, продуктивность биологических, почвенных и других ресурсов снижается в ускоренном темпе, медико-гигиенические условия жизни населения остаются в неудовлетворительном состоянии. Ускоренное развитие опустынивания в регионе и вышеуказанные негативные природно-антропогенные процессы в широких масштабах обуславливают необходимость разработки научных прогнозов в различных вариантах.

При этом следует разработать протоз изменения геосистем в условиях нормального устойчивого обводнения экосистем дельты Амударьи, спорядического обводнения и не обводнения ее западной и центральной частей, которые подвергнутся интенсивному опустыниванию. Иными словами, чего можно ожидать в условиях полного регулирования развития процессов опустынивания, при частичном и практическом не применении соответствующих мероприятий. Этим можно в достаточной степени объяснить, что же нас ожидает в регионе при максимальном управлении динамики геосистем, при частичном применении или не применении вообще практических мероприятий. Именно в этом заключаются прогнозные разработки для общества.

Практическое значение прогноза изменения геосистем региона заключается в подготовке соответствующих комплексных мероприятий для своевременного предотвращения негативных природно-антропогенных явлений и процессов. Для того чтобы не наблюдалось непоправимых отрицательных последствий динамики геосистем, уже сейчас необходимо принимать соответствующие меры в оптимальных масштабах. Однако на основе внепрямых практических мероприятий все-таки нельзя полностью пресечь деятельность динамичных природных процессов, порою некоторые из них полностью не управляются, с другой стороны, из-за неполной достоверности прогнозов разработок некоторые явления и процессы все-таки окажут определенное воздействие на окружающую среду в тех или иных объемах.

Протоз будущего состояния геосистем — это не только предвидение возможного развития негативных явлений и процессов в результате их динамики, но и вероятность представления о возможной структуре природных комплексов, их характере и степени трансформации, состоянии почвенно-растительного покрова (их вид, обилие и т.д.), режиме грунтовых вод и другие. Иными словами, неопознательно будущие свойства структурно-динамического состояния геосистем, тенденции их развития, активные силы или факторы, способствующие трансформации природной среды. Комплексный анализ будущих свойств геосистем даст ценные сведения не только об ожидаемых природных условиях, но и о характере естественных ресурсов территории. Поэтому уже заранее можно предвидеть несколько неогосистем, их ресурсы будут полезными для общественного производства. Исходя из этого, до становления новых структур геосистем можно искусственно управлять характером их возникновения и становления, для чего необходимо достоверно прогнозировать и разработать протоз изменения природных комплексов. Конечно, все это зависит от качества используемых материалов, методики исследования, апробированности прогноза, внедрения количественных материалов и их обработки с применением программ компьютерной техники и др.

## 1.2. Приаралье и Аральское море как кивасиический регион по протозированию трансформации геосистем

Интенсивное изменение геосистем в Приаралье, в связи с антропогенным опустыниванием и высыханием моря вследствие кивасиического снижения зеркала Арала, ускоряют динамику физико-географических процессов и явлений, а последние интенсифицируют развитие природных комплексов. Здесь динамика геосистем и природных процессов наблюдается с большей активностью и быстротой, чем в других регионах Центральной Азии. В этом отношении Приаралье и Аральское море — единственный регион, где



развитие геосистем происходит с большой активностью, причем в небольшом отрезке времени (1-3 месяца, 1-2 года) можно наблюдать зарождение и становление, а иногда и развитие в первом этапе, морфологических единиц ландшафта, а также различных природных процессов.

В основе активного изменения геосистем здесь лежит высокая динамичность природных процессов (солёнакопление, рассоление, дефляция, аккумуляция веществ, подъем и снижение уровня грунтовых вод и т.д.) и в связи с этим трансформация режима грунтовых вод, смена почвенно-растительного покрова, образования золотых форм рельефа. Установлено, что чем выше степень активизации природных процессов, тем интенсивнее дифференциация осушки моря на морфологических частях ландшафта.

Из ранее проведенных научных исследований ясно, что в пределах осушки моря физико-географические процессы и явления происходят в определенной закономерности от коренного берега до самого уреза воды водоема. Это обстоятельство способствует предсказанию того, что же можно ожидать через определенное время в структурно-динамическом состоянии геосистем. Иными словами, тенденции изменения геосистем обуславливают последовательную смену природных комплексов: строго в одном направлении, допустим, из гидроморфного ряда в автоморфный, т.е. из субаквальных геосистем в эвновальные (от болотно-солончаковых в эоловые). Это же свойство важно при прогнозировании ландшафтов и их морфологических частей за промежуточные времена.

Структурно-динамическое состояние геосистем дельтовой равнины Амударьи из-за их неравномерного обводнения находится в различной стадии изменения. На тех участках (массивах), где обводнение экосистем почти не наблюдается, трансформации природных комплексов общезвестна: в них происходит становление эвновальных свойств, характерных для зональных пустынных ландшафтов. В междуречьях понижениях, в которых наблюдается регулярное обводнение в различной степени, сохраняются в целом гидроморфные, а по периферии — полугидроморфные условия. Этим обусловлено развитие здесь преимущественно субаквальных и супераквальных геосистем.

Разнообразное и сложное структурно-динамическое состояние геосистем и их различная стадия развития обуславливают не только мозаичность их современного состояния, но и предопределяют различный характер состояний геосистем к прогнозируемому времени, т.е. в будущем (допустим к 2015 г.) мы не должны ожидать одинаковых результатов повсеместно. Следовательно, в преобладающей части территории следует ожидать разнохарактерные геосистемы. В этом отношении необходимо иметь в виду условия рельефа и литологический состав грунтов. От свойства этих факторов зависит

функциональная «деятельность» остальных компонентов, особенно эвновальных.

В безоточных понижениях западной и центральной частей дельты Амударьи при прекращении обводнения следует ожидать поэтапное изменение геосистем.

Если уровень грунтовых вод не снизится ниже 5-7 м. Здесь будут преобладать почти все виды трансформации геосистем, от озерного до эвновального включительно, в течение определенного времени. В первую очередь изменения и функционирования тех или иных видов природных комплексов зависит от глубины залегания (определенные горизонты) и степени и типов минерализации грунтовых вод. При этом наиболее снижение уровня грунтовых вод будет способствовать формированию и развитию дельтового спектра (ряда) геосистем, где различия между ними не очень конкретная и не резкая, а похожая друг на друга. Тогда как постепенное снижение уровня грунтовых вод способствует зарождению и становлению самостоятельных и резко отличающихся между собой геосистем от субаквальных до эвновальных групп.

В межотводных повышениях дельты Амударьи вследствие формирования нисходящих токов влаги геосистемы стремятся приобрести эвновальные свойства, следовательно, преобладание в геосистемном расслоении в повогрунтах сказывается на ускорении развития (эволюции) на значительной площади преимущественно автоморфных почв (пустынно-песчаных, такырных, остаточных солончаковых), которые способствуют широкому распространению верховитых, галофитных и псаммофитных группировок. Естественно, что в автоморфных условиях эоловые процессы становятся доминирующими. Отсюда можно сделать важный вывод, что при максимальной интенсификации эвновальных динамических процессов при преобладании сульфатно-глинистых грунтов следует ожидать формирование такырных, песчаных и супесчаных эоловых геосистем.

Геосистемы дельты Амударьи в структурно-динамическом отношении имеют самые различные свойства: в восточной половине они в 60-х гг. развиваются в автоморфной тенденции, здесь ландшафты уже приобрели типичные эвновальные черты. Поэтому можно смело сказать, что через определенное время в условиях нисходящих токов влаги геосистемы остальных частей дельты также приобретают эвновальные свойства. То же можно сказать о геосистемах осушки при гидроморфных комплексах со временем перейдут в автоморфные, формируя либо эоловые, либо такырные в зависимости от состава повогрунтов. Но это касается тех геосистем, которые подвергнутся воздействию в течение 1961-2010 гг., в зоне маршей должны формироваться очень сильнорассоленные солончаки, которые могут не подвергаться даже односторонним солениями.

Из вышеизложенного ясно, что дельтовая равнина Амударьи и обширная часть дна моря — это классические объекты аридной зоны по



протонизированно трансформации геосистем. Интенсивный характер изменения природных комплексов диктует обоснование такого прогноза, который в течение определенного времени мог бы учитывать все особенности и детали их трансформации, особенно качественные пороговые явления и процессы, сказывающиеся на динамике (развитии) территории.

### 1.3. Научные принципы и методы протонизирования изменения аридных геосистем Приаралья до 2020 года

Главный принцип протонизирования изменения геосистем — это историко-динамический, который основывается на исследовании в историко-эволюционном плане. Установлено, что только ясное представление об истории геосистем региона дает основание уверенно судить о дальнейших путях их естественной эволюции. К.К.Марков и соавторами (1973) пишет, что, как бы человечество ни влияло на развитие природы, в ближайшем будущем ее изменения будут определяться естественным ходом развития ее самой. Изучение тенденций такого развития в недавнем геологическом прошлом (плейстоцен и особенно голоцене) позволит подвести историческую основу для научного долгосрочного географического прогноза. Такого же мнения придерживаются Т.В.Звонкова (1975), Ф.Д.Артюкова, Г.Н.Трофимов, (2005) которые отмечают, что анализ прошлого позволяет установить устойчивые тенденции развития природной среды.

Нами на основе анализа эволюции палеоландшафтов дельтовых равнин Приаралья установлено, что им свойственны три этапа развития со времени их становления. В настоящее время в третьем этапе развития находятся ландшафты Актадарьинской, Жанадарьинской дельты и дельтовых равнин Амударьи и Сырдарьи. Природные комплексы переходят в этап эволюционного развития. Отсюда следует, что прогноз геосистем в историко-динамическом принципе наиболее объективен и точен, в зависимости от закономерности развития природной среды в прошлом, способен дать достоверный прогноз будущих геосистем на определенное время.

В протонизировании ландшафтов, как это справедливо отмечает В.А.Николаев, познание лишь естественных тенденций развития геосистем не обеспечивает их достоверного протонизирования. Наиниче, накладываются процессы, обусловленные прямыми или косвенными антропогенными воздействиями. Они могут стимулировать или затормаживать их, вызывать к жизни новые, которые существенно изменят ландшафты в будущем. Следовательно, необходимо признать одним из важнейших — положение о взаимодействии природы и антропогенного производства. Прогноз динамики суммировать естественные и антропогенные составляющие, динамику и развитие геосистем.

В условиях Приаралья природные комплексы, отличающиеся высокой динамичностью и имеющие различные тенденции изменения, неоднородны, главным образом, антропогенным опустыниванием, следовательно, влияние антропогенного фактора составляет в сумме протонизации геосистем доминирующую роль, что должно учитываться и первую очередь при протонизировании их изменения к определенным датам.

И.И.Савина (1978) подчеркивал, что прогнозы строятся на основе протонизирования всех возможностей современной науки, т.е. иными словами, он говорил о необходимости использования в прогнозе самых совершенных методов исследования. Чем шире, полнее, комплексный прогноз, тем он вернее. Согласно Т.В.Звонковой (1975), прогноз как прошлой, так и будущей, настоящего и будущего — основан на трех методах: историческом, ретроспективных, то есть методах прошлого (методах исторически устойчивых и последующих тенденций развития природной среды). Диагностических — методах — настоящего (методах причинно-следственных связей) и собственно прогнозных методов будущего (экстраполяции устойчивых прогнозных тенденций прошлого и настоящего).

Для регионального прогноза важно определить устойчивые тенденции развития как региона в целом, так и господствующих видов ландшафтов. Первая задача решается преимущественно классическими географическими методами, вторая — ландшафтными географическими анализ современных ландшафтов, пространственно-временной и др.).

Анализ развития ландшафтов территории за исторический период и их структурно-динамическое состояние после регулирования гидро-ландшафтов, как показывает, что в целом характерна тенденция общего расширения суши. Уменьшение площади субкавказских геосистем и устойчивое расширение территории суперакавских и эволютивных, связанных с уменьшением объема стока Амударьи и Сырдарьи за счет развития ирригации, снижением естественной влажности рек и т.д. На фоне этой тенденции развития геосистем региона важно выделить наиболее интенсивно развивающихся ландшафтов, которые в структурно-динамическом отношении становятся господствующими. К ним, в дельтах Амударьи и Сырдарьи, относятся аридные буристые пески с флювиальными белемсакальными и джугунниками, колтуновыми зарослями с черным саксаулом на солончаковых такырах, низких и островных солончаках и др., которые будут развиваться в дельтах живых чистых дельт при снижении уровня притоков вод ниже 10 м и более.

К настоящему времени, благодаря глубокой теоретической разработкой ряда исследователей накопилось значительное количество данных протонизирования геосистем и обогащена его методологическая база. В результате глубокого изучения структурно-динамического



состояния геосистем и их развития появились ряд научно обоснованных прогнозических работ.

При прогнозировании изменения геосистем в результате опустынивания дельтовых равнин Южного Приаралья нами были использованы методы экстраполяции, аналогий, ландшафтно-индикационный, дистанционный, картографический, математическое моделирование.

Дельта Амударьи во многом отношении сходна с дельтой Акчадарьи, Жанадарьи и Присарыкамьской дельтой, которые сформировались значительно раньше. На современной стадии развития геосистем они находятся на одной ступени выше по сравнению с современными дельтами Сырдарьи и Амударьи. Иными словами, они могут быть в определенной степени аналогами при прогнозировании геосистем современных аллювиальных равнин регионов в условиях автоморфной тенденции развития, ибо субарральные дельтовые геосистемы уже давно пережили те стадии эволюции, которые наблюдаются сейчас в бывших живых частях современных дельт.

Метод экстраполяции позволяет переносить выявленные тенденции развития как во времени - от прошлого и настоящего в будущее, так и в пространстве - от районов, где определенное событие произошло, к районам, где его следует ожидать. На повышенных участках рельефа, особенно на склонах прирусловых валов, в период озерно-пойменного этапа развития ландшафтов современной дельты Амударьи путем «фитильного» солончакления происходила аккумуляция солей в зоне аэрации почв. В настоящее время эти участки превращены в геосистемы остаточных пухлых солончаков в сочетании с солончакватыми такырами почвами под солонковыми карабачниками в комплексе с каратынками. На основании этого можно уверенно предсказать развитие других солончковых геосистем выпотного водного режима при условии снижения уровня грунтовых вод ниже 8-10 м.

На сильноопустыненных древесно-кустарниковых тугайных геосистемах в результате разведения прирусловой и русловой фации в настоящее время наблюдается становление эоловых комплексов, преимущественно оголенных барханов и бугристых песков в комплексе с дефляционными котловинами. Подобные же геосистемы на локальных участках формируются на диние русла Амударьи путем разрезания русловой фации. Эти предвестники будущих эоловых ландшафтов в дельтовой равнине Амударьи свидетельствуют о начале распространения пустынных песчаных геосистем.

Таким образом, на основании экстраполяции тенденции развития отдельных геосистем среди прошлых и нынешних геосистем можно прогнозировать возможные ландшафты, которые будут доминировать в будущем.

Ландшафтно-индикационный метод в последнее время находит универсальное применение для разработки прогнозов природной

динамики. С.М.Викторов (1970) различает три типа ландшафтной индикации прогнозов: индикацию (предсказание процесса), стадийно-индикаторную индикацию (определение процесса и его стадий в ходе их развития) и ретроспективную (обнаружение течения какого-либо процесса в прошлом). Первый тип относится непосредственно к прогнозированию будущего состояния геосистем.

М.Т.Ильминин (1970) среди случаев прогнозной индикации различает 1) истинную прогнозируемую индикацию и 2) ретроспективно-прогнозируемую индикацию. В первом случае она считается, что имеет дело с процессом в наиболее чистой его форме, т.е. используя определенную количественную пропорцию обстановку как индикатор, предсказывает на ее основе тот или иной процесс, еще не начавшийся. Во втором случае речь идет о процессе уже начавшемся, уже протекающем. Анализируя прошлые фазы этого процесса и ту ситуацию, к которой эти фазы привели, мы прогнозируем его дальнейшее течение. Прогноз здесь основывается на ретроспективным рассмотрением прошедших фаз процесса, откуда и получает свое название этот тип прогнозной индикации. М.Т.Ильминин, на основе этой методики довольно подробно обосновала будущий облик отдельных частей ландшафтной равнины после ее орошения и обводнения, которые будут иметь при прогнозировании геосистем дельтовых равнин Акчадарьинской дельты и некоторых участков Жанадарьинской дельты как ландшафтно-индикационные равнины.

Ландшафтно-индикационный метод часто комбинируется с методом логического анализа современных тенденций развития ландшафтов, который нами был широко использован при прогнозировании геосистем современных дельт Приаралья. Логический анализ современных тенденций развития геосистем в связи с опустыниванием является весьма продуктивным методом предсказания будущего состояния дельтовых равнин. Переход геосистем прирусловых фаций, эоловых русловых фаций с полутипроморфного этапа на автоморфный из-за снижения уровня грунтовых вод и превращения обводнения, был выявлен уже в 1974-1976 гг. на основе комплексного анализа тенденций их развития. Этот прогноз в настоящее время достоверно оправдывается, так как в элементах ландшафтов уже появились признаки автоморфных показателей. На локальных участках лугово-такрыные почвы эволюционируют в такрыные, типичные солончаки - в остаточные или такырные в комплексе с пустынными песчаными почвами, и соответственно, видятся растительный покров, наблюдаются доминирование ксерифитов, фреатифитов, интенсифицируются эоловые процессы, распространяются становление песчаных комплексов.

Все более широкое применение получает дистанционный метод прогнозирования изменений природной среды (Харин и др., 1983; Ильминин, 1984). С его помощью можно изучать современную динамику



геосистем путем сравнения различных лет космодатоснимков и выявлять определенные тенденции их развития. Нами были изучены и проведены сравнения космодатоснимков дельтовых равнин Южного Приаралья за 1972-1975; 1979-1981 и 1990-2012 гг. в среднем масштабе. При этом установлено, что в устьевой области Амударьи на месте обсохшей части дна моря формируется новая дельта, которая интенсивно растет из года в год в субмеридиональном направлении по мере усыхания Арала. На основании этого можно точно определить параметры и морфологическую структуру геосистем неodelты реки в определенном времени.

О.Н.Ефремова и В.И.Кравцова (1964) составили карту состояния дельты Амударьи на основе дешифрирования космодатоснимков за 1975 г. Сравнение этой карты с топографической, разработанной в 1948 г. показало ясную картину динамики развития геосистем за 27 лет. С другой стороны, на основании этого можно выявить некоторые четкие выраженные тенденции развития ландшафтов, таких как золотопесчаные, остаточно-солончаковые, такырные и др., которые в будущем станут господствующими.

В прогнозировании ландшафтов, кроме этого, был использован картографический метод, основанный на сравнении картографических материалов разных лет и выявлении определенных тенденций развития геосистем, способствующих прогнозированию их в определенной дате. О значении и кондиционности картографического метода прогнозирования геосистем отметили С.В.Викторов (1970); Т.Д.Звонкова (1972); С.Е.Сальников и др. (1975); А.М. Берлянт (1976); Н.И.Михайлов и др. (1978); А.Г.Исаченко (1980); В.Б.Сочава (1978); Д.И.Ивашкина и др. (1980); А.А.Рафиков (1994) и др.

В.Б.Сочава (1978) пишет: «Картографический метод, вообще существующий в учении о геосистемах, при разработке географического прогноза играет большую роль, особенно, если он сочетается с моделированием. Модель геосистем будущего всегда следует накладывать на карту, чтобы приблизиться к выявлению пространственных показателей. Территорию, для которой составлено прогнозно, надо обеспечивать серией природных карт, в совокупности характеризующих геохоры покомпонентное и одновременно как целое».

В.Б.Сочава большое значение придавала корреляционным картам, отображающим пространственное размещение взаимосвязей, выявленных количественно, между различными географическими явлениями. Корреляционные карты – своего рода модели, позволяющие судить о том, как складываются ландшафтно-экологические связи в пространстве и как скажутся изменения определенного фактора на компонентах, составляющих геосистему. Мнение В.Б.Сочава о применении картографического метода в прогнозировании геосистем заслуживает пристального внимания, ибо именно картографические материалы являются фундаментом или основным разработкой геопрогностических исследований.

В этом отношении А.М.Берлянт (1976) дополняет, что карты геосистем прогнозу географического прогнозирования на всех его этапах начиная с накопления исходной информации, ее обработки и преобразования и вплоть до составления итоговых карт. Нанесение прогнозной информации на карту рассматривается как один из способов ее верификации.

Наиболее полная оценка эффективности картографического метода прогнозирования геосистем содержится в работе А.М. Берлянта. Он утверждает, что использование карт для получения знаний о явлениях и процессах, непосредственных современному исследованию, можно назвать картографическим методом прогнозирования. При этом необходимо отметить, что это лишь один из методов, который следует применять, а не во взаимодополнении с другими географическими методами, которые составляют и корректируют результаты. Вместе с тем следует отметить, что ни один из известных общенаучных методов прогнозирования, будь то математическое моделирование, экспертные методы, балансовый метод и другие, не должен применяться в отрыве от картографического. Если дело касается географических явлений и процессов, А.М.Берлянт обосновывает приемы и точность картографического прогнозирования.

Среди количественных методов прогнозирования важное место занимает математическое моделирование, значение которого подчеркивает О.Викторова. О важности применения данного метода в географическом прогнозе писали В.А.Николаев (1979), А.Г.Исаченко (1980); Ю.А.Симонов (1982) и др. А.Г.Исаченко отмечает, что развитие автоматического моделирования в прогнозировании таких явлений, как изменение структуры геосистем, до сих пор не достигнуто. Поэтому этот метод применим лишь при прогнозировании явлений, имеющих явлений и, притом, требует весьма точных исходных данных.

#### 1.4. Прогностические факторы прогнозирования изменения геосистем Приаралья

Достоверный прогноз изменения геосистем в значительной степени зависит от характера и взаимодействия определенных факторов, оказывающих влияние на их динамику. Наиболее достоверный прогноз можно ожидать при условии учета влияния всех факторов на состояние объекта – структурно-динамическое состояние геосистем. Факторы могут быть природного и антропогенного происхождения, часто они взаимодействуют совместно. Выявление прогнозной роли этих факторов, особенно антропогенных, имеет фундаментальное значение в прогнозировании состояния того или иного географического объекта. Влияние факторов в пространстве и во времени может наблюдаться по отдельности и в комплексе. Поэтому важнейшее определение влияния факторов индивидуального или







Междоустьевые повышенные части дельты и полосы золотых песков вдоль коренного берега осушки моря в настоящее время имеют устойчивую тенденцию снижения уровня грунтовых вод, что обусловлено геоморфологическими условиями и составом грунтов, сказывающихся на горизонтальном оттоке потоков, а также незначительной степени обводнения экосистем. Снижение уровня грунтовых вод также сказывается на дренарующем влиянии периферийных междоустьевых понижений дельты и солончаковой равнины осушки моря, постепенно снижающейся к северу от песчаной полосы золотых песков.

Основными ареллами питания грунтовых вод опустынивающейся части дельты Амударьи считаются орошаемые земли, расположенные в ее южной половине, и небольшие участки освоенных земель (рисовые поля, кормовые угодья и т.д.) среди целинных массивов. Двигаясь в северном направлении (местами на северо-запад и северо-восток), потоки грунтовых вод освоенной полосой еще в контактной зоне с целинными землями находятся относительно близко (2-3 и 3-5 м) к поверхности субстрата, а дальше (на расстоянии 1-2 км) сильно углубляются. Уровень грунтовых вод заметно приближается только к поверхности в бессточных понижениях и участвует в почвообразовательном процессе.

Степень минерализации и химический состав грунтовых вод обуславливаются условиями оттока, соевым режимом почвогрунтов и др. факторами. В Парнале приток грунтовых вод более интенсивный, чем их отток на периферию или в области разгрузки. В целом грунтовых вод на испарение, лишь некоторая часть их по отдельным внутригрунтовым песчано-гравитовым коридорам (бывшие русла Амударьи) достигает осушки моря. В этих необычно сложных гидрогеологических условиях степень минерализации грунтовых вод всюду имеет высокие показатели. Расход основной части грунтовой влаги на испарение позволяет распространению преимущественно средне- и сильносоленных вод, в отдельных понижениях даже рассолов.

Высокая минерализация грунтовых вод, обусловленная, прежде всего, суммарным испарением в условиях весьма слабого горизонтального оттока и местами практической бессточности, характерна для обсохшей части дна моря. Имеет в целом закономерность постепенного увеличения степени солёности в направлении уреза воды (до маршевой зоны). В том же направлении увеличивается степень засоленности почвогрунтов и изменяется тип засоления от хлоридно-сульфатного до сульфатно-хлоридного (в некоторых местах хлоридно-натриевого).

В обосновании прогноза изменения природных комплексов следует учитывать конкретное местоположение тех или иных геосистем от характера литогенных факторов. В одних случаях (солончаковые

гидроморфные) можно ожидать устойчиво засоляющиеся геосистемы и на постоянно близкого залегания уровня сильноминерализованных грунтовых вод, в других — рассоляющиеся природные комплексы в связи с углублением зеркала грунтовой влаги ниже 5-7 м, вследствие доминирования воздействия местных литогенных факторов на постепенное снижение уровня грунтовых вод.

#### 1.4.3. Развитие дефляционных и галогеохимических процессов

В условиях экстрааридного климата Аральского региона основными факторами, сказывающимися на трансформации природных комплексов, являются золотые и галогеохимические процессы. Роль этих процессов в динамике геосистем настолько велика, что почти во всех случаях требуется учитывать их влияние на состояние, функционирование и развитие не только современных территориальных комплексов, но и их будущих вариантов, формируемых, может быть, через 8-10 лет и т.д. Этим обуславливается учет дефляционных и галогеохимических процессов в прогнозировании изменения природной среды.

Галогеохимические процессы — засоление и рассоление — типичны для всей территории, активность зависит от рельефа и условий рельефа и литологического состава зоны аэрации. Соленакопление весьма интенсивно наблюдается в градиции уровня грунтовых вод 0-3 м (90% влаги расходуется на испарение), интенсивно — в интервале 0-5 м, в интервале 5-7 м наблюдается внутрипочвенное испарение, также сказывающееся на засоление почвы в зоне аэрации. Ниже 7 м от поверхности субстрата испарение практически прекращается, засоление сменяется рассолением. Иными словами, выпотной режим сменяется воздухоподъемным.

В условиях экстрааридного климата срыв солей с профилей почв и нисходящем направлении наблюдается в значительной скорости. Во всех случаях наблюдается вымыв солей с поверхности почвы до незначительной глубины (до 15-20 см), так как высокая плотность сульфидно-глинистых солончаковых почв не позволяет просачиваться атмосферным осадкам глубже. Поэтому естественное рассоление остаточных солончаков происходит здесь сравнительно долго. Солончаки остаточного обсохшего дна моря и дельты Амударьи еще долго будут чрезвычайно сильнозасоленными. Освоение в ближайшие 10-20 лет неперспективно.

Процесс засоления есть результат концентрации солей в почвах из минерализованных грунтовых вод в процессе их расхода на испарение. Но все это зависит от конкретных литолого-геоморфологических условий местности и при прогнозировании изменения солевого режима почв следует учитывать особенности литологического состава и устройства поверхности территории. При этом режим соленакопления необходимо одновременно анализировать с уровнем режимом



грунтовых вод, т.е. оба эти фактора должны быть рассмотрены в одной плоскости одновременно.

Золовые процессы, особенно дефляция, считаются одним из ведущих факторов в трансформации геосистем Приаралья и осужены моря. Для широкого развития золового рельефообразования здесь созданы самые благоприятные условия, а дальнейшее опустынивание территории еще больше способствует интенсификации эрозийных процессов, т.е. еще больше расширяется поле деятельности эрозий. Переход гидроформных почв в полугидроморфные, а последние в развитии, но и усиливают степень проявления выдувания субстрата. В этом отношении обобщающая часть дна моря является потенциально наиболее развитой ветровой дельтацией, ибо через определенное время полностью высохнет акватория моря (кроме его западной, приливной части), конечно, если не будут применены какие-нибудь практические меры по регулярному обводнению. Таким образом, при усыхании моря ветровая деятельность будет свирепствовать всюду, при этом будет расчленяться поверхность обсохшего дна Арала, но и в водоеме поднимается огромное количество соли, пыли, мелкоседа и т.д.

Об ускоренном развитии золовых процессов и формировании аридного рельефообразования в свое время отмечали Т.Л. Рязанова (1990), М.Е. Бельгизаев (1991) и другие. Им были обозначены закономерности развития золовых процессов по мере удаления от коренного берега в направлении современного уреза морской воды и др. особенности и свойства аридного типа формирования рельефа.

Золовые процессы наиболее интенсивно развиты в зоне песчаной полосы вдоль коренного берега шириной примерно от 1 (западная часть) до 10-12 км (на юге), в восточной части осушки эта полоса расширяется до 60 км и более. За этой полосой тянутся остаточно тактированные солончаковые преимущественно песчано-алевритовые равнины, где дефляция субстрата начинается только по отдаленным локальным участкам, что связано с плотностью грунта, наличием растительного покрова, увлажненностью почвогрунтов (так как наличие большого количества солей — благоприятное условие для сохранения определенного объема естественной влаги). Но, несмотря на это, сменные верхние прослойки все-таки поддаются выдуванию. При этом дефляция подвергается засоленные пески или пылеватые густые солончаки.

Типичные дуговые солончаки и маршевые солончаковые поверхности подвергаются интенсивному высыханию верхних горизонтов, но выдувание субстрата почти не наблюдается.

#### 1.4.4. Эрозивно-суффозионное явление

Несмотря на общую равнинность дельты Амударьи, развитие эрозийных процессов присуще для ряда локальных участков. К ним относятся склоны и прибрежные полосы протоков и бессточные

и др. приливные склоны остаточных возвышенностей и др. в них по интенсивному количеству атмосферных осадков в Приаралье развитие эрозийных явлений в широком масштабе — парадоксально. Но, несмотря на это, иногда (весной) кратковременные дожди, выпадающие в виде ливней, способствуют смыву определенной толщи грунта. Глубина размывания сухих седей на склонах эрозийной Кушкентату, Муинтактау, Кызылджар, Иткиртау и др., может достигать — от 1 до 5-7 м и более.

В настоящее время склоны русла Акдарьи и других протоков активно размываются эрозийной сетью, вследствие сброса избыточных эрозийных вод хлопковых, рисовых полей, иногда даже дождевых. Во время интенсивных жидких осадков размываемые сети также в значительной степени углубляются и расширяются.

Важным фактором, здесь наблюдается сочетание влияния природных и антропогенных процессов. В процессе прогнозировании развития эрозийных явлений в условиях прогрессирующего опустынивания необходимо учитывать потенциальные возможности врезания русел в склоны дельты.

Сформированные явления наблюдаются редко, но местами становятся катастрофическими над другими водно-эрозийными. Вымыв песка, в результате размываемых в нижних толщах грунтов способствует образованию подземных пустот. Это особенно характерно для эрозийных явлений и их периферии. В результате просадки и размывания склонов эти пустоты часто способствуют формированию эрозийных явлений, в основном дождевых вод приводит к дальнейшему усугублению и расширению.

Сформированные характерной также для осушки моря. При этом они образуются воды, заполняющие старые трещины, которые при наплыве в них толщ песка или алевритов достаточной толщины способствуют их вымыванию и постепенному расширению трещиновых пустот, глубина которых часто превышает 2-2,5 м.

Эти явления здесь еще не приобрели массового распространения, но в будущем следует учитывать возможность их развития на ряде эрозийных участков, где имеются относительно мощные толщи песка или гравия.

#### 1.4.5. Антропогенное почвообразовательных процессов и эволюция почв

Обуславливание с доминирующей силой оказывает влияние на развитие почвообразовательных процессов. Изменение водно-солевых режимов почв во времени, трансформация растительного покрова, антропогенная ветровая деятельность и другие местные факторы обуславливают изменение почвообразовательных процессов. Одним из основных факторов, складывающихся на состоянии почвообразовательных процессов, считается изменение водного режима дельты. Устойчиво



развивающиеся гидроморфные условия, в начале опустынивания 60-х гг. (до 1974 г.) постепенно переходят в полугидроморфные. Между сочетаниями с гидроморфными, а со второй половины 70-х гг. устойчиво переходят в полугидроморфные. В 2010 г. в межкотловинных повышенных поверхностях на локальных участках появились элювиальные условия для развития полугидроморфных почв.

Начиная с 90-х гг. междуречные понижения дельты Амурских условий для выращивания тростника, использующего как корм для крупного рогатого скота, ловли рыб в озерах, а также для обеспечения хотя бы минимальным стоком ряда притоков (с целью обводнения древесно-кустарниковых тутов). Систематическое обводнение экотем междуречных понижений в определенной степени сказывается на ходе почвообразовательного процесса. Постоянное увлажнение периферийной части озер и водоемов благоприятствует развитию гидроморфных (в основном луговых, местами болотно-луговых) почв. За полосой гидроморфных как обычно создаются условия для распространения лугово-такрытых почв, сочетающихся с типичными солончаками.

В междуречных повышенных поверхностях дельты в результате естественного рассоления бывшие активные типичные солончаки переходят в остаточные, а лугово-такрытые — в такрытые почвы и т.д. Этот процесс, хотя происходит очень медленно, но надо признать тот факт, что эволюция почв идет своим ходом, о чем свидетельствуют ареалы формирующихся новых типов почв. В будущем этот процесс еще больше усилится, и по мере рассоления верхнего слоя почвогрунтов возможно будет наблюдаться формирование других (в частности, пустынных песчаных и др.) пустынных почв. Все это должно быть учтено в процессе прогнозирования развития природной среды дельты в зоне осушки моря. Установлено, что эволюция солончаковых обыхающего дна моря происходит более интенсивно, нежели дельтовых. Очевидно, это связано с ускоренным темпом снижения уровня грунтовых вод, выдвиганием солей с поверхности солончаков и т.д.

#### 1.4.6. Сукцессия растительных сообществ

Растительность как чуткий индикатор изменения в почвенном покрове и режиме грунтовых вод своевременно информирует о трансформациях в состоянии вегетационных условий. Следовательно, растительный покров, как динамичный природный фактор, имеет существенное значение в определении будущего состояния природной среды. В арктических условиях Приаралья дестабилизация экологического состояния происходит в интенсивной форме, ибо почвенный покров и минерализация грунтовых вод изменяются сравнительно быстро в сторону увеличения солености грунтовой влаги, накопления в зоне ариции большого количества солей. Поэтому адаптация растительности

в зоне реккой замены соответствующим солеустойчивым гидроморфным илюм. Этим определяется широкое развитие солончаково-луговых сообществ в комплексе с другими биоценозами.

Механизм закономерности сукцессии растительности региона и его влияние в природе (т.е. в почвенных условиях) показало, что это явление происходит в виде: гидрофиты-гидрофиты-мезофиты-мезофиты-мезофиты (гидрофиты)-псаммофиты.

Важнейшими сукцессии соответствует определенным природно-климатическим условиям, при этом динамика этого сложного эволюционного изменения растительных сообществ происходит от режима грунтовых вод и соответствующих им изменений в климатических свойствах почв (водно-солевой режим). В итоге в той или иной стадии сукцессионного ряда, растительные сообщества при условии изменения режима грунтовых вод и солевого режима могут развиваться в ту или иную сторону. Поэтому при определении вариантов изменения природных комплексов следует учитывать конкретную обстановку, сформировавшуюся в той или иной зоне, конечно, особое значение при этом имеет правильное определение типичных трансформации природной среды.

В зоне осушки моря от коренного берега до современного уреза воды грунтовые воды растительного покрова имеют обратный характер, т.е. развитие происходит от эволюционных-псаммофитных в сторону гидрофитных (солончаковых). Прием необходимо отметить, что при этом площади ксеро- и галофитных сообществ будут уменьшаться, а площади мезо- и мезофитов (последние частично) будут увеличиваться.

В водно-луговых равнинах Приаралья сукцессия растительных сообществ происходит в различной стадии из-за мозаичности условий рельефа, режима грунтовых вод и в соответствии с этим режимом покров отличается значительной степенью сложности. Водные грунты вымывают определенную тенденцию, свойственную для территории региона. Трансформацию растительного покрова можно изучать по отдельным относительно крупным участкам водно-луговых равнин, например, по междуречным понижениям, солончаковым поверхностям и т.д. Следовательно, прогнозирование нового состояния определенных территорий следует осуществлять в отношении естественно ограниченных эко- или геосистем.

#### 1.5. Антропогенные факторы прогнозирования изменений геосистем

В настоящее время влияние человека на природную среду из года в год приобретает широчайший масштаб, что обусловлено вовлечением все большего количества природных ресурсов в народно-хозяйственный оборот достиганием значительных успехов в развитии научно-



технического прогресса, осуществлением различных целевых программ, в частности, «Продовольственная», «Вода» и т.д. В связи с провозглашением независимости Узбекистана экономическое развитие страны приобретает первоочередное значение. Следовательно, необходимо развивать все отрасли народного хозяйства. Особое значение сельхозпродукции на душу населения. Главным образом пищевых риса, мяса, яиц, молока и т.д. А это в несколько раз интенсифицирует взаимодействие природы и общества. Протозирование и протозирование изменения природной среды в связи с усилением воздействия человека на окружающую среду в настоящее время и последующем будут приобретать исключительно огромное значение. Одной из основных задач географических наук является достоверно и научно обоснованно предсказывать будущее состояние природной среды регионов (стран, целом по Земному шару), в связи с возрастанием влияния человека на окружающую среду.

### 1.5.1. Техногенное расщепление или техногенная эрозия

фактор, мешающий его влиянию не ограниченный. К техническим факторам относятся автомобилины всех марок, сельскохозяйственные тракторы, механизмы буровых скважин и др. транспортные средства. Автомобилины, особенно с большой грузоподъемностью, а также машины тягачи при движении по бездорожью уничтожают, и в первую очередь, травянистые растения, полукустарники и кустарники получают сильное повреждение, а большинство их погибает. Если по этой причине проедет еще автомобиль, то кустарниковые и полукустарниковые растения полностью уничтожаются. По колес автомашин долгие годы не будут вегетировать растения, ибо здесь полностью разрушится первичная структура почвы, сильное уплотнение верхнего слоя не позволяет всходить семенам.



## 1.5.2. Обводнение экосистем

Обводнение экосистем в условиях протренированных опустынивания самая эффективная мера по восстановлению прежнего потенциала пастбищ и сенокосов, созданию благоприятных вегетационных условий для роста тутовых экосистем вдоль протоков. С начала 80-х г. в дельте Амударьи практикуется обводнение пастбищных и лесных тутовых экосистем путем направленной речной воды в междуречья понижения во время весенних половодий. В годы относительно многоводья амударьинская вода распределяется по основным протокам дельты, а часть воды протоков направляется в определенные озера и понижения. В протренированных изменениях природной среды дельты учет влияния обводнения экосистем следует вести в различных вариантах, ибо его можно осуществлять в различных масштабах и формах, причем в самых обычных элементах экосистемных условиях, в которых, как известно, не все участки экосистем равномерно обеспечиваются влагой. Эта так сказать, примитивная форма, осуществляемая в настоящее время без всяких инженерно-технических проектов разработки и расчетов. Внедрение типичных инженерных проектов по обводнению экосистем, речных протоков, озер, междуречья понижений и искусственных водоемов дельты даст самые эффективные результаты по борьбе с опустыниванием. Восстановлению продуктивности деградированных экосистем, созданию благоприятных экологических условий для нормального развития природных комплексов. Поэтому учет этого вида обводнения в протренировании дает уже другой эффект по определению будущего состояния экосистем.

При протренировании изменения геосистем дельты и обводнения части дна моря желательно дать вариант прогноза в условиях отсутствия применения соответствующих мероприятий, т.е. определить состояние природной среды в условиях естественного саморазвития. Невмешательство человека в ход развития природной среды также может обуславливать становление определенных гео- и экосистем, но в различной, преимущественно низкой, продуктивности территорий.

При прогнозировании изменения природной среды, практически не обводняемых экосистем дельты Амударьи (бывшие опустынившиеся части - восточная часть дельты, таковы равнины к западу от Кунградского коллектора и др.), следует исходить из других более важных факторов, которые характерны для данных территорий.

## 1.5.3. Подтопление и затопление

В условиях опустынивания дельты и обсохшей части дна моря процессы подтопления и затопления в большинстве случаев имеют положительный эффект, что давно уже оправдано в условиях Приаралья. На инженерные объекты, населенные пункты и линии

иные сооружения эти процессы оказывают отрицательное

Влияние и затопление как антропогенные факторы в экосистемах обводняемых экосистем. В условиях дельты, как известно, они обуславливают развитие гидроморфных экосистем, преимущественно тростниковых зарослей и разнотравья на пастбищах и лугах (местами болотных) почвах, тогда как в опустынивших частях дна моря - гидроморфно-солончаковые экосистемы с солончатыми мелкими лужами и озерами с деградированным характером. Зона подтопления и затопления на территории дельты Амударьи и Муинак образует гидроагрофитный пояс в сочетании с ардами чаклого тростника, что обусловлено значительным объемом солей в зоне аэрации солончаков.

И для решения подтопления и затопления протоков дельты следует ожидать развития, главным образом, тутовых экосистем на флувио-тапирных почвах, редко сочетающихся с мелкими солончатыми солончаками. Но радиус влияния этих факторов вдоль протоков не превышает 50-100 м. То же самое можно сказать о влиянии на периферию, только у них радиус влияния экосистем больше в сторону осушки моря, где уклоны поверхности экосистем от коренного берега. Максимальное затопление экосистем, рыбного, джигитырбасского и др. на осушке моря экосистем, и чем свидетельствуют космическими лет залетов.

В протренировании изменения природных комплексов следует учитывать эти факторы, ибо в зоне командования экосистем и затопления формируются своеобразные гидроморфные комплексы преимущественно флувио-тапирных солончаков.

## 1.5.4. Выпас и перевыпас скота

В экосистемах Приаралья выпас скота в целом не очень опасный фактор изменения природной среды, так как здесь наряду со скотом растениями, имеются в большом количестве несъедобные растения и ксерофитные сообщества, которые из-за содержания в них воды не могут употребляться многими видами скота. Выпас скота между съедобными и несъедобными растениями по своим результатам составляет 1:3, т.е. выпас не оказывает значительного влияния на биоценозы. Крупный рогатый скот охотно поедает выщипы, эфемеры и ряд других трав, содержащих малое количество воды.

Перевыпас скота больше страдает от вытаптывания растений, чем от выпаса, потому что фермы или от летней стойки до места выпаса это наблюдается во время выпаса на ограниченной территории в целом в Республике Каракалпакстан зауженность



пастбищ скотом не очень большая, т.е. площадь естественных пастбищ позволяет содержать еще большее количество скота по сравнению с нынешним временем.

Незначительная перевыпас скота наблюдается лишь на периферии населенных пунктов, где сосредоточено сравнительно большое количество скота, а емкость пастбищ имеет большие возможности для содержания мелкого и крупного рогатого скота, лошадей и верблюдов.

### 1.5.5. Рубка древесно-кустарниковых сообществ

Амударьинские тутан больше всего страдают от рубки древесных пород, пожаров, освоения тутайных экосистем под поливное земледелие. Достоверное прогнозирование изменения тутайных, древесно-кустарниковых экосистем, связанных этими факторами, весьма трудная задача, так как они никогда не планируются (кроме освоения тутайных земель) человеком. В таком случае необходимо опираться на логический метод, вероятность всегда ближе к истине. Нам кажется, лучше исходить из возможности влияния населенных пунктов на состояние тутайных экосистем. Допустим, в этом отношении хорошим критерием могут служить расстояния от населенных пунктов до тутая. Как было установлено нами, тутан обычно больше страдают на расстоянии до 10-15 км, в этом интервале наблюдается массовая рубка древесных и кустарниковых насаждений, а далее влияние человека резко уменьшается.

В условиях дельты Амударьи большинство населенных пунктов расположено вдоль протоков реки, изредка на отдаленных от них расстояниях. Поэтому деградация тутая в будущем, несомненно, должна определяться влиянием человека на тутайный биоценоз. В настоящее время, при остром дефиците и дороговизне лесного материала, рубка деревьев еще больше ускоряется, и этот процесс, очевидно, будет продолжаться еще долго. Отсюда вывод, что рубка деревьев в тутайных экосистемах впредь будет наращаться.

### 1.5.6. Сельскохозяйственное освоение земель

Расширение площади орошаемых земель в Приаралье как эффективная мера по борьбе с опустыниванием, обеспечению местного населения сельскохозяйственной продукцией, а также товарными продуктами для реализации за пределами региона, несомненно, в дальнейшем будет осуществляться быстрыми темпами. Но, как известно, для орошаемого земледелия необходимы земли, имеющие относительно лучшие мелиоративные условия с высоким потенциалом плодородия. Поэтому при прогнозировании изменения геосистем дельтовых равнин следует учесть, что подобные земли ближайших 5-10 лет, возможно, будут освоены для развития орошаемого земледелия.

Освоение земель под поливное земледелие осуществляется различными методами. Кроме освоения ирригационных массивов на основе инженерных проектов, существует также частный метод привнесения отдельных небольших участков (от 0,5 до 5-10 га и более) без соответствующих мелиоративных проектных документов.

При таком методе освоения и орошения земель, как показывают многолетние полевые наблюдения, через 1-2 года в результате засоления почвы они станут непригодными для дальнейшего использования, так как превратятся в типичные солончаки.

Подобные заброшенные залежи и передельно-солончаки имеются недалеко от населенных пунктов, особенно по трассе оросительных систем.

В прогнозировании изменения существующих площадей поливного земледелия (здесь имеется в виду аралы освоенных участков среди целинных земель в опустынивающейся части дельты Амударьи) следует оговориться, что при применении регулярных и нерегулярных инженерно-технических, агро-мелиоративных и организационно-хозяйственных мероприятий они могут быть устойчиво преобразованными с высоким почвенным плодородием, а при нерегулярном или недостаточном применении комплекса мер они к концу прогнозируемого времени станут выпадками, т.е. из-за соленакопления в почвах они выйдут из сельскохозяйственного оборота.

## 2. ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОСИСТЕМ ОПУСТЫНИВАЮЩЕЙСЯ ЧАСТИ ДЕЛЬТЫ АМУДАРЬИ ДО 2020 ГОДА

### 2.1. История исследования прогнозирования и прогноза изменения геосистем Приаралья

В связи со снижением уровня Аральского моря еще в 80-х и в начале 90-х гг. различными научными организациями Российской Федерации, Республики Казахстан и Республики Узбекистан были проведены физико-географический прогноз изменения природных комплексов Приаралья на различные годы, преимущественно до 1990 и 2000 гг.

В научном отчете (1980) Отдела географии АН РУз, — «Влияния природных комплексов и анализ влияния естественных факторов на мелиоративные условия на примере Южного Приаралья», описаны прогнозные разработки по изменению природных комплексов Южного Приаралья до 1990 и 2000 гг. А также прогноз изменения геосистем обсохшей части дна Арала до 1990 и 2000 гг. В отчете за 1990 г. пишется: «Таким образом, природные комплексы южной части дельты Амударьи до снижения уровня грунтовых вод ниже этой артерии будут развиваться в тенденции прогрессирующего опустынивания в кореннообитаемом слое почвы, а затем наступит период



естественного рассоления, что приведет к изменению почвенно-растительного покрова, природные комплексы сухой части дельты, приморских солончаков и водораздельных равнин в преобладающей части будут развиваться в тенденции усиления ветроэрозийных процессов и аккумуляции со стенованием эоловых геосистем. Все процессы и явления, наблюдаемые в развитии природных комплексов Южного Приаралья в связи со снижением уровня моря направлены на их опустынивание. Следовательно, гидроморфные и полугидроморфные геосистемы устойчиво сменяются аридными хемогенными и эоловыми комплексами».

В определенной степени прогнозы того времени оправданы, только соленакопление в почвах в основном завершилось еще до первой половины 80-х гг., а затем стала происходить стабилизация с переходом на естественное рассоление.

В прогнозных разработках до 2000 г. пишется: «Природные комплексы межкотловинных возвышенных равнин в связи с углублением грунтовых вод на 12-15 м будут устойчиво развиваться в эволюционном режиме. Эоловые процессы приобретут интенсивный характер, будут доминировать барханно-бугристые комплексы с псаммофитами, основными агентами, способствующими развитию трюнта, останутся те же, т.е. технокоррозия, заготовка древесины и пастбища хозяйства. Бывшие приморские солончаковые комплексы в связи с углублением уровня грунтовых вод постепенно будут сменяться эоловыми, местами тактичными с соответствующим растительным покровом. Плоский приморский равнинный рельеф в результате развития эоловых процессов приобретет расчлененный характер (0-3 м). При этом бывшие сухие протоки будут заполняться песками».

В настоящее время наблюдаемые природные изменения и процессы вполне соответствуют вышеказанному. В 1995 г. в Отделе географии АН РУз был завершен научный отчет: «Исследовать изменения природных комплексов Южного Приаралья в связи со снижением уровня Аральского моря и разработать научное обоснование мероприятий по максимальному предотвращению процессов опустынивания».

В этом отчете прогнозы изменения природных комплексов дельты Амударьи и осушки моря даются в более углубленном виде: с картанисхемами и табличными материалами. Прогноз осуществлен по отдельным видам ПТК (природно-территориальные комплексы). Основные научные толкования в значительной степени соответствуют действительности, оправдываемость прогноза составляет не менее 80% и более.

А.А.Рафиков в 1982-1984 годах разработал ряд прогнозных изменений природно-мелиоративных и природных комплексов дельты Амударьи и осушки моря. Прогноз геосистем обсохшей части дна моря был осуществлен для уровня Арала до 43 и 38 м абс, а дельты Амударьи

до 2000 г. Сравнение фактических изменений в структурно-динамическом состоянии геосистем в настоящее время с прогнозными материалами свидетельствует о том, что в значительной степени они оправданы.

А.С.Кеся и др. в 1984 году составили прогнозные литолого-геоморфологические карты Аральской впадины при уровнях моря 47 и 19 м абс. Хотя эти карты мелкомасштабные, но они дают ценную информацию о будущем состоянии условий рельефа по типам рельефа и геологическим процессам. На картах также отображена литология донных осадков моря.

И.В.Рубанов в 1984 году обосновал вариант прогнозных схем, изменения солёности воды Арала для различных частей акватории по мере снижения его уровня. Кроме этого, дается прогноз характера засоления будущей (до 2000 г.) зоны осушки Арала на основе учета сведений о поряке выпадения солей из его воды по данным экспериментальных исследований. Согласно расчетам автора, во время снижения уровня моря до отметки 38 м абс. (в 2000 г.) в Большом море солёность воды достигнет 30-35 г/л и начнется осажжение гипса.

Следует отметить, что степень минерализации морской воды, указанная автором, достигнута уже в 1994 г., когда зеркало моря снизилось до отметки 36,8 м абс.

Согласно Рубанову, степень засоленности осушившихся грунтов в разных частях осушки также будет различной. Большая часть ее - вдоль восточного и юго-восточного берега Большого моря, примерно до отметки 40 м будет иметь, засоленность до 3%.

Гипсометрически ниже (до отметки 38 м) на востоке моря и в юго-западной его части вследствие концентрации солей в иловых водах Арала, засоленность грунтов может достигнуть 5%.

Еще большая засоленность, вплоть до образования соляных корок (появляющихся тенардита и др.), будет наблюдаться в небольших низинных в рельефе этой обширной зоны. Наибольшая площадь интенсивного засоления грунтов осушки будет на дне высохшего залива Акибай. Здесь (на площади около 400 км<sup>2</sup>) вследствие слабого уклона в сторону моря его дна, сложенного глинами, вероятно, будет сформирован обширный солончак, покрытый пушонкой тенардита в несколько мм.

Сравнение фактических изменений в структурно-динамическом состоянии геосистем в настоящее время с прогнозными материалами И.В.Рубанова свидетельствует о том, что оправдываемость прогноза составляет не менее 70%.

М.Ш.Ишанкулов в 1985 году разработал прогноз развития природных комплексов обнажающегося дна Аральского моря на различные даты осушки 1990, 1996 и 2000 гг. Из-за мелкого масштаба карты южная часть осушки имеет бедную легенду, но в целом - более содержательная. Оправдываемость прогноза М.Ш.Ишанкулова составляет не менее 50%.



В.А.Попов в 1990 году обосновывает прогноз состояния ландшафтов дельты Амударьи на 2000 г. По его мнению, в 2000 г. гидроморфные ландшафты захватят, вероятно, депрессию озера Сулочы и внутри пойменные равнины к северу от него. Их существование будет поддерживаться притоком сюда коллекторно-дренажных вод с орошаемых массивов Кунградского оазиса.

Площадь мезоморфных геосистем после стабилизации, наблюдавшейся в 1980-1985 гг., медленно сократится. В 2000 г. мезоморфные ландшафты займут центральную часть современной Амударьинской дельты, расположившись вдоль протоков Аклары, Кипчаклары, Казахлары, Раушана. Ксероморфные геосистемы в период с 1985 по 2000 г. быстро распространятся как на территории дельты Амударьи, так и на обсохшем дне Аральского моря. По занимаемой площади ксероморфные ландшафты в 2000 г. превзойдут другие экологические группы. Вероятными районами их распространения станут южная кромка обсохшего морского дна и междуречье протоков Раушан и Талдык.

Прогнозные разработки В.А.Попова на 2000 г. краткие и ясные, но мало, научно обоснованы, не всегда даются причины изменения тех или иных экологических групп ландшафтов.

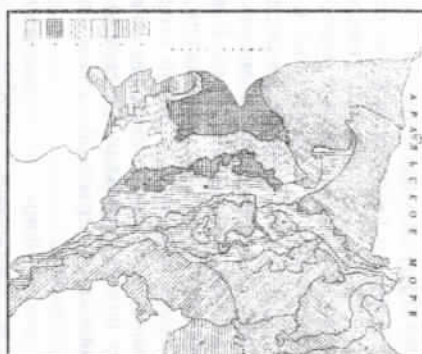
Сравнение фактических изменений в структурно-динамическом состоянии геосистем в настоящее время с прогнозными материалами В.А.Попова на 2000 г. свидетельствует о том, что в значительной степени (85%) они оправдались.

## 2.2. Ландшафтная основа прогноза

Прогноз изменений геосистем дельты Амударьи и обсохшей части дна Аральского моря осуществлен нами на базе физико-географических микрорайонов, так как описание трансформации всех природных комплексов, хотя бы в ранге сложных урочищ, весьма затруднительно (их общее количество составляет 163). Учитывая сложность этого варианта прогноза, мы сочли целесообразным осуществить его в ранге микрорайонов (рис. 2.1.). Объектом географического прогнозирования служат геосистемы тех или иных уровней.

Микрорайоны выявлены на основе детального физико-географического анализа территории Южного Приаралья с точки зрения их дифференциации на отдельные геосистемы (местности), которые отличаются друг от друга по всем показателям ландшафтно-структурных особенностей. В свою очередь, каждая местность дифференцируется на сложные урочища, а последние на урочища, охватывающие естественно-отграниченные территории с определенным природным режимом развития. Структурно-динамическое состояние этих геосистем (местности) отличается в целом однообразностью устойчивости против воздействия антропогенного фактора, сходностью развития процессов опустынивания, одинаковым условием гидрологического режима,

минимизированием тех или иных типов гидрогеологического режима, и в соответствии с ним преобладанием определенного типа почвообразовательного процесса (элювиальный, суперкальвый и субкальвый) и др.



Условные обозначения

- 1. Кислотное опустынивание.
- 2. Слабый, местами умеренный и очень сильный.
- 3. Умеренный, местами сильный.
- 4. Сильный, местами умеренный.
- 5. Сильный, местами очень сильный и умеренный.
- 6. Сильный.
- 7. Очень сильный.
- 8. Сулочинский.
- 9. Кордугарский.
- 10. Маджарчинский.
- 11. Майнотский.
- 12. Ямандий.
- 13. Муниско-Кинкзарский.
- 14. Акларинский.
- 15. Кунградский.
- 16. Причиковый.
- 17. Местный.
- 18. Юго-Западный (Аджикбийский).
- 19. Центральный (Рыбако-Ордобийский).
- 20. Местный (Джигитбайский).
- 21. Анютинский.
- 22. Аралкунградский.

Рис. 2.1. Физико-географическое микрорайонирование дельты Амударьи по современному состоянию опустынивания.



При выявлении микрорайонов наряду с другими компонентами большое внимание обращено на литолого-геоморфологическое строение, определяющее свойство геосистем по типу почво-образовательного процесса, дренарованности грунтов, развитию физико-географических процессов и явлений, возможности обводнения, направленности потока грунтовых вод и др.

В Южном Приаралье по схеме выявления геосистем нами были определены микрорайоны, соответствующие субкавальному, суперавальному и эвновальному местоположениям. Этот принцип дает возможность более точно выявить определенные мезогеосистемы, подвещающиеся тем или иным типам опустынивания, а также высчитать динамику и устойчивость природных комплексов к воздействию внешних сил. Так, выявленные Судочинский, Караджар-Кеусырский, Межуречинский, Майпостский, Джалтырабский микрорайоны, как субкавальные геосистемы, являются, с одной стороны, зонами почти регулярного затопления и служат областью аккумуляции веществ гидрогеохимического потока окружающих равнин дельты, с другой стороны, из-за наличия постоянной влаги в слабой степени подвержены опустыниванию.

Эвновальные микрорайоны — Кинкапрский, Акларинский, Кувадаринский из-за постоянного глубокого затопления зеркала грунтовых вод (ниже 5-7 м) от поверхности являются областями вымыва солей с верхних горизонтов в нижележащем направлении и выдувания веществ. К ним приурочены русла протоков дельты, которые возвышаются на 3-4 м, местами 5 м и сложены преимущественно отложениями легкого механического состава. Следовательно, коэффициенты фильтрации грунтов сравнительно выше, что сказывается на горизонтальном оттоке грунтовых вод.

Однако при всех условиях природно-мелиоративного состояния возвышенных участков дельты из-за сложности рельефа и многослойности отложений, где наряду с легкими грунтами сочетаются и тяжелые, в целом по мере удаления от основных русел протоков их гидрогеологические условия постепенно усложняются, вследствие чего горизонтальный отток грунтовых вод замедляется вертикальным. Следовательно, склонность почв к засолению возрастает. Поэтому при определении тенденции засоления почв необходимо обратить внимание на вышеуказанные характерные свойства этих микрорайонов.

Выходя «живая» дельта Амударьи с юго-запада, т.е. со стороны чинка Устурта, и с востока контактирует с субаральной частью данной дельты. Иными словами, можно сказать, что эти периферийные части дельты еще в 30-40 гг. прошлого века не обводнились регулярно и перешли в стадию автоморфного развития геосистем. В них сформировались типичные зональные пустынные условия. В пределах этих частей дельты нами выделены Причиниковые, Восточные микрорайоны. В которых природные и естественно-мелиоративные условия почти сходные. Развито преимущественно расоление верхнего

эвновальных почв, выдувание и аккумуляция веществ и др. Наблюдаемые процессы опустынивания в живой части дельты слабо изменяются на ходе изменения геосистем этих микрорайонов, но имеется некоторая взаимосвязь и взаимодействие между ними. В частности, с сухой части дельты в направлении ее опустынивающейся части наблюдается вынос пыли, солевой пыли воздушными потоками, а со стороны живой части дельты к ним поступают соли, соляная пыль, они же в зоне контактов служат барьерами против горизонтального движения грунтовых вод, что обуславливает накопление солей в зоне впадения.

В результате анализа структуры микрорайонов дельты Амударьи, установлено, что в пределах ее неосвоенной части или к северу от широты возвышенности Кызылджар-Кусканатау выделяются в субмеридиональном направлении 5 эвновальных (местами полугидроморфных) и 5 субкавальных микрорайонов, все они расположены почти параллельно друг к другу (рис. 2.1.). Такое симметричное расположение микрорайонов в дельте объясняется характером взаиморасположения рукавов Амударьи. Сочетаясь с междуречными понижениями, взаиморасположение разнохарактерных микрорайонов позволяет, в свою очередь, осуществлять дифференцированные мероприятия в зависимости от их природных свойств, а также учитывать местные взаимосвязи и взаимодействия между собой разновойственных геосистем не только в горизонтальной плоскости, но и в вертикальном направлении.

Расположение неосвоенной части дельты Амударьи между ее орошаемой зоной и осушенной частью дна моря, а также субмеридиональное размещение сопряженных микрорайонов обуславливают развитие в них сложных гидрогеохимических процессов. Со стороны орошаемой зоны постоянно в северном направлении происходит подземный сток геохимических веществ, в основном минерализованные грунтовые воды. Этот поток, достигая южных оконечностей микрорайонов, из-за слабой дренарованности грунтов начинает приобретать качественно новые свойства, т.е. наблюдается повышение солёности и изменение типа минерализации. Грунтовые воды становятся сильноминерализованными не только за счет ухудшения дренарованности грунтов, но и за счет расхода их на испарение. Поэтому в опустынивающейся части дельты потоки грунтовых вод погружаются глубоко и в замедленном темпе движутся в направлении зоны осушки моря, причем часть воды расходуется на интритивное испарение. Исходя из этого, целинная часть дельты является как бы областью транзита, а местами также областью расхода потока грунтовых вод, идущих с юга.

Потоки грунтовых вод дополнительно питаются в зоне транзита потерями речного стока в протоках, на полях лиманного орошения, в зоне обводнения, этот процесс особенно интенсивно происходит в годы многоводья. Однако, потоки грунтовых вод здесь направляются



преимущественно в западном и восточном направлениях и частично в северном, так как русла, занимая командное местоположение в рельефе дельты, терпят впаду на фильтратно в основном в широтном направлении, тогда как в междуречных понижениях, подземный поток, сформированный под их котловинами, движется в северном направлении, к тому же общий уклон в них уменьшается к северу.

Каждый микрорайон включает преимущественно одинаковые классы опустынивания, которые доминируют в территориальном отношении. Правда, иногда в один контур были включены экосистемы, имеющие разные классы, главным образом умеренный и сильный, или сильный и очень сильный классы опустынивания. Учитывая площадь характер развития одних классов, была определена доминирующая степень их распространения, иногда при равных соотношениях или наряду с доминированием одних классов, имеются и другие степени, но незначительные по занимаемой территории.

Районирование опустынивания по современному состоянию может быть основой не только для дифференцированных мероприятий по борьбе с ним, но и для прогнозирования изменений геосистем в результате интенсификации их процессов. В этом отношении информация, содержащаяся в схеме районирования, способствует учету типа, классов, причин опустынивания, а также и других материалов, имеющих немаловажное значение в обосновании прогноза изменений геосистем в будущем.

## 2.3. Учет тенденций развития опустынивания в районировании и прогноза изменений геосистем дельты Амударьи

В Южном Приаралье, где структурно-динамическое состояние дельтовых геосистем достаточно сложное и они по-разному реагируют на внешние воздействия, устойчивость отличается мозаичностью, вследствие чего направленность изменения морфологических структур ландшафтов наблюдается также по разному. В этом отношении самым главным является конкретное определение структурно-динамического состояния природных комплексов: эрозивное, суперактивное и субактивное. Это обуславливается различными литолого-геоморфологическими условиями, определенными в свою очередь характер и свойства остальных мобильных компонентов, в частности, гидрогеологических процессов, стока, почвенно-мелиоративного состояния, условий развития фитоценозов и т.д. Сложность литолого-геоморфологических условий геосистем определяет одновременно сложность и разнохарактерность остальных природных компонентов и в итоге сложность геосистем.

В Южном Приаралье, особенно в бывшей жилой части дельты Амударьи, эрозивные геосистемы (это в основном прирусловые валы протоков и рукавов, возвышенные части дельты, преимущественно на

периферии протоков и т.д.) еще в 50-х г. приобрели суходольный режим питания. В годы опустынивания этот процесс еще больше интенсифицировался. Легкий механический состав аллювиальных отложений и приподнятость указанных равнин над окружающей территорией (зоны командования речной системы) обуславливают именно автономный режим развития почв, вследствие преимущественного горизонтального оттока грунтовых вод. Нисходящие токи влаги способствуют главным образом естественному иссушению, осушению почвогрунтов до больших глубин (более 2-3 м), повышают склонность субстрата к выдуванию, распространению преимущественно ксерофитных фитоценозов, развитию почв в эрозивном направлении.

В этих динамичных природных условиях, где доминируют эрозивные геосистемы, процессы опустынивания имеют также литоморфный характер развития, т.е. они полностью соответствуют указанной физико-географической обстановке. Иными словами, эрозивные геосистемы в результате развития опустынивания способны к интенсификации тех процессов, которые соответствуют этой стадии развития ландшафтных систем (в частности, выдувание, аккумуляция веществ, эрозия, суффозия и т.д.).

Во время картографирования морфологических структур ландшафтов и процессов опустынивания дельты Амударьи установлено, что именно этим ее частям соответствует становление и развитие эрозивных форм рельефа, глубинная эрозия в сочетании с суффозионными явлениями, отакрирование. Исходя из этого, можно констатировать, что дальнейшее развитие природной среды будет продолжаться в том же направлении, которое мы сейчас наблюдаем.

Вблизи прирусловых валов Акдарьи, Кичакларьи, Талыкларьи, где уровень грунтовых вод опустился ниже 5-7 м от поверхности, встречаются не большие пятна такрообразных почв в комплексе с лугово-такрыными почвами, а в составе типичных солончаков повышенных участков дельты — остаточные типичные солончаки. Это свидетельствует о зарожении новых элементов или новых видов почв среди существующего или развивающегося ныне почвенного покрова. Со временем эти пятна постепенно расширяются и приобретают доминирующее значение. Однако для этого необходимы соответствующие природные условия, т.е. устойчивое снижение уровня грунтовых вод, выыхание почвогрунтов до больших глубин (4-6 м), естественное расхождение и формирование солончаковых свойств, образование слабоземной трещиноватости на поверхности субстрата, образование на ее поверхности, четкое выделение тонкой слоистости в пористом торфанте. Такрообразные почвы в зоне развития лугово-такрыных почв обычно развиваются на относительно повышенных участках с плоскими или волнистыми поверхностями, где имеются условия для накопления атмосферных осадков с постоянной фильтрацией.



Изменение водного режима почв, т.е. переход из одной стадии развития в другую осуществляется путем трансформации растительного покрова: появляются более ксерофитные и солеустойчивые группировки, а местами также псаммофиты. Следует учитывать, что из-за солончаковатости почв, несмотря на некоторые расселение их верхнего слоя, еще долго будут распространяться типичные галофиты (карабарах, колуш, кермек и др.) в разреженном виде. Зарождение новых процессов опустынивания в составе других, имеющих либо второстепенное, либо фоновое распространение, происходит в определенной форме и скорости. Установлено, что процессы засоления и расселения обычно наблюдаются сначала в виде отдельных разрозненных точек, а в последующем в результате их сгущения появляются небольшие пятна (1-3 м<sup>2</sup>), со временем в зависимости от степени динамичности режима грунтовых вод они могут расти в пространстве. Разорванные пятна, соприкасаясь между собой, волютуют в один большой ареал, а далее они охватывают значительные контуры, соответствующие одному из видов морфологических единиц ландшафта (фация, урочище, местность). В зависимости от скорости изменения и охвата площади новые виды процессов опустынивания становятся субдоминантными, доминантными, а иногда и фоновыми.

Именно выявление этих наибольших участков (фаций) среди доминантных сложных и простых урочищ имеет существенное значение в прогнозировании изменения геосистем. Иными словами, ландшафтно-индикационный метод более практичен наряду с другими и степеней оправдываемости значительно, высока. На основе всестороннего и глубокого анализа структурно-динамического состояния этих морфологических частей ландшафтов можно предсказывать будущее состояние геосистем до определенного времени.

Если смотреть на развитие опустынивания в Южном Приарале с точки зрения ретроспективы, то можно выявить определенные тенденции развития ряда процессов еще с начала их становления и ускоренного развития. Еще в 60-х и в первой половине 70-х гг. доминирующими становятся процессы солончования по всей площади живой части дельты Амударьи, а обсохшая часть дна моря подвергается сплошному засолению (фоновый процесс).

Со второй половины 70-х г. в прирусловых валах протоков и отдельных участках повышенной части дельты наблюдается зарождение эоловых подвижных песков (барханы, барханные цепи) и круто степенных дефляционных котловин.

Со второй половины 1980-х гг. на повышенных участках, особенно в прирусловых валах и вблизи от них, отмечается зарождение процесса расселения в виде небольших пятен, а на большей части территорий, стабилизация солончакования в корнеобитаемом слое вследствие углубления уровня грунтовых вод ниже 5-7 м от поверхности. Ныне этот процесс охватывает все большие площади эволюционных геосистем.

## 2.4. Прогноз изменения геосистем опустынивающейся части дельты Амударьи

Используя информацию о современном состоянии развития процессов опустынивания в неорошаемой части дельты Амударьи и тенденциях их изменения, нами разработан прогноз трансформации природных комплексов до 2020 г. Прогноз осуществлен на основе физико-географических микрорайонов, обоснованных нами в предыдущей части книги.

**Судочинский микрорайон** соответствует котловине бывшее озеро Судуче и его северной низкой периферии до коренного берега моря. В физико-географическом отношении этот микрорайон охватывает крайние низкие участки западной части дельты Амударьи. С запада от уреза воды от озера Судуче резко поднимаются восточные чинки плато Устурта, а с севера оно ограничивается эоловыми песками осушки моря, с востока — низменными равнинами Западного микрорайона.

Бывшее озеро Судуче служило областью сброса коллекторного стока всего левобережья Амударьи в пределах Каракалпакстана, и частично осуществляется сток из канала Раушан и концевой части канала Ишим.

Следовательно, гидрологическое состояние озера непосредственно зависит от количества стока оросительных каналов и Кунградского коллектора. Но в основном резко преобладает коллекторный сток (0,5-0,6 км<sup>3</sup>), в связи с чем минерализация вод озера колеблется от 12 до 35 г/л (в районе устья коллектора, юго-западная акватория).

Северная периферия озера, где наблюдается сочетание бессточных котловин с повышенными рельефа в голье относительноного мловольда, почти сплошь покрывается водой до самого коренного берега моря. В годы маловодья — в пределах котловинны озеро Судуче акватория вод сохраняется лишь в самых глубоких участках дна, а северная периферийная часть полностью обсыхает, только в пределах озера Каратерень (западное) сохраняется водная гладь, а так всюду доминируют дуговые и типичные солончаки.

Современное состояние развития данной мезогеосистемы характеризуется общей деградацией озерного субаквального комплекса: повышение минерализации и ухудшение качества воды, истощение гидроэкоценозов и фитоценозов служит областью накопления растворенных минеральных удобрений и пестицидов.

Ожидаемые результаты развития природного комплекса до 2020 г. можно оценить следующим образом. При притоке КДВ (коллекторно-дренажная вода) и речной воды (в условиях преобладания первой) степень минерализации водной массы озера будет нарастать до высокого предела (40-60 г/л), что приведет к полному исчезновению живых организмов, побережье превратится в злостные солончаки без растительности, акватория уменьшится на 15-25% (по отношению 2010 г.). В условиях преобладания речного стока над КДВ минерализация



воды не превысит 20 г/л. В последующие годы минерализации озерной воды будет снижаться до 8-10 г/л. Тростниковые заросли будут сохраняться по аралам возле устья оросительных каналов и сброса речного стока. Т.е., где имеются более слабоминерализованные воды, рыбные богатства будут сохраняться главным образом в устьевой части ирригационных каналов. По мере опреснения вод озеро Сулдуچه расширится аралы тростников и увеличится количество рыбы.

Озеро Сулдуچه, являясь одним крупнейших водоемов в Приаралье (площадь до 1961 г. составляла 300 км<sup>2</sup>, объем — 0,6 км<sup>3</sup>, минерализация — 2 г/л), считается памятником природы гидрологического характера. Озеро является объектом или уникальным гидроэкологическим развитием различных животных, преимущественно водоплавающих птиц. Здесь ежегодно весной и осенью останавливаются для кратковременного отдыха перелетные птицы. Учитывая огромное экологическое значение озера, ученые и специалисты предлагают и настаивают на его сохранении в более или менее нормальном гидрологическом и гидробиологическом режиме.

Институт Угитпромелиновхоз в 80-х годах проектировал определенные гидротехнические мероприятия по сохранению этого водоема, согласно которым озеро должно было поливаться как речной, так и дренажной водой (как это наблюдается сейчас). В частности, по его проекту по средней части озера было намечено провести специальный канал для отвода коллекторного стока Кунтрадского сброса на обсохшую часть дна моря. Однако по некоторым причинам данный проект до сих пор полностью не осуществлен. Специалисты предлагают питать озеро главным образом речной водой. Поэтому трассу коллектора необходимо было проектировать подчинком Устурта до Алжибайского залива. До сих пор этот проект, как нам известно, еще не реализован.

Озеро Сулдуچه, по нашему мнению, целесообразно сохранить в основном за счет речной воды (70%) и частично дренажной (30%), и чтобы оно было проточным (сток желательнее осуществлять через озеро Каратерень — запад, в сторону Алжибайского залива). Тогда речную воду можно использовать более разумно, минерализация воды в озере будет колебаться от 3 до 6 г/л, а после опреснения воды Амударьи до 0,6-0,7 г/л соленость воды озера уменьшится до 3-4 г/л.

Если этот вариант сохранения озера будет осуществлен, то геосистемы Сулдучинского микрорайона в будущем приобретут качественно новые свойства. Опреснение воды позволит существенно расширить ареалы тростника и других гидрофитов, увеличить количество рыбы, ондатры, водоплавающих птиц, а также крупных животных. Увеличение количества относительной влажности воздуха также положительно будет сказываться на периферии озера, вместо галофитов расширятся ареалы мезофитов и гидрофитов. Продуктивность экосистем по всему микрорайону резко увеличится.

возникнут благоприятные экологические условия для развития живой природы.

**Караджарский физико-географический микрорайон** соответствует системе озера Кеусыр, Караджар, Холжакуль, Мошанкуль и др., которые занимают междуречье Большой и Малый Джонсиз и Раушан, Акбашли. Здесь наблюдается общая деградация озерных и суперэквальных геосистем в связи со спорадическим притоком речной воды в разных объемах, уменьшением площади тростников и их продуктивности. Следует отметить, что степень минерализации поверхностных вод постепенно увеличивается с юга на север, в районе селения Караджар соленость воды протока колеблется от 1,6 до 2,5 г/л, а в годы маловодья эти показатели удваиваются. Анализ космодатаснимков (1996 и 1999 гг.) в масштабах 1:500 000 и 1:250 000 показали, что в годы маловодья (1999 г.) почти вся территория заливалась водой, а в годы маловодья (1996 г.) вода остается лишь в глубоких озерах, а вся площадь покрывается тростником, местами наблюдается сочетание с луговыми и болотными солончаками. Но это явление наблюдается обычно в первый год после маловодья. Как показали наземные наблюдения во время полевых экспедиционных работ, во втором году тростниковые заросли становятся уже угнетенным из-за повышения минерализации грунтовых вод до 15-20 г/л. В третьем году — чаклыми с низкой высотой. Так как соленость грунтовых вод повышается до 25 г/л хлоридно-сульфатного состава, далее они заменяются одноклеточными солонками в сочетании с югуном.

Таким образом, все зависит от объема речной воды и ее качества, при обилии воды скорость деградации экосистем уменьшается и наоборот.

В целях предотвращения интенсивного опустынивания микрорайона в годы относительного маловодья озерные системы Мошанкуль, Караджар, Кеусыр и другие наполняются определенным объемом воды. От 28,1 млн. м<sup>3</sup> в 1997 г. до 304,5 млн. м<sup>3</sup> в 2000 г., при небольшом направлении речного стока аралы тростника становятся доминирующими или фоновыми фитоценозами, расширяются масштабы развития разнотравья, на полугидроморфных комплексах получают широкое распространение югуники, значительно улучшаются вегетационные условия роста древесно-кустарниковых тугаев. В связи с этим, нам кажется, в условиях регулярного наполнения озерных систем микрорайона до конца прогнозируемого времени современная деградация экосистем несколько стабилизируется, а в ряде участков следует ожидать некоторое улучшение состояния фитоценозов. Но все зависит от степени регулярного водообеспечения.

**Междуреческий физико-географический микрорайон** охватывает междуречье понижение Кипчакарды и Акдары в центральной части дельты Амударьи. В целом характерно фрагментарное развитие геосистем. В северной половине — субэквальные, в средней полосе — суперэквальные, в южной — элювиальные. В северной озерной части



наблюдается незначительная деградация субаквального комплекса. В средней — усиленная, а в южной — изменение природной среды в средней степени. Которая, выражается в засолении (средняя полоса) и дефляции (южная часть) почв, смене растительности в направлении ксерофитизации.

Установлено, что при притоке нормального объема воды из рек ежегодно (примерно 0,2-0,4 км<sup>3</sup>) в северной части следует ожидать нормально функционирующий озерный комплекс с богатым биогеннозом, при спорадическом притоке воды — озерно-болотный комплекс с повышенной минерализацией, бедным биогеннозом, загрязненной водной средой; в средней полосе при наличии озерного комплекса с максимальной акваторией будет происходить потопление и затопление (супераквальный комплекс), а в случае минимальной акватории — засоление почв, смена фитоценозов в направлении ксеро- и галофитизации; в южной половине будет происходить развитие эловальных комплексов (эоловые, реже эрозивные, суффозионные и др. процессы и явления).

Следует отметить, что Междуручинское понижение, находящееся между крупными животноводческими хозяйствами («Муинак», «Айлау», «Аспантай» и др.) Каракалпакстана с отдаленных времен служило объектом подготовки корма за счет тростника, высокопродуктивным пастбищем, а многочисленные озера были объектом для ловли рыб. В настоящее время даже в годы маловодья местное население находит выход из положения для обводнения хотя бы отдельных озер (Шет, Куккул и др.) и небольших пастбищных и сенокосных массивов. А в годы относительно многоводья обводнению подвергается значительная часть экосистем понижения. Исходя из этого, можно сделать определенный вывод, что до конца прогнозируемого времени опустынивание в северной и средней полосе будет иметь степень, в основном слабую, местами, возможно, будет наблюдаться средняя. В южной части из-за недостаточного обводнения следует ожидать ускорения процессов опустынивания.

**Майнотский физико-географический микрорайон** соответствует огромному понижению между Акдарей и Куньдарей. Для микрорайона характерно ухудшение общего состояния экосистем из-за засоления почв, углубление уровня грунтовых вод, смена растительности в направлении ксерофитизации, неустойчивое функционирование субаквальных комплексов вследствие спорадического поступления речной воды, причем в различном объеме.

Полвеком исследованиями установлено, что при отсутствии притока воды из Акдары здесь наблюдается резкое доминирование процесса общего выыхания тростниковых зарослей или перехода их в угнетенный вид vegetation, происходит повышение минерализации грунтовых вод и углубление ниже 2-3 и 3-5 м от поверхности, засоление почв; сброс значительного объема речной воды (0,15-0,20 км<sup>3</sup>) приводит

к сплошному покрытию водой (108 км x 30 км), образованию субаквальных комплексов с богатым биогеннозом.

Структура Майнотского микрорайона довольно сложная, здесь выделяются котловинные высохших озер и болот и плоские водоразделы между ними. Поэтому в случае необводнения экосистем, здесь уже в первом году обсыхания природной среды сформируется мозаичное структурно-динамическое состояние геосистем, т.е. котловинные озера еще больше будут сохранять субаквальные условия, в то время как бывшие дно болот создадут супераквальные комплексы. По истечении времени субаквальные комплексы перейдут в супераквальные. Последнее — эловальное, соответственно будет изменяться почвенно-растительный покров. В связи с интенсивным расходом грунтовой влаги на суммарное испарение и незначительный отток в сторону осушки моря.

Майнотское понижение в годы относительно многоводья регулярно обводняется. Разработан проект создания Думалакского водоема (но его реализации еще не начата), поэтому мы считаем, что в пределах обводняемой части экосистем понижение развития процессов опустынивания не будет иметь высокую степень, а не обводняемая будет служить объектом интенсификации эловальных процессов и нислений, в частности, усиления выдувания субстрата, естественного расчленения, суффозионного расчленения рельефа.

**Ипандый физико-географический микрорайон** занимает повышенный рельефа между Сулчинским и Караджарским понижениями. В северной части микрорайона опустынивание связано с соленакоплением, дефляцией, доминированием ксерофитизации растительности, в южной — соленакоплением и экзотичной сукцессией растительности (доминированием мезо- и ксерофитов), в средней — мезо- и ксеро- и галофитов на лугово-такрыных луговых и солончаковых почвах. В северной части обводнение осуществляется на небольших локальных участках, вся остальная площадь является ареной развития соленакопления и эоловых процессов (последние интенсифицируются на периферии коренного берега моря), часть площади к западу от села Караджар перешла в этап эловального развития, в средней полосе из-за обводнения (также фрагментарно) процессы локализованы по отдельным участкам, южная часть является областью постепенного опустынивания вследствие становления эловальных комплексов (иногда отдельных участков, здесь развиты гидроформные геосистемы); следовательно, для микрорайона в дальнейшем будет характерно: солесбор в зоне аэрации, эоловое расчленение (северная часть), рисоление (в районе села Караджар), эловальное развитие геосистем (южная часть).

В результате обводнения отдельных участков микрорайона и подтопления с периферийных равнин со стороны озер Сулоу, Кеулар, Шатрык и др. в зоне их воздействия развиваются гидроформные и подуглидроморфные комплексы.



В южной и средней части микрорайона вдоль рек Большой и Малый Джонсиз развиты древесно-кустарниковые тугайные экосистемы. В настоящее время через русла Большой Джонсиз спорадически осуществляется сток из канала Раушан для подпитывания озерной системы Караджар и Кеусыр, преимущественно в начале лета, а в остальное время расход воды резко уменьшается. Но состояние тугаев в зависимости от водности русла и его протоков сильно различается по отдельным участкам. В верхнем и среднем течении реки тугаев близки к нормальному состоянию, а в низовьях наблюдается ускоренное опустынивание из-за отсутствия или спорадической обеспеченности русла водой, причем минерализация воды здесь достигает больших величин (1,6-1,8 г/л иногда и больше). По-видимому, солонность грунтовых вод в низовьях реки обусловлена именно относительно высокой минерализацией вод реки, что сказывается на нормальном развитии древесных тугаев. Об этом свидетельствует суховершинность ивы, туранги, а лох вообще отсутствует.

В условиях сохранения существующего количества расхода воды реки, и повышения солонности деградация тугаев будет сказываться также в среднем, а в последующем и в верхнем течении реки. Усилятся рубка древесных пород местным населением вследствие Большой Джонсиз будут подвергаться опустыниванию средней, местами сильной катедрии.

**Кинкирский (Муинакско-Кинкирский) физико-географический микрорайон** расположен между Караджарским и Междуречинским понижениями. Общая многолетняя тенденция становления и развития эволюционных процессов: эоловое расчленение равнины, возле источников воды – суффозионные явления; в древесно-кустарниковых тугаев наблюдается деградация и антропогенная сухиссия растительных сообществ: гидрофиты-мезофиты-ксерофиты-псаммофиты.

Еще в 50-х г. микрорайон вышел из зоны сплошного затопления рекой, только местами по отдельным руслам наблюдался отвод воды разлива Талдыклары на запад, а с 60-х г. интенсифицируются эволюционные условия, р.Талдык превращена в искусственный канал с расходом около 10-12 м/с, поэтому ее воздействие на периферию ограничено.

Интенсифицируются эволюционные процессы: эволюция лугово-такрыных почв в такрыные, расхождение остаточных типичных солончаков, выдувание пухлых солончаков. Вследствие усиления автоморфных условий, эоловое расчленение равнины, смена растительности: мезофиты-ксерофиты-псаммофиты. В древесных тугаев из-за постоянной рубки и стихийных пожаров происходит ликвидация туранговников и юлгунников и др. растений, после чего появляются голые участки, склонные к выдуванию (арена для развития барханов).

Эволюционная тенденция развития процессов опустынивания приводит к становлению типичных автоморфных геосистем с соответствующими ксеро- и псаммофитными растительными сообществами на такрыобразных, остаточных солончаках и пустынных песчаных почвах, в древесно-кустарниковой тугайной полосе ожидается уменьшение плотности растений, исчезновение наиболее влаголюбивых представителей (лох, ива), сильно сократятся ареалы развития туранговников (они сохранятся лишь вдоль русел), таким образом, ширина тугаев практически уменьшится до 10-12 м от русла, местами тугаи подвернутся сильному опустыниванию, превращаясь в участки развития барханов.

Это особенно касается тех тугаев, которые в настоящее время и в последующем не обводняются. В этих условиях сильноопустыненные тугаи к 2020 г. вообще исчезнут, их мест будут заняты юлгуновыми сообществами.

Микрорайон считается одной из частей дельты, где наблюдается интенсивная техногенная эрозия, она же ускоряется в результате хождения автомашин по нормам глызунов и старым трещинам усыхания, а также суффозионными явлениями.

Это приведет к расчленению рельефа, а в результате аккумуляции выдутых масс (пески, супеси, суглинки), на периферии котловин выдувания сформируется бугристый и барханный рельеф. К тому же дефляция субстрата способствует широкому распространению в верхних слоях почвогрунтов преимущественно пылеватой супеси, местами песчаной фации. Все это даст основание полагать, что к концу прогнозируемого времени эоловый рельеф будет занимать значительную часть микрорайона. Это тоже с одной стороны подтверждает о резком доминировании эволюционных геосистем в пределах микрорайона к 2020 г.. Не исключено, что на такрывидных почвах, остаточных типичных солончаках ближе к 2020 г. могут появиться всходы черных саксаульников в комплексе с однолетними солонковыми юлгунниками. К этому времени уровень грунтовых вод в преобладающей части микрорайона будет снижаться ниже 8-10 м, а активные типичные солончаки перейдут в этап суходольного режима развития. По нашему мнению, это явление должно начаться с конца 2015-х г., и в начале 2020 г. в преобладающей части территории все активные, и полуактивные солончаки станут автоморфными.

Формирование эволюционных геосистем в Кинкирском микрорайоне свидетельствуют о полном переходе бывших интразональных гидроморфных комплексов в суходольный режим развития, т.е. они приобретут типичные зональные ландшафтные черты, характерные для пустынной зоны. Как известно, подобные ландшафты в дельте Амударьи широко распространены в подчиненной равнине, т.е. к западу от трассы Кунградского коллектора, а также в восточной части дельты, где господствуют суббарханные условия.



**Акдарынский физико-географический микрорайон** охватывает узкую полосу вдоль рек Акдары, частично Амударьи, а также Кипчакдары. Общая многолетняя тенденция деградации тугайных экосистем, экзотенная смена гидрофитов и мезофитов в направлении ксерофитизации. Уменьшение доли древесных пород. Увеличение кустарников, эволюция лугово-такрыных тугайных в лугово-пустынные. А также в пески, эрозийный врез берегов Акдары из-за сброса оросительных вод, развитие подвижных песков на месте прирусловых валов.

Интенсификация эрозийного расчленения склонов русла (в зоне орошения), образование подвижных песков (в зоне рубки древесных и кустарниковых пород), деградация тугайных пастбищ (к северу от Портау), ликвидация тугаев (к северу Байгуджы), в районе неоселыты Ордабай формируется кустарниковый тугай, где вмешательство человека не происходит, но продуктивность экосистемы низкая.

Интенсивное развитие опустынивания приведет к сильной деградации амударыньских уникальных тугаев, на отдельных участках возможна вообще ликвидация тургановиков, ивняков, лоха, и доминирующим сообществом могут стать колючники, чингильники, дереза и другие кустарники, на сильноопустыненных ареллах получат развитие подвижные пески.

В определенной степени развитие опустынивания в микрорайоне зависит от водности реки. Экологическая эффективность водного тракта при большом стоке высока: из-за большой относительной влажности воздуха растения близки к нормальным, при наименьшем стоке состояние растений ухудшается, наблюдается замедленная вегетация. При наибольшем стоке объем фильтрационных вод увеличивается, сработанные линии вдоль русла заполняются водой, все это положительно сказывается на росте растений, даже далеко расположенных от трассы русла.

Акдары и ее протоки являются основными районами, где сосредоточены амударыньские древесно-кустарниковые тугаи. В будущем их состояние будет зависеть от, прежде всего, характера их обводнения, сохранения от вырубки и пожаров. В отношении обводнения можно сказать, что Акдары, Кипчакдары, Ордабайуэз, Инженеруэз, Аккай и ряд других протоков ежегодно обеспечиваются опресненными стоком, но в различных объемах. При этом через русла Акдары и Ордабайуэз проходит основной сток Амударьи в Арал. В связи с этим обеспеченность многих протоков дельты впадою экстендно достигает высоких показателей. Русла Акдары и Ордабайуэз в связи со снижением базиса эрозии имеют тенденцию углубления, тогда как в других боковых протоках происходит заиливание (так как в них отсутствует регулярный сток, во время спорадического режима стока основная часть наносов оседается в руслах). Поэтому тугаи по обеим берегам Акдары и частично Ордабайуэз как бы висят над урезом воды.

рек (местами разница между урезом воды и поверхностью прирусловых валов достигает 5-8 м, иногда 8-10 м).

В этих условиях, нормальное водобеспечение древесных и кустарниковых пород несколько сложно, поэтому старые древесные тугаи со временем могут погибнуть. Правда русла Акдары в годы маловодья в районах Портау и к северу от Байгуджи искусственно перекрываются с целью направления определенного стока в русло Кипчакдары, Межуречинское и Майпостское понижения. Но это временное явление, при большом расходе воды в Акдарье эти земельные площади в том же году несколько раз разрушаются. Поэтому даже искусственное поднятие уровня воды с помощью земляных плотин не дает полной гарантии для обводнения тугаев, и здесь необходимы нормальные гидротехнические сооружения на определенных участках русла Акдары.

Рубка древесных пород тугаев ведется как прежде усиленными темпами. Сейчас, когда наблюдается острый дефицит лесоматериалов, рубка деревьев населением еще больше усилилась, в будущем это явление должно интенсифицироваться, так как численность населения из года в год увеличивается. Конечно, обеспечение населения крупных населенных пунктов природным газом несколько смягчит решение этой проблемы, но газом обеспечивается лишь крупные аулы и поселки, населенные пункты, находящиеся далеко друг от друга, вряд ли будут газифицированы. Поэтому кустарники и деревья тугаев по-прежнему будут использоваться как топливо.

Таким образом, к концу прогнозируемого времени состояние амударыньских тугаев по сравнению с 2010-ми г. ухудшится, площади древесных насаждений резко уменьшатся, особенно вблизи населенных пунктов (до радиуса 50-70 км). Доминирующим в значительной части тугаев станут колючники, т.е. кустарниковый тугай заменит древесный. Расширятся также ареллы развития дерезы, чингилья и ряда других кустарников, которые в пастбищном отношении не имеют существенного значения. Ликвидация древесных пород в тугаях ускорит склонность субстрата к дефляции, а местами также водной эрозии, обрушения склонов русл. Все это до 2020 г. в достаточной степени приведет к изменению геосистем, одним словом, можно сказать, что для тугайной полосы данного микрорайона будет свойственно среднее- и сильное опустынивание.

**Кундырлыкский физико-географический микрорайон** занимает территорию к востоку от Майпостского понижения, т.е. бассейна р. Кундырлы. Общая многолетняя тенденция изменения — становление и развитие эволюционных процессов: золовое расчленение равнины, возле источников воды суффузионные явления, расчленение относительно помышенных участков, в древесно-кустарниковых тугаях — деградация и интродукционная сукцессия растительных сообществ.

По основному руслу реки сток спорадический, часто обводняется лишь южная часть бассейна. В годы маловодья стока почти не бывает. В



связи с нерегулярным обводнением бассейна Кунядары наблюдается интенсивное снижение уровня грунтовых вод по всей территории ниже 5-8 м.

Исследованиями в 2010 году установлено, что здесь наблюдается эволюция лугово-такрырных почв в такрырные, тугайные в лугово-пустынные, в пустынные песчаные и пески. Расхождение типичных остаточных солончаков, смена мезофитных растительных сообществ ксерофитными, усиление эоловых процессов (выдувание и образование подвижных песков), рубка деревьев и ненормированный выпас, высыхание древесно-кустарниковых тугаев из-за отсутствия регулярных обводнений.

Интенсификация эоловых процессов опустынивания способствует повсеместному доминированию эолового расчленения равнин, сильной дегградации древесно-кустарниковых тугаев, выпоту до их высыхания, расколению солончаков эолового типа развития, фоновый почвенный покров становится такрырными и пустынными песчаными почвами в комплексе с остаточными солончаками.

Бассейн Кунядары является одним из малозаселенных территорий дельты Аму-Дарьи, здесь природная среда сильно страдает от прямого воздействия человека. Только летом служит объектом выпаса, что обусловлено отсутствием нормальных дорог и водных источников (если не считать термальных минерализованных подземных вод скважин). Лишь по древесным тугаям и побережью Джигитрыбаского залива (ныне он занят озерно-болотным комплексом) можно встретить охотников и рыболовов. Наибольшее воздействие антропогенного фактора ощущается по трассе дороги Казхадары – мост Ворошиловуек по Кунядарье. В связи с этим, в преобладающей части микрорайона влияние человека на ускорение развития процессов опустынивания выражено в незначительной степени.

Кунядары в последнее время стала регулярно обводняться, особенно в относительно многоводные годы, частично, но структурно формируется небольшой сток через русла Геллеуек, Актемуек и др. До середины 90-х гг. такое обводнение бассейна Кунядары происходило изредка, главным образом по руслу Кунядары. Поэтому до того времени древесно-кустарниковые тугаи бассейна сильно пострадали от общего высыхания, снижения уровня грунтовых вод и выдувания почвогрунтов. Регулярное обводнение экосистем тугаев положительно сказывается на вегетации древесных и кустарниковых насаждений. Если в дальнейшем обводнение будет таким же систематическим, то следует ожидать улучшения состояния тугайных фитоценозов. Но все это относится к тугайным биоценозам, охватывающим главное русло реки, в то время остальные тугаи, расположенные вдоль протоков, подвергнутся опустыниванию, наблюдается их общее высыхание, уже исчезли ива, лох, местами тугаи, расширяются аралы колуна, дерезы и чингизы. Если это положение не изменится, то к концу прогнозируемого времени

древесный тугай вдоль протоков будет исчезать. Вместо мезофитов появятся типичные ксерофиты и гелофиты.

Вся территория между тугайной экосистемой Кунядары на западе, и коренным берегом моря на востоке (залив Джигитрыбас), которая еще в начале 80-х гг., состояла из типичных солончаков, покрытых однолетними солонковыми колуниками ныне повсеместно перешла в этап эволюционного развития. Уровень грунтовых вод по индикационным признакам составляет 5-7 м, местами по небольшим участкам 3-5 м (по исследованиям в полевых условиях 2010 г.). Сравнение описаний морфологии типичных солончаков в начале, 80-х гг. материалами исследований 2010 г. показывает, что верхний пухлый (супесчанно-солевой) слой солончаков местами подвергся выдуванию, обнажились более плотные суглинистые засоленные горизонты. Очевидно, прежние типичные солончаки, переходя в эволюционный этап развития, формируют такрырные свойства. Образование тонких прослоек за счет осадений наносов, наилок в процессе накопления жидких осадков в пониженных и на более плоских участках рельефа, образование трещин по поверхности почвы и т.д., в результате расколющего воздействия атмосферных осадков происходит естественное расколение верхнего горизонта солончаков, соли аккумуляруются в нижних слоях.

В северной части бассейна Кунядары наблюдается наступление эоловых песков осушки моря в южном направлении. Дешифрированные космическим свидетельствует о том, что по сравнению с концом 98-х гг. в настоящее время в полюсе 15-30 км в результате транспортировки песка из обсохшей части дна Арала образовались песчаные массивы. По всей вероятности, это явление будет продолжаться и в дальнейшем, так как песок не заросшие и находится в постоянном движении. К концу прогнозируемого времени определенная часть дельты будет еще покрываться песчаным плащом. Это обуславливается устойчивым ветром, дующим с севера и северо-востока, на юг и юго-запад. При сильных ветрах (15-20 м/с) песок может распространяться и на более южные части бассейна, что приведет к опасному солончаков.

**Причинный фито-географический микрорайон** охватывает юго-западную часть северной зоны дельты Аму-Дарьи. Общая многолетняя тенденция изменения – эволюционное развитие геосистем, эоловое расчленение равнин. Преращение поступления речной воды еще в 40-х гг. обусловило снижение уровня грунтовых вод ниже 10 м устойчивого характера, повсеместное доминирование выдувания и расколения.

Наблюдается эоловое расчленение территории в результате техногенной эрозии, ненормированного выпаса, рубки кустарников, что способствует дегградации такрырных и пустынных песчаных почв, одностороннему развитию черно-сакуловых сообществ, солончаков на периферии орошаемой зоны (понижения под чинком Устурта).

Усиление техногенной эрозии может привести к дальнейшему опустыниванию путем расширения площадей подвижных песков и



круто стенок котловин, разрушению такырных почв, увеличению площади песков и пустынных песчаных почв, выдуванию остаточных пухлых солончаков, механической ликвидации растительности; рубка кустарников и перевыпас скота способствуют уменьшению продуктивности пастбищ до критических пределов.

Причинная дельтовая равнина Амударьи в зоне пастбищного животноводства является объектом активного воздействия хозяйственной деятельности. Здесь проходит трасса магистральных газопроводов, воловдов, ВЛЭП (Высоковольтная линия электропередачи), магистральной дороги, связывающей г. Кунград с плато Устюртом. Имеется месторождение поваренной соли солончак Карумбет (сюда люди ездят для лечения соленой грязью озерного происхождения) и транспортировки поваренной соли, местное население заготавливает дрова за счет саксаульников, колунов и др. Особое значение имеет охота за животными, стускывающимися с плато Устюрта на водной к водным источникам (озеро Судучье, Кунградский коллектор, ирригационные каналы).

Все это в комплексе сказывается на изменении структурно-динамического состояния геосистем: особенно в связи с техногенной эрозией. Беспорядочное движение автомашин по такырным и пустынным песчаным почвам и пескам обуславливает ускорение выдувания субстрата по колеям автомашин, что часто приводит к образованию котловин выдувания, а за счет аккумуляции веществ дефляции — к образованию различных эоловых буртов и барханов. Этим путем идет расчленение такырных равнин и образование типичных эоловых форм рельефа.

Заготовка топлива за счет кустарников и саксаула, чересчур уже привела к деградации пастбищ (продуктивность сейчас не превышает 1-1,5 ц/га), самое главное, пастбища страдают в результате беспорядочного движения автомашин и тракторов, под их колесами и гусеницами травянистый покров и кустарники не только вытравываются, но и погибают.

Эти явления здесь никак не контролируются, и мы считаем, что к началу 2020 г. экологические последствия, достигнут достаточно крупных масштабов. Пастбищные экосистемы деградировали до предела, большие участки земель станут совершенно оголенными и будут заняты преимущественно буристыми и котловинными формами рельефа. Расширение площади пустынных песчаных почв и песков обусловит постепенное распространение псаммофитов.

**Восточный физико-географический микрорегион** занимает восточную часть дельты Амударьи. Общая многолетняя тенденция: эоловое развитие геосистем, эоловое расчленение равнины, засоление солончаков, деградация пастбищ. Прекращение обводнения экосистем еще в 50-х г., интенсификация техногенной эрозии, перевыпас скота (на юге) и усиление рубки кустарников способствовали трансформации природных комплексов субаральной части дельты в значительной

степени. Это хорошо объясняется развитием и широким распространением преимущественно эоловых форм рельефа за счет выдувания дельтовых мелко- и тонкозернистых песков, супесей и суглинков. Наряду с эрозийными, водно-аккумулятивными формами в комплексе встречаются эоловые в виде барханов, суглинистых и супесчаных буртов, супесчано-песчаные чоколаки, прикустовые пески и мелкие бурты и т.д.

Субаральная часть дельты Амударьи находится между обсохшей частью дна моря и орошаемой зоной. Поэтому она является ареной активного воздействия хозяйственной деятельности населения. Самое главное, с орошаемой зоны сюда в восточные понижения сбрасываются оросительные воды распределителей, отработанные воды рисовых полей и т.д. В связи с этим многие понижения рельефа, расположенные даже на значительном расстоянии от орошаемых земель, представляют собой озерно-болотные комплексы, иногда луговые или болотные солончаки. Коллекторно-дренажные воды транспортируются на обсохшую часть дна Арала тремя магистральными коллекторами КС-1, КС-3, и КС-4. В последнее время хозяйства без инженерного проекта сами осваивают целинные земли, которые, как известно, сильно пропитаны солями (остаточные солончаки, солончаковые и солончаковатые такырные почвы, засоленные супесчаные и песчаные почвы).

Растительный покров данной части дельты неразумно используется в пастбищном животноводстве, кустарники, особенно черный саксаул, беспощадно используются для заготовки топлива. Поэтому здесь практически отсутствуют крупные кусты саксаула, даже колуна. Использование многочисленных автомашин, тракторов и беспорядочная охота, сбор древесины ускоряют техногенную эрозию почв, особенно такырных, пустынных песчаных почв, песков, остаточных пухлых солончаков. Деградация почв, с другой стороны, оказывает влияние на антропогенную сухлессию растительности. В этом случае пастбища не только теряют продуктивность, но и уничтожаются из-за сплошного выдувания по густым колеям автомашин. Такырные почвы после хода автомашин часто разрушаются и превращаются в массу супеси и соли, ничем не закрепленных, а в процессе выдувания полностью теряют почвенные свойства, так как обнажаются нижние, более засоленные и плотные горизонты, которые не благоприятны для вегетации не только ксерофитов, но и галофитов.

К концу прогнозируемого времени природные комплексы субаральной части дельты еще больше будут подвергаться трансформации в результате нерационального использования пастбищных, растительных, земельных ресурсов. В значительной степени расширяются площади подвижных песков, дефляции пухлых остаточных солончаков. Такырных и пустынных песчаных почв и песков будет охватывать новые массивы, так как в Каракалпакстане



практикуется освоение новых земель выборочным путем, т.е. осваиваются земли, наиболее благоприятные для поливного земледелия, хотя они располагаются далеко от источников воды и населенных пунктов. Поэтому целинные участки между освоенными будут подвергаться интенсивному изменению, как например, сейчас происходит в районе Туркменкырылтан (между хозяйствами «Каракашпак» и «Курапаш» и др.).

Таким образом, к 2020 г. в субаральной части дельты будут резко расширяться площади, подвергаемые оловым процессам. Будет происходить деградация пастбищ и уменьшение их продуктивной части за счет усиления дефляции (средняя и северо-восточная), интенсифицируется рубка кустарников (хотя газификация населенных пунктов в значительной степени сможет уменьшить заготовку топлива за счет сакаула, колгуна и др. кустарников, но летом чабаны, занимающиеся отгонным животноводством, все-таки занимаются заготовкой дров). Нерациональное использование оросительных вод в поливных землях окружающих пониженных рельефа приведет к образованию гидроморфных комплексов (озерно-болотные и солончаковые геосистемы). К этому времени, очевидно, будут достигнуты определенные успехи по разумному использованию оросительных вод, но в условиях Каракашпакстана значительно водопользование, повидному, будет ниже по сравнению с другими областями.

*Эркиндаринский физико-географический микрорегион* соответствует бассейну одноименной реки. Здесь наблюдается становление и развитие эволюционных процессов: оловое расчленение равнины, возле источников воды – суффозионное явление, в древесных и кустарниковых тугах – деградация и экзогенная сукуссия фитоценозов. Это обусловлено прекращением регулярного разлива реки и уменьшением стока до минимума, иногда стока и вовсе отсутствуют (кроме южной части Эркиндарья), интенсивным снижением уровня грунтовых вод по всей территории ниже 3-5 м, местами больше, высыханием всех озер и болот.

Наблюдается эволюция лугово-такрыных почв. В такрыные лугово-такрыных тугайных – в лугово-пустынные. Лугово-пустынные – в пустынные песчаные и пески. Смена мезофитных фитоценозов – ксерофитными, усиление дефляции (в северной части), рубка деревьев и ненормированный выпас скота в древесных тугах, ликвидация древесно-кустарниковых тугаев для расширения площади поливных земель.

Интенсификация эволюционных процессов опустынивания способствует повсеместному доминированию олового расчленения равнины, сильной деградации древесно-кустарниковых тугаев, вплоть до их высыхания, фоновые почвы становятся такрыными, остаточными солончаками, пустынными песчаными и песками. На юге в результате частого обводнения местами сохраняются суперакальные комплексы, а

в контактной зоне с орошаемыми землями не наблюдается резкого ухудшения состояния мезофитов, почвы-лугово-такрыные в различной степени засоления.

По степени освоенности земельных ресурсов и использованию пастбищных богатств микрорайона его территорию можно разделить на две части: южную (границу можно провести по широте северного склона возвышенности Кусканатау) и северную. В южной части в настоящее время идет интенсивное освоение земельных ресурсов под поливное земледелие. Здесь организован новый Бозаятский лимнистративный район за счет ликвидации древесно-кустарниковых тугаев вдоль протоков. И кустарниковых тугаев (между протоками). Но поскольку освоение земель идет по отдельным массивам, то в ряде ареалов попрежнему сохраняются древесно-кустарниковые тугаи, но они в значительной степени деградированы.

В северной части бассейна, поскольку здесь развивается пастбищное животноводство, тугайные экосистемы пока сохраняются. Однако к западу от магистральной дороги Шейхаман-Казахдарья в сторону русла Эркиндарья еще с начала 1990-х г. начались мелиоративные работы по освоению земель.

По всей вероятности, в южной части бассейна к 2020 г. все целинные земли будут освоены под орошаемое земледелие. Указывая на древесно-кустарниковых тугаев, повидному, будет сохраняться вдоль обводняемых протоков и вдоль главного русла Эркиндарья. В условиях лесных равнин Амударья вовлечение земель в оборот поливного земледелия без соответствующих инженерных мелиоративных подготовительных работ совершенно противопоказано. Так как уже к первому году эксплуатации земель начнется концентрация солей в корнесобитаемом слое почвы, а во втором освоенный массив выйдет из оборота из-за интенсивного подъема уровня грунтовых вод (2-3 м в год).

В северной части бассейна в связи с интенсивным использованием пастбищ к концу прогнозируемого времени их деградация достигнет наибольшей степени, если не будут применены пастбищнооохранные мероприятия, а также и другие срочные пастбищно-мелиоративные мероприятия.

Рубка древесных пород на лесоматериал и топливо будет свывозиться на уничтожении тугайных фитоценозов, в первую очередь, вдоль русла Эркиндарья, а также ее протоков. Деградация, а в последующем уничтожение тугайных зарослей, обусловит ускорение дефляции песчаных и супесчаных фаций, выдувание пухлых солончаков. Наряду с крутостенными котловинами рядом с ними возникнут мелкие бугры и барханы. В этом отношении техногенная эрозия автомашины и тракторов местами может ускорить оловые процессы.

В случае регулярного обводнения тугайных экосистем, организации нормального использования пастбищ и применения



научно-обоснованных мероприятий по борьбе с процессами опустынивания, контролю, за рубкой деревьев (кроме санитарной рубки) в значительной степени можно сохранить и даже улучшить состояние фитоценозов, предотвратить неблагоприятные процессы и в целом оптимизацию природной среды.

Плывово-лежидационные возвышенности занимают отдельные участки дельтовой равнины Аму-дарьи. Среди них выделяются Бельтау (142 м), Кусканатау (138 м), Кызылджар (118 м), Муинактау (138 м) и другие, сложенные образованными палеогена и неогена. В хозяйственном отношении указанные возвышенности используются как пастбища, местами организованы карьеры.

Среди них возвышенность Муинактау наиболее интенсивно изменена в результате хозяйственной деятельности. В настоящее время бывшая рекреационная зона полуострова Муинак полностью разрушена, в результате выдувания морского песка на обсохшем дне моря сформированы различные формы рельефа. Плывовыми исследованиями 2010 г. установлено, что, по всей вероятности, площадь золовых песков здесь будет расширяться и впрямь за счет выноса песка из дна Арала, что связано, с вихревыми (турбулентными) движениями ветра возле крутого (чинкоподобного) отвесного склона возвышенности.

На Муинакской возвышенности растительный покров более разреженный, а в юго-восточной части большие площади почти не имеют ни одного куста растения.

При этом на поверхности возвышенности особенно ближе к г. Муинак местами имеются массивы незащищенных песков, что очень опасно для данного населенного пункта. Местами (северная окраина города, т.е. в районе начала шоссе Муинак-Токамак-Учай) еще в начале 80-х г. возникли небольшие песчаные массивы прямо на улицах и во дворах, крышах строений и т.д.

Есть все основания полагать, что объем и площадь покрытия песка будут постоянно увеличиваться со временем. На возвышенности рубка древесных и кустарниковых пород ведется беспорядочно, посев семян пастбищных культур здесь почти не осуществляется.

Исходя из этого обстоятельства, к концу прогнозируемого времени аральные горные геосистемы приобретут преимущественно золовый характер, сформируются мелкобугристый и мелкобарханый рельеф, свойственный песчаным пустыням, резко возрастает опесчанивание серо-бурых почв и остаточных солончаков.

На возвышенностях Кызылджар и Кусканатау, а также Бельтау несколько увеличится эрозия склонов не только за счет рубки кустарников, но и в результате создания карьеров, техногенной эрозии. В Кусканатау будут интенсифицироваться золовые процессы в связи с возрастанием рубки кустарников и техногенной эрозии.

### 3. ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОСИСТЕМ ОБСОХШЕЙ ЧАСТИ ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ В ПРЕДЕЛАХ УЗБЕКИСТАНА

Обсохшая часть дна Аральского моря является классическим регионом по исследованию динамики опустынивания в многолетнем разрезе. Зону осушки моря в этом аспекте можно изучать в ретроспективе (начиная с 1961 г.). Современном и будущем состоянии, применяя самые различные методы и подходы. Обусловлено высокой динамичностью геосистем, сложившейся тенденцией их изменения, мононаправленностью трансформации природных комплексов. От субкавалных – гидроталогенных до эоловых групп и др. Высокая динамичность геосистем обуславливает быстрое изменение ландшафтных ситуаций в пространстве и во времени, поэтому предвидение этих трансформаций заранее дает информацию человеку об ожидаемых природных процессах и явлениях, имеющих разнохарактерные свойства и особенности. В зависимости от реализуемых свойств и масштабов их развития можно предвзвешенно разрабатывать систему мер по их предотвращению.

Масштабы опустынивания осушки моря несравнимо огромные, еще конкретно не известно, что будет через 10, 15 лет и далее в этом регионе в результате его прогрессирующего усыхания. К настоящему времени уже известны ряд гипотез о последствиях аральского катастрофы, но они часто противоречат друг другу. Человечество трагедией в аридной зоне огромного водоема, существовавшего длительный период, но исчезающего за очень короткое время. В связи с этим, прогноз изменения обсохшей части дна моря со всеми его последствиями в контексте с определением гидрологического состояния и гидрохимических условий Арала в будущем крайне необходим.

На основе результатов прогноза следует разработать стратегию борьбы с негативными процессами и явлениями на осушке моря и определить возможности сохранения моря на определенной отметке. Будущее состояние осушки моря тесно связано с гидрорежимом Арала. Теоретически установлено, что чем на более высокой отметке мы сможем стабилизировать уровень моря, тем в относительно меньших масштабах будут оказывать влияние последствия его усыхания на окружающую территорию, и, наоборот.

#### 3.1. О приемах прогнозирования изменения геосистем осушки моря

Будущее состояние геосистем обсохшей части дна Аральского моря можно прогнозировать разными приемами. Можно осушить проток трансформации природных комплексов по отдельным секторам. Допустим, по секторам бывших заливов (Аджибай, Муинак, Рыбачий и т.д.). Дельты (Аму-дарья, Сыр-дарья, Ак-дарья, Инкар-дарья



и т.д.). Типам коренного берега (попастный, чинкообразный и др.) и т.п. Прогноз можно осуществлять также по отдельным видам ландшафтов осушки моря, но если учитывать высокую динамичность геосистем во времени и в пространстве, то в этом варианте осуществление самого процесса прогнозирования намного усложняется.

Нами осуществлен прогноз по определенным изобатам от коренного берега 60-х г. до уреза воды 2012 г. или до 25,6 м абсолютной высоты (28 метровая изобата).

Удобства прогнозов по определенным изобатам заключается в том, что по ним можно мысленно разрабатывать рабочую гипотезу основных изменений в структурно-динамическом состоянии геосистем, допустим от начала снижения уровня моря до любого года от 1961 г. до 1980, 1990, 2000, 2010, 2020 года. Изобаты, отображая глубину моря, с другой стороны, дают информацию о времени наступления или завершения тех или иных этапов трансформации (эволюции) природных комплексов. Заранее устанавливая среднее значение (коэффициент) снижения зеркала моря, можно предварительно определить, когда же та или иная изобата будет подвергаться вымыванию или станет урезом морской воды и др.

Таким образом, прогнозирование по изобатам имеет свои преимущества и дает достоверную информацию о будущем состоянии природной среды осушки моря.

### 3.2. Методы прогнозирования изменений природных комплексов осушки моря

Главный метод прогнозирования – это логический, также необходимо использовать прогнозный космоиндикационный (ландшафтно-индикационный), экстраполяционный, ландшафтно-эволюционный, математического моделирования, и др., которые дополняют друг друга и контролируют выявляемые научные результаты. *Логические методы* основаны на применении определенной последовательности мыслительных операций и используются или в случае очень простого, или сложного объекта прогнозирования. В условиях обособленной части дна моря исследователь сталкивается с достаточно сложной динамичной системой природной среды, поэтому целесообразно применить логические методы прогнозирования. Прежде всего, здесь прогнозирование отличается в одном макрообъекте последовательного изменения геосистем во времени, вследствие чего логическое мышление позволяет выявлять отдельные поэтапные изменения природной среды. Конечно, все это осуществляется на базе качественных материалов, но детальное ознакомление со структурой каждого этапа изменения геосистем позволяет выявить ряд количественных значений (глубина залегания уровня грунтовых вод, количество солей в почвах, степень минерализации поверхностных и грунтовых вод, и т.д.).

*Прогнозный космоиндикационный метод* основан на результатах дешифрирования снимков. При этом, выявляя отдельные устойчивые элементы рельефа, почвы, растительности и др. компонентов, которые сформировались еще в начале становления отдельных морфологических частей ландшафтов, можно предсказать их будущее состояние, предварительно оценивая их роль в динамике геосистем. В частности, обнажение донных песчаных отложений в пределах обособленной части дна моря позволяет дать много прогнозных информативных материалов для предсказания будущего состояния геосистем, охватывающих эти отложения. Песчаные морские равнины после обнажения из-под воды еще долго будут типичными солончаками, только после снижения уровня грунтовых вод ниже 1-2 м могут слабо подвергаться поверхностному выдуванию. Однако верхний слой песчаных солончаков из-за наличия солей в большом количестве (свыше 3%) обуславливают его уплотнение, при этом присутствие солей натрия хлоридного состава способствует формированию корковых солончаков, что свидетельствует об устойчивости грунта дефляции.

Песчаные засоленные грунты могут подвергаться выдуванию, когда зеркало грунтовых вод будет снижаться ниже 2-3 м и глубже, однако верхний солевой барьер еще долго будет сохранять песок от выдувания. В течение значительного времени под воздействием атмосферных осадков соли растворяются естественным путем, при этом склонность песчаных солончаков к выдуванию постепенно уменьшается.

Постепенно слабая степень дефляции замедляется средней, сильной и одновременно интенсифицируется становление и развитие золотых форм рельефа, которые в дальнейшем будут закрепляться песчанфитами и ксерофитами.

Одним из методических приемов *ландшафтно-прогнозной индикации* является анализ структурно-генетических динамических рядов. Основной объект исследования – пространственные ряды геосистем в пределах определенных полос (экосистем). В пределах осушки моря от уреза морской воды до коренного берега моря наблюдается ряд динамических полос, которые по мере снижения уровня моря сменяют друг друга. Это в основном маршевая зона или маршевые солончаки, далее идут полосы болотных, луговых, типичных солончаков, остаточных солончаков, такырных остаточных солончаков, полого золотых песков.

Поэтому, заранее определив ту или иную геосистему в той или иной динамичной полосе, можно безошибочно предсказать их будущее состояние, ибо они постоянно сменяют друг друга в направлении от современного берега до коренного, т.е. от гидроморфных условий до эволюционных. Однако этот метод эффективен в настоящее время, а через определенное время, в частности, когда берега моря начнут покрываться чистой солью, т.е. сформируются шоры, структура полос в значительной степени изменится. В результате углубления уровня



грунтовых вод в зоне типичных солончаков ниже 5-7 м поверхности на значительной части осушки моря будут развиваться остаточные (эпизодические) солончаки, низкими словами, выраженность нынешних динамичных генетических полей несколько упрощается, и разрабатывать по ним прогноз изменения природных комплексов будет сложно.

### 3.3. Факторы прогнозирования изменения геосистем осушки дна Аральского моря

В прогнозировании трансформации геосистем обсохшей части дна моря ведущее значение имеют литогенные, гидрогенные, биогенные и другие факторы. Об этих факторах и их роли в изменении природных комплексов было сказано в первой главе (параграф 1.4, 1.5) в достаточной мере, поэтому здесь они рассматриваются в сжатом виде.

Основу прогнозирования составляют литогенные факторы, т.е. условия рельефа и литологический состав отложений. Зона осушки моря отличается почти идеальной плоской (уклон от устья Куньядары до центра моря составляет 0,00012-0,00013) равнинностью с постепенным снижением к его центру. С этой особенностью рельефа связан весьма замедленный отток грунтовых вод, сказывающийся на постепенном увеличении степени их минерализации от коренного берега, беспрерывное движение ветра на значительное расстояние, и др. Микрорельеф и отчасти мезорельеф обсохшей части дна моря, несмотря на общую плоскую равнинность, в достаточной степени сложный. Микрорельеф, в общем, то не очень сложный, но частое сочетание повышений и понижений с несколькими приподнятыми водораздельными склонами образует пеструю мозаику. Понижения с относительной глубиной от 10 до 20, реже 30 см часто образуют удлиненную, овальную, изредка круглую форму. Повышения также создают удлиненную местами округлую форму. Переход от понижений к повышению рельефа плавный, почти незамечный, склон между ними достаточно длинный. Своеобразие микрорельефа обсохшего дна моря непосредственно сказывается на характере солебора в почвах.

Геоморфологические особенности Аральской впадины, с точки зрения прогноза развития рельефообразующих процессов, изучены А.С.Кесью и др. (1984).

Литологический состав отложений зоны аэрации преимущественно однообразный. В верхней пачке преобладают супесчанно-суглинистые толщи, переслановатые песками речного генезиса, иногда до больших глубин, резко преобладает мелкозернистый песчаный слой, переслановатый линзами супеси и суглинка; в нижней пачке преобладают отложения тяжелые по механическому составу, но иногда отмечается наличие прослоек песка, алевроитов. В юго-западной обсохшей части дна моря от устья Ордобайзек до субмеридиана бывшего мыса Тирповый хвост отмечается наличие широкой полосы (от 3 до 15 км) отложений

мелкозернистых песков, что хорошо прослеживается на космоснимках. Эта полоса в районе бывшего Тирпового хвоста резко поворачивается на север и продолжается в сторону новой осушки в виде острова, который далее направляется в сторону бывшего острова Дазарев. В связи с сильной пропитанностью солями эта полоса на снимках образует яркую белую окраску, как свежее выпавший снег.

В верхней части склонов впадины преобладают пески, которые покрывают небольшие площади на востоке. По мере перемещения к центру впадины пески сменяются крупнозернистыми, затем мелкозернистыми илами. Днища большинства котловин покрыты глинными илами. Такие илы распространены не только в наиболее глубоких центральной и западной котловинах, где наблюдается зона застоя морской воды, но и в менее глубоких котловинах Малого моря.

Распространение отложений преимущественно тяжелых по механическому составу в комплексе с незначительной расчлененностью рельефа способствует формированию недостаточной дренированности территории, местами зона осушки моря практически не дренирована. Этим особенностям обзано повсеместное соленакопление в зоне аэрации, причем по мере приближения к устью морской воды, количество аккумуляции солей в профилях почвогрунтов (солончаков) увеличивается, поскольку в этом направлении повышается степень минерализации грунтовых вод.

Растительность, как чуткий индикатор изменения солевого состава и объема солей в почвах и грунтовой влаги, считается весьма динамичным фактором в прогнозировании тенденции изменения геосистем, в особенности обсохшей части дна моря. Здесь необходимо хорошо себе представить изменения экологических рядов растительности по мере удаления от уреза морской воды в направлении коренного берега по определенным полосам. Смена растительных сообществ, в связи с изменением экологических условий наблюдается четко и закономерно (от галофитов до типичных песчаных фитоценозов). Однако эта закономерность с изобит 18-19 м будет несколько нарушена, вследствие непосредственного образования шорв за счет испарения грунтовой влаги. Следовательно, примерно с этих изобит на солончаках осушки моря не ожидается появления каких-либо галофитов, тогда этот фактор используется лишь в пределах изобитов 0-18 м.

По мере углубления уровня грунтовых вод и эволюции различных видов солончаков в эволюционной тенденции солевой режим почв несколько изменяется, они становятся ближе, местами глубоко солончаковыми, т.е. происходит рассоление верхнего слоя почвы с накоплением их в нижних горизонтах. Эти экологические изменения в почвах приводят к смене растительных сообществ. Начинают распространяться ксерофиты с повышенной солеустойчивостью.

Наличие значительного объема солей в зоне аэрации почвогрунтов с повышенным содержанием иона хлоридов и натрия вряд ли



дадут возможность вегетации новых сообществ растительности. Поэтому распространение ксеро- и галофитов на новых арелах будет относительно медленным, как это сейчас наблюдается на осушке моря в арелах типичных остаточных солончаков. Не исключено, что остаточные солончаки осушки моря в течение определенного времени будут почти голыми из-за тяжелых условий вегетации.

### 3.4. Прогноз изменения геосистем обсохшей части дна Аральского моря до 2020 года

Берега Аральского моря в геоморфологическом отношении имеют сложный характер: южный и восточный берега более пологие, песчаные (восточное побережье) и суглинистые (южное побережье), в то время как западные и северные (местами) крутые и сложены коренными породами до четвертичного возраста. Вследствие сложного характера берега моря, его днше также имеет различные свойства: в южной и восточной части днше постепенно понижается без каких-либо резких углублений, в то время как в остальной части наблюдается резкие углубления прямо с коренного берега на несколько метров с хорошо выраженными уступами. Эта особенность береговой части определяет свойства природных процессов, развиваемых в осушенной части дна моря на тех или иных участках.

Аральская впадина в морфоструктурном отношении — сложное образование. Она в меридиональном направлении между бывшими полуостровами Муйнак и Куланды пересекается тектоническим валом. Наиболее возвышенные его части образуют бывшие острова Возрождение, Лазарева, Комсомольский и др. К востоку от этого вала впадина имеет выровненный рельеф с преобладанием полого наклонных, слабо террасированных, шельфовых равнин с незначительным уклоном в десятикратной доле. К югу от бывшего острова Баракелмес и к востоку от бывшего острова Возрождение в южном направлении тянется относительно глубокая котловина (длина около 100 км), граница ее соответствует 28-ми метровой изобате. Днше этой котловины в основном плоское. К западу от тектонического вала вблизи восточного чинка Устурта тянется длинный и узкий Предустуртский желоб, к которому приурочены наибольшие глубины моря, граница котловины соответствует 50-ти метровой изобате. Дно желоба в наиболее пониженных местах достигает отметок -16 м ниже уровня моря. От меридиана бывшего острова Возрождения в сторону желоба склон понижается террасообразно с крутыми уступами. Наличие двух котловин в двух частях большого моря определяют характер геосистем будущего состояния осушки моря, когда его уровень снижнется на 30 м. при этом структурно-динамическое состояние геосистем западной и восточной частей будет резко отличаться между собой из-за характера расчленения рельефа.

**Изобата 0-5 м.** Окончательно вышла в период 1961 (53,3 м абс.) - 1976 (48,4 м абс.) гг. При этом в южных заливах, особенно в Алжибайском, Муйнакском и Рыбачском, а также в зоне Акпеткинского архипелага обнажилась значительная часть дна Арала. А в пределах юго-западного берега, где чинк Устурта вплотную подходит к берегу, укая полого. Данная полого осушки моря в преобладающей части сложена в верхней части песчаными донными отложениями речного генезиса, под ними лежат преимущественно иловатые глины и илы, иногда суглинисто-супесчаные грунты, переслаивающиеся алевритами и песками. По мере высыхания дна моря в этой полого, пески стали подвергаться переработке процессами дефляции. В настоящее время здесь сформировались типичные эоловые формы рельефа: барханы, буристы, прикустовые (фитогенные) пески, котловины выдувания и др. Современное состояние природных условий эоловых песков изобат 0-5 м в достаточной степени охарактеризовано в научном отчете Отдела географии Института сейсмологии АН РУз за 2009-2011 гг.

Развитие эоловых песков в направлении совершенствования отдельных форм рельефа продолжается. Под воздействием ветра, особенно северного и северо-восточного, а иногда западного румбов, буристы, барханные пески приобретают типичные морфологические формы, наблюдается их укрепление, т.е. рост в высоту, длину и ширину. К концу прогнозируемого времени нынешние мелко- и среднебуристые пески становятся крупно- и высоко-буристыми до высоты 4-6 м, мелко барханные и средние барханные пески — крупно- и высоко барханными до высоты 4-6 м и более.

Барханные цепи в начале, 2020 г. начнут переходить в стадию формирования грядовых песков, так как к этому времени будет увеличиваться количество параллельных барханных цепей. Новые барханы, очевидно, будут формироваться в тыловой части пологих эоловых песков за счет выдувания донных песков и накопления песка, транспортируемого ветром с северных территорий. Для пологих эоловых песков будут характерны буристо-барханные пески. А в контактной зоне с остаточными такрыными солончаками. Кучевые пески в комплексе с буристыми.

В прогнозировании развития эоловых песков необходимо учитывать степень закрепления псаммофитов. К северу от Рыбачского пологоа подвижные пески в настоящее время закреплены в достаточной степени пескололюбивыми сообществами, в частности, черкезом, черным саксаулом, колуном, в нижнем ярусе — эфемерами, однолетними солонками. Проектное покрытие растительности устойчиво усиливается. Это достигнуто в результате посева семян псаммофитов. В то же время в окрестности г. Муйнак, особенно возле бывшего склада нефтепродуктов, пески на большей площади подвижны, наблюдается наступление песка в сторону бензозаправочной станции. К концу 2020 г. значительная часть эоловых песков изобат 0-5 м будет закрепляться реличными псаммофитами, ксерофитами и др. группировками. Это



подтверждается, прежде всего, завершением формирования эоловых форм рельефа в этот период и переходом в этап закрепления растениями.

Мощность подвижных песков увеличивается от тыловой части пологой в сторону коренного берега булгуристых, барханных песков. Дальнейшее развитие выдувания субстрата за счет расширения ареллов эоловой переработки донных песков приводит к увеличению ширины песчаной пологой. В районе бывшего залива Аджибай она достигает 15-18 км и более, в Рыбальском – 12-14 км, в районе Узукинар (к востоку от бывшего мыса Аккала) – 10-12 км и более. На юго-западном берегу, подчиненом Устурта, ширина эоловых песков достигнет не менее 1-2 км. Наиболее широкая эоловая зона возникнет к северу от бывшего Мунайского полуострова, здесь в северном направлении танется песчаная пологой, обнаженная в период второй пологини 80-х г. Здесь ширина эоловых песков будет не менее 7-8 км, местами до 10 км.

На новых площадях аренды действия ветра из-за малой мощности подвижных песков будут развиваться мелко- и отчасти среднелестристые формы рельефа в комплексе с мелкими барханами (высота до 1 м). Закрепление подвижных песков растительностью будет происходить интенсивнее из-за близкого залегания уровня грунтового потока, идущего со стороны озера Сулучье, Мунайского, Рыбальского водоемов.

В конце 80-х г. институтом Угипромнефтегаз был подготовлен проект строительства водоема в районе бывшего залива Аджибай, имеющего рыбохозяйственное значение, объем чаши 290 млн. м<sup>3</sup>, расчетная водоподдача 821 млн. м<sup>3</sup>/год. Если проект этого водоема был бы реализован до 2005 года, то закрепление песков до определенного расстояния было бы интенсивным. Это касается также бывшего Мунайского и Рыбальского заливов, где запроектированы одноименные водоемы с проектными объемами 300 и 335 млн. м<sup>3</sup>. В целом в зоне инфильтрации указанных водоемов подвижные пески подвергнутся зарастанию значительной плотности различными растительными сообществами (мезофиты, ксеро- и галофиты).

Бывший залив Джигитырбас превращен в озеро-болотный комплекс, в связи с притоком сюда стока Казахдары и коллектора КС-1, этот комплекс и впредь будет функционировать, поскольку сюда направлен сток указанных сетей с достаточным объемом воды.

В устье коллектора КС-3 в субмеридиональном направлении сформирован также озеро-болотный комплекс. Акватория, которого сильно меняется в зависимости от количества стока, в некоторые годы он сливается с Джигитырбасским комплексом на периферии, т.е. в зоне влияния этого комплекса подвижные пески, суда по космическим (2000-2012 гг.), закреплены мезофитами и галофитами, и в будущем этот процесс сохранится.

Бывший Актеткинский архипелаг, ныне окончательно высохший, претерпевает континентальное дефляционно-галохимическое изменение. Сюда же поступает сток коллектора КС-4, который формировал также озеро-болотный солончаковый комплекс. Бывшие филлярионные озера и заливы высохли, но в глубоких котловинах еще сохраняются активные солончаки, покрытые рассолами, некоторые солончаки окончательно высохли и превратились в соляные залежи. К концу прогнозируемого времени все солончаки – шоры перейдут в суходольный этап эволюции, т.е. превратятся в соляные залежи, некоторые (в основном мелкие) засыпятся песком. Градо-булгуристые пески между ними будут закрепляться псаммофитами, но склоны их будут обогатиться кристаллами солей (пушонками тенардита), в также типа, которые будут выдуваться с шоров. Поэтому, ветствания псаммофитов будет затруднена, широкое развитие, возможно, получат ксеро- и галофиты в разреженном виде.

**Прогноз по изобити 6-10 м.** Эти изобиты соответствуют открытой части осушки моря, за пологой высохших заливов и многочисленных островов (архипелагов) осушенной части дна моря, где оно становится более ровным и просторным с однообразным плоским рельефом. Данная пологой окончательно высохла в течение 1977 (48,3 м абс.) - 1984 (43,1 м абс.) гг. В те годы она представляла собой типичные солончаки, всюду преобладали луговне, корковые и пухлые солончаки с активным соленакоплением. Развитие соленакопления после отступления моря непосредственно связано с плоским рельефом осушенного дна моря, доминирование тяжелых по механическому составу грунтов (сочетание средних и тяжелых суглинков с тонкозернистым песком и глиной, илом), которые обуславливают весьма замедленный подземный отток грунтовых вод, а местами практически полную бессточность, что сказывается на расходе грунтовой влаги. Именно из-за расхода значительной части грунтовой влаги на испарение происходит концентрация большого объема солей в активной зоне аэрации.

В настоящее время активные солончаки этой пологой в основном перешли в этап суходольного развития, так как уровень грунтовых вод в преобладающей части территории лежит на глубине 5-7 м и ниже. Лишь в средней пологой обсохшего бывшего дна залива Аджибай и западной пологини бывшего Мунайского залива. Из-за затопления и подтопления со стороны озера Сулучье в относительно многоводные годы уровень грунтовых вод приподнимет, местами составляет 0,5-1,0 и 1-2 м, а в основном 2-3 м, т.е. здесь распространены типичные солончаки в комплексе с луговыми и болотными. В устье протока Аккай также в результате разлива воды формировались болотные геосистемы в комплексе с луговыми и болотными солончаками. В устье р. Кунадыры при наличии стока в русле в отдельные годы развиваются гидроморфные комплексы в сочетании с озерными.

Озеро-болотный комплекс Джигитырбас имеет прямой выход к морю, особенно явно это выражено в годы многоводья. Ширина



прохода колеблется от 3 до 5-6 км и более. Влияние субаквальных комплексов на периферию составляет от 200 до 300-400 м. Динамика супераквальных и субаквальных комплексов здесь полностью зависит от режима водности прохода: при сужении водного тракта расширяются площади галофитных комплексов, при расширении — субаквальных. Таким образом, структурно-динамическое состояние геосистем изобьют 6-10 м в достаточной степени сложное, что обуславливает также сложность их будущей структуры в связи с различными уровнями режимами грунтовых вод.

В контактной зоне с полосой золотых песков на относительно плоских равнинах наблюдается сочетание солончаков с отдельными локальными формами золотых аккумулятивных песков. Здесь отмечается развитие сарсазановых солончаков, которые в настоящее время перешли в этап отаквирования. Верхний слой под воздействием атмосферных осадков рассолевается, соли накапливаются в нижних горизонтах почв. Обессоливание самого верхнего слоя обуславливает формирование мелких трещин, они же в результате влияния ветра и солнечных лучей приобретают типичный такровидный характер.

К концу 2020 года эти солончаки приобретают типичные такровидные свойства в комплексе с мелко и среднебулгуристыми золовыми формами. Сарсазановые сообщества замаскированы, черносаксауловыми, оставшиеся такровидные солончаки, возможно, также будут по отдельным ареалам заняты черным саксаулом в комплексе с однолетними солонками и другими полукустарниками, характерными для засоленных такровых почв.

Остаточные типичные солончаки, которые в настоящее время находятся в стадии становления, формирования, в начале 2020 года перейдут в этап отаквирования, уже сейчас на локальных участках наблюдается этот процесс. Со временем по мере интенсификации процессов рассоления и такрообразования остаточные солончаки приобретут свойства отаквирования. Пухлые солончаки, подвергавшись выдуванию и вымыванию, лишатся пухлого слоя, нижний относительно уплотненный горизонт, растрескиваясь, образует трещины, заполненные солевыми кристаллами, мелкозернистым и битыми ракушками. Но это будет характерно для повышенных участков рельефа, в то время в понижениях, депрессиях, занятых корковыми солончаками, переход в этап отаквирования, очевидно, будет происходить относительно медленно из-за наличия большого количества солей в верхнем горизонте почв. Обычно корковые солончаки в связи с уплотненностью верхнего солевого горизонта (присутствие в значительном количестве солей натриево-хлоридного состава обуславливает образование плотной солевой корки) в меньшей степени подвергнутся рассолению и выдуванию.

Остаточные корковые солончаки позже перейдут в этап отаквирования. Кроме того, поскольку они занимают пониженные рельефа, здесь наблюдается постоянное накопление солей, вымытых со

склонов и периферийных участков, что также будет отрицательно сказываться на новой стадии развития.

Формирование новых эволютивных геосистем за счет эволюции остаточных солончаковых комплексов в большинстве случаев зависит от механического состава почвогрунтов. Суглинистые и глинистые солончаки после перехода в эволютивную стадию развития в дальнейшем обуславливают становление такровых геосистем с соответствующими растительными сообществами. Солончаки, имеющие песчаный механический состав, в эволютивной стадии развития способны зарождению, становлению и развитию пустынных песчаных почв и песков засоленного типа. Следовательно, на базе этих солончаков образуются золотые песчаные природные комплексы с ксерофитными сообществами. В пределах осушки моря лонные пески занимают значительную площадь, но всюду они образуют песчаные солончаки из-за наличия большого количества солей в их профилях (свыше 3-5%). Песчаные отложения, судя по большой их водопроницаемости, больше будут подвергаться рассолению и высушиванию. Поэтому в ареалах распространения песка (бывший залив Аджийбай, Муинякский, западная половина Ахметкинского архипелага, восточная часть осушки моря и др.) будут формироваться золотые формы рельефа.

Таким образом, будущее структурно-динамическое состояние геосистем изобьют 6-10 м различное, темпы становления и развития некомплексов в зависимости от характера литогенной основы будут наблюдаться дифференцированно, поэтому к концу прогнозируемого времени появятся природные комплексы с различным динамическим состоянием и морфологическими структурами. В связи с этим в будущем геосистемы осушки моря в этой изобье будут более разнообразными с различными структурно-динамическими состояниями.

**Прогноз по изобье 11-17 м.** Данная полоса осушки моря стала развиваться как континентальная геосистема с 1985 г. (43,0 м абс.), в 1994 г. зеркало моря снизилось почти на 17 м, что соответствует 36 м абсолютной высоты. Поскольку берет моря прогрессивно отступает ежегодно, площадь этой полосы также устойчиво расширяется. В то время ее тыловая часть в результате углубления уровня грунтовых вод ниже 5-7 м от поверхности постепенно приобретает природные свойства предыдущей изобьют. Поэтому геосистемы этой изобьют в значительной степени динамичны.

Однако в многоводные (1992 г. - 28,9 км<sup>3</sup>, 1993 г. - 18,8 км<sup>3</sup>, 1994 г. - 21,7 км<sup>3</sup>, 1998 г. - 23,9 км<sup>3</sup>) годы с поступлением из русла Ордобайзека значительного количества стока в море его зеркало стало снижаться медленнее. Так как количество расхода воды на испарение приближается к величине приходной части водного баланса, включая объем атмосферных осадков, грунтовых вод. В связи с этим в дальнейшем (если сток реки свыше 30 км<sup>3</sup> в год) не будет наблюдаться



резкого снижения акватории Араба. В этом случае, по мере повышения (средняя солёность 70-90 г/л) минерализации вод моря в зоне будущих маршевых солончаков, непосредственно будут откладываться соли сульфатно-хлоридного состава с повышенным содержанием натрия. При условии уменьшения стока реки Амударья (менее 30 км<sup>3</sup> в год) отложение солей ещё больше увеличится. Однако это событие будет происходить при условии повышения солёности морской воды около 80-100 г/л. Для достижения этого предела минерализации уровень моря должен снизиться ещё на несколько (3-4 м) метров.

Развитие солёнок в будущей маршевой зоне будет способствовать широкому распространению шоров, что не позволит вегетации даже супергалофитов. Стабилизации или, по крайней мере, замедленного спада уровня моря будет сказываться на повышении минерализации грунтовых вод в зоне распространения будущих луговых солончаков, так как замедленный отток грунтовой влаги приведёт почти к полному их расходу на испарение. Следовательно, этим обусловлено также накопление в зоне аэрации солончаков значительного количества солей. Близкое залегание уровня грунтовых вод (2-3 м) в зоне распространения луговых солончаков в связи с замедленным снижением уровня большого моря обусловит их развитие в этой стадии ещё долгое время. Но концентрация солей в чрезвычайно большом количестве не будет позволять вегетации галофитов. Возможно, следует ожидать разреженного покрова однолетних солянок, преимущественно по повышению рельефа, где в верхних горизонтах почв солей содержится относительно меньше. По понижению рельефа распространятся корковые солончаки без растительного покрова.

В юго-западной части осушки моря, т.е. между тектоническим валом Муинак-Куланда и руслом Ордобаузок, где обнажаются пески речного генезиса. Но сильно обогащённые солями по всему профилю, представляющих собой песчаные солончаки с преимущественно высокими односторонними солонками, к концу прогнозируемого времени в пределах изобаты 11-13 м будут развиваться остаточные солончаки. К этому времени уровень грунтовых вод будет снижаться до 7-8 м и более.

Высыхание верхних горизонтов песков будет увеличивать их податливость к выдуванию. Поэтому здесь следует ожидать появления золовых форм рельефа, сильно обогащённых солями, следовательно, растительный мир будет иметь сложный состав, включений и псаммофиты, и галофиты. Но в начальном этапе формирования и развития буристых и барханных форм рельефа растительность вряд ли будет охватывать большие арёалы. Поэтому в стадии становления и развития золовых форм рельефа здесь будут характерны голые подвижные пески под воздействием северо-восточных и западных ветров.

Подвижные пески будут развиваться также в зоне тектонического вала Муинак-Куланда, конечно, подвижные пески будут занимать верхние горизонты песчаного грунта, а нижние из-за влажности долго не будут поддаваться выдуванию, дефляции может задерживать сильная обогащённость песка солями, увеличивающая плотность верхних горизонтов (соли будут цементировать песчаные зёрна). Другие части песчаных солончаков будут подвергаться аридной дефляции в последующий период, когда уровень большого моря снизится на 26 м.

По нашему анализу, песчаные массивы под воздействием северо-восточных ветров могут ежегодно мигрировать в сторону северо-восточного склона возвышенности Муинакту и северных склонов бывшей Песчаной косы. Продолжение узкого коридора от северо-западного угла бывшего полуострова Муинак до бывшего мыса Тигрового хвоста, также от южной периферии тектонического вала в сторону обсохшего бывшего дна залива Аджибай. При этом навойные пески и вообще песчаные отложения могут покрыть значительную часть осушки моря не только на юге, но и на востоке обсохшего дна Араба.

Анализ будущего состояния на 2020 год геосистем по изобате 11-17 м показывает, что здесь ожидаются серьёзные изменения в структурно-динамическом состоянии солончаковых комплексов. Это непосредственно связано с повышением минерализации морской воды, верховьями и грунтовыми вод осушки во времени.

Нынешние типичные и частично луговые солончаки перейдут в этап суходольного развития в связи со снижением зеркала грунтовых вод до 7-8 м и более. При этом в тех геосистемах, где распространены песчаные засоленные отложения, следует ожидать развития золовых форм рельефа. Аридные процессы будут обуславливать зарождение, становление и развитие преимущественно котловинно-буристых и барханных песков. Параметры этих форм рельефа в начале, 2015 г. будут иметь небольшие величины (высота бугров и барханов не более 1-1,5 м), а в последующем в период 2015-2020 гг. достигнут своих максимальных величин, и постепенно зарастут псаммофитами и ксерофитами в комплексе с галофитами.

Нынешние луговые солончаки в начале, перейдут в этап типичных солончаков, но он будет продолжаться относительно долго вследствие постепенного снижения уровня моря.

В дальнейшем по мере углубления зеркала грунтовых вод типичные солончаки приобретут признаки элювиальных солончаков. При этом, если верхние горизонты солончаков состоят из песка и аллювия, на их месте сформируются золовые формы рельефа, а из сулинка и сулеси — остаточные солончаки без аридной дефляции.

Маршевые солончаки постепенно эволюционируют в болотные и луговые, а в дальнейшем — в корковые солончаки. Содержащие значительное количество солей в солончаках не дадут возможности вегетации в них однолетних солонков, т.е. здесь будут развиваться голые маршевые, луговые и типичные солончаки.



Обычно луговые солончаки определяются, судя по растительному покрову, но поскольку в данном случае солонки будут отсутствовать, то их можно назвать «владельными» или «морскими» солончаками.

**Прогноз по изобите 18-30 м.** Данная полоса осушки моря стала разбиваться также как континентальная геосистема с 1995 г. (35,0 м абс.), по 2012 г. (25,6 м абс.). В 2012 г. зеркало моря снизилось почти на 28 м, что соответствует 25 м абсолютной высоты.

По нашим прогнозам к 2015 г. уровень моря снизится на 32,5 м и достигнет отметки 20,5 м абсолютной высоты. Площадь осушки составит 60 тыс. км<sup>2</sup>, из них более 25 тыс. км<sup>2</sup> будут заняты солончаковыми равнинами, лишенными растительности, около 35 тыс. км<sup>2</sup> станут зоной проявления активных дефляционно-аккумулятивных процессов.

Начиная с 2005 года сток реки Амударьи вообще перестал, доходит до Арала. Уменьшение стока реки связана с маловодными годами, которая сохраняется, и по сей год. При этом береговая линия моря отошла на 200-250 км от устья реки Амударьи.

Интенсивно происходит дебаланс моря, т.е. расходная часть в данном этапе (с 2005 г.) только испарение с акватории моря. Прогрессивно увеличивается солёность моря. В этом случае, по мере повышения (средняя солёность моря на 2012 год составляет 140 г/л) минерализации вод моря в зоне будущих маршевых солончаков, непосредственно будут откладываться соли сульфатно-хлоридного состава с повышенным содержанием натрия. При условии уменьшения объема воды моря отложение солей еще больше увеличится.

Поскольку берег моря прогрессивно отступает, ежегодно площадь этой полосы также устойчиво расширяется. Интенсивное испарение с поверхности акватории моря способствует солёнокоплению в зоне аэрации. По мере снижения уровня моря процессы солёнокопления будут охватывать новые участки, освобождаясь от воды, и верховодка будет близка к поверхности большей части территории.

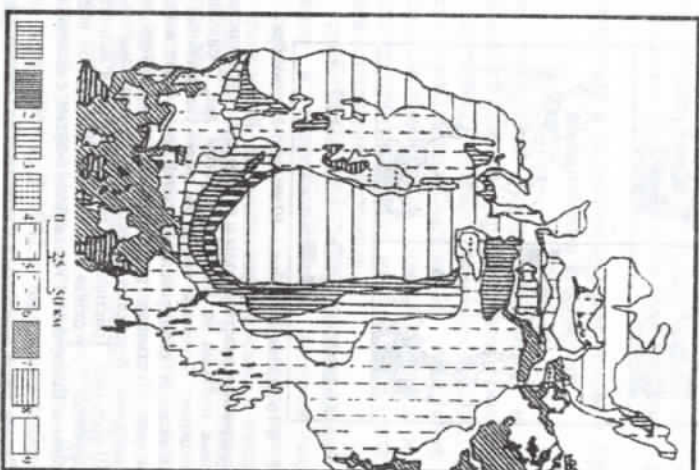
Солёнокопление будет происходить особенно интенсивно в новых лагунах. На дне их образуются солончаки смешанного состава с преобладанием хлоридов, а преимущественно сульфатные с пятнами чистых сульфатов на склонах лагун.

Сульфатные солончаки займут в лагунах меньшую площадь, но именно они представляют основную опасность, поскольку не зарастают растительностью, а соли из них легко подвигаются ветровому выносу.

Для прогнозирования сезонных изменений ландшафтов бывшего морского дна составлена карта природно-территориальных комплексов Приаралья, на которой охарактеризованы террасы трех уровней, сформировавшиеся 1-2 года назад (2005-2006 гг.), 5-6 лет назад (2001-2002 гг.) и 30-40 лет назад (1967-1977 гг.) (рис. 3.1).

По снимкам, сделанным в апреле, мае, июле и сентябре 2007 года, впервые составлена серия карт сезонных изменений состояния природно-территориальных комплексов (рис. 3.2).

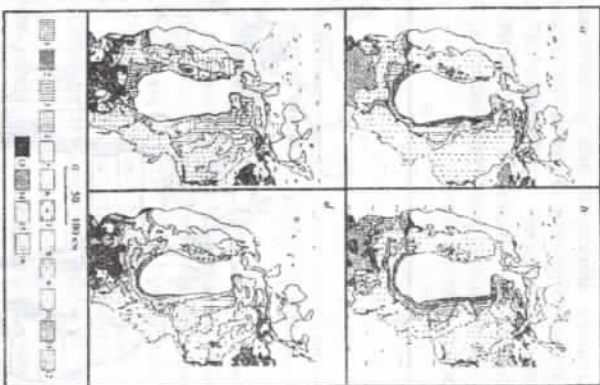
Освоение бывшего морского дна растительностью (однолетние галофиты, затем полукустарнички) из-за разреженности покрова на снимках не замечено, но хорошо отображаются сезонные изменения влажности и солёности бывшего морского дна, наряду с фенологическими изменениями растительности окружающих пустынь и тростниковых зарослей в дельтах рек.



1-начин (чередование участков воды и сухого дна). Бывшее морское дно, освободившееся от воды в разное время, 2-1-2 года назад – террасы 1-ого уровня (плотные пустыни без растительного покрова, при обсыхании покрывающиеся солевой коркой), 3-по 5-6 лет назад – террасы 2-ого уровня (булынисто-иловые пустыни с солончаковой полукустарниковой растительностью, с солонками корками по краям полог улаживания, подернутые процессами дефляции и формирования эолового рельефа в начальной стадии), 4-по 30-40 лет назад – террасы 3-его уровня (песчано-солончаковые пустыни с участками псаммофитно-кустарниковой растительности, чередующимися с солонками и некарпентными песками, с развитыми процессами дефляции и формирования эолового рельефа, 5-глинистые и песчаные пустыни коренной флоры с псаммофитно-кустарниковой и саксауловой растительностью, 6-дельтовые равнины с опустыненной травянистой и кустарниковой растительностью, 7-тростниковая растительность в дельтах рек и по морским берегам, 8-солончаки, озера, временные водоемы, 9-морская акватория.

Рис. 3.1. Карта природно-территориальных комплексов Приаралья





а-16 апреля, б-18 мая, в-10 июня, д-19 сентября

1-марши (чередование участков воды и сухого дна), 2-сильно увлажненные, 3-умеренно-солончаковые пустыни на бывшем морском дне, 4-обсохшие, 5-солонные корки по краям увлажненных участков бывшего морского дна, 6-осаждение дефлорированных солей и солевые выцветы на обсохших участках бывшего дна, 11-устойчивая растительность на участках коренной суши, 7-ветвирующая (фемеровая), 8-устойчивая растительность в дельтовых равнинах, 9-ветвирующая, 10-устойчивая, 11-устойчивая растительность в дельтах рек и по морским берегам, 12-ветвирующая, 13-открытый водной поверхностью, 14-затопленные тростником, Солончаки, 15-влажные, 16-сухие, с солевой коркой

Рис. 3.2. Серия карт сезонных изменений состояния природно-территориальных комплексов в 2007 году

#### 4. ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ АРАЛЬСКОГО МОРЯ ДО 2020 ГОДА

В период квазистационарного состояния водоема 1900-1960 годов на отмеске, близкой к 53 м, общая площадь Арала, включая острова, составляла 68320 км<sup>2</sup>, наибольшая глубина 69 м. Ширина моря по параллели 45° составляла 265 км, наибольшая длина по средней линии моря 482 км. Длина береговой линии превышала 4430 км.

На Арале в этот период насчитывалось около 1100 островов суммарной площадью 2235 км<sup>2</sup>. Абсолютное большинство было

представлено малыми прибрежными островами, которые в сочетании с мысами, заливами, отступившими водоемами, формировали своеобразный, так называемый «аральский» тип берегов, играющий важную роль в стабилизации химического режима водоема. Крупные острова – Кокарал (311 км<sup>2</sup>), Барсакельмес (170 км<sup>2</sup>). Возрождение (169 км<sup>2</sup>) очерчивали особенности макрорельефа котловины. За 48 лет водоем, водная поверхность которого достигала 66,1 тыс. км<sup>2</sup> и объем более 1000 км<sup>3</sup>, сократил свою площадь до 8,82 тыс. км<sup>2</sup>. Суммарный объем Малого и Большого моря к 2008 году сократился до 94 км<sup>3</sup>.

#### 4.1. Гидрологические и гидрохимические условия Аральского моря до снижения его уровня

Изучение изменений гидрологических и гидрохимических условий Аральского моря представляет большой научный и практический интерес, особенно в современных условиях, когда происходит его интенсивное усыхание. Аральское море является уникальной лабораторией, где можно наблюдать весь комплекс негативных последствий усыхания моря в результате антропогенного вмешательства в естественный режим.

В этой главе приведен обзор исследований по изучению гидрологического и гидрохимического режима моря в условно естественный период, в период с 1961, когда начала проявляться тенденция их изменений, по настоящее время, а также дан прогноз возможных изменений гидрологических и гидрохимических условий Аральского моря до 2020 г.

Систематические наблюдения за уровнем моря начались на ст. Аральское море в мае 1909 г. и проводились они по июлю 1983 г. Однако началом инструментальных уровней наблюдений на ст. Аральское море считается 1911 г. С 1925 г. начались наблюдения за уровнем в южной части моря на ст. Муинак, проводившиеся с перерывами по июлю 1964 г. В 1942 г. на южном побережье моря была открыта ст. Тигровый, проводившая наблюдения за уровнем моря до июля 1979 г.

Для освещения гидрологического режима центральной части Аральского моря на острове Возрождение в 1936 г. открыта ст. Возрождение, которая прекратила работу в 1949 г., и в том же году была открыта ст. Барсакельмес на одноименном острове.

В 1940-1941 гг. на островах у восточного побережья Аральского моря открыты станции Узункаир и Уйлы. Позже, в 1960 г., началось наблюдение за уровнем моря на ст. Баян, расположенной на восточном побережье моря в районе дельты Сырдарьи и заменившей ст. Узункаир, закрытую в 1961 году. Станции Баян и Уйлы прекратили наблюдения за уровнем моря в июне 1983 года.

В наименьшей мере освещен уровень режим западного побережья. Здесь с 1948 г. по 1964 г. работала ст. Актумсух. В 1961 г. в



ножной части Большого моря была открыта ст. Лазарева на ономимном острове.

За период систематических наблюдений за уровнем моря число одновременно действующих станций и уровней постов изменялось от 1 (с 1911 по 1925 гг.) до 10 (1964 г.). В период с 1942 по 1979 гг. на Аральском море одновременно работало от 6 до 10 гидрометеорологических станций и постов. С июня 1983 г. наблюдения за уровнем моря проводятся только на двух островных станциях — Барсакельмес и остров Лазарева, а также с 1999 года восстановлено наблюдение за уровнем моря на ст. Актумск.

**Многолетние колебания уровня моря** связаны с чередованием фаз изменчивости общей увлажненности Евразии и материков северного полушария (около 1850 лет). За последние 4-4,5 тыс. лет для района Аральского моря А.В. Шнитниковым (1961) были выделены три длительных периода многоводья. Первый — от первой половины третьего тысячелетия до конца второго тысячелетия до нашей эры; второй — от первой половины первого тысячелетия нашей эры, и третий — от середины второго тысячелетия нашей эры до современного периода. Между периодами многоводья отмечались относительно маловодные периоды. В многоводные периоды происходило затопление Сарыкамышской впадины, образование оз. Сарыкамыш и возникновение периферического стока по ныне сухому руслу Узоя в Каспийское море. По В.П. Львову (1959) размах колебаний уровня Аральского моря в многоводный период достигал 6 м и более.

Колебания уровня Аральского моря за последние 200 лет восстановлены по косвенным признакам Л.С. Бергом (1908) и В.П. Львовым. Проведенные ими исследования показывают, что за указанный период было три фазы высокого стояния и две фазы низкого.

С конца XVIII в. до 60-х годов бывшего столетия уровень моря стоял высоко, на отметках около 53 м абс. В некоторые периоды отмечалось понижение его уровня до 50 м абс. но в сравнительно короткие периоды он вновь поднимался до отметки 53 м абс, приближаясь временами к 53,4. Таким образом, размах колебаний уровня Аральского моря в этот период достигал 3 м. этому же периоду характерна относительно стабильность уровня моря. Сравнение фаз трансгрессий и ретрессий Аральского моря с развитием орошения в низовьях Амударьи и Сырдарьи подтверждают вывод о том, что непосредственной связи здесь не наблюдается.

**Водный баланс Аральского моря** рассчитывался неоднократно многими исследователями. Первые водные балансы составлены в конце XIX и начале XX в.в. Ф.Б. Дорантом, Л.С. Бергом, и В.В. Цинзерлингом. В дальнейшем исследованиями водного баланса занимались Б.Д. Зайков (1952) и В.С. Самойленко (1955). Вопросом водного баланса Аральского моря в последующем занимались В.Л. Шульц и Л.И. Шалатова (1964), С.П. Павлов (1964), З.А. Винулина (1967), И.М. Черненко (1972) и др.

В этих работах водные балансы Аральского моря составлены за различные периоды времени с неодинаковыми климатическими условиями и режимом моря.

Для замкнутого бессточного Аральского моря оптимальным вариантом для расчета водного баланса в линейных единицах является следующее уравнение

$$\frac{V_e + P + \frac{V}{S} - E - \frac{V_f}{S} = \Delta H \delta \quad \dots \dots \dots (4.1)$$

где:  $V_e$  - суммарный речной сток;

$P$  - атмосферные осадки, выпадающие на поверхность моря  $S$ ;

$V_f$  - подземный приток воды;

$E$  - испарение с поверхности моря;

$V_f$  - фильтрация морских вод в грунт дна и берегов;

$\Delta H \delta$  - приращение уровня моря, вычисленное по уравнению водного баланса.

Водный баланс Аральского моря был рассчитан по указанному выше уравнению для периода квазистационарного режима моря (1911-1960 гг.) (таблица 4.1).

#### Характеристика составляющих водного баланса

**Речной сток.** Поверхностный приток к Аральскому морю осуществляется через р.р. Амударья и Сырдарья, естественные водные ресурсы, которых в зоне формирования стока оцениваются примерно в 75 и 35 км<sup>3</sup> в год соответственно.

Средние многолетние значения водного баланса Аральского моря для периода стабилизации

Таблица 4.1.

| Период    | Приток   |        |           |      | Расход |       |      |      | Водный баланс   |     |                 |      | Фактическое приращение объема и уровня |    |                 |    | Неплатный баланс |    |                 |    |
|-----------|----------|--------|-----------|------|--------|-------|------|------|-----------------|-----|-----------------|------|----------------------------------------|----|-----------------|----|------------------|----|-----------------|----|
|           | Сток рек | Осадки | Испарение |      | Сток   |       |      |      | км <sup>3</sup> | см  | км <sup>3</sup> | см   | км <sup>3</sup>                        | см | км <sup>3</sup> | см | км <sup>3</sup>  | см | км <sup>3</sup> | см |
| 1911-1960 | 56,0     | 84,7   | 9,1       | 13,8 | 66,1   | 100,0 | -1,0 | -1,5 | 0,1             | 0,1 | -1,1            | -1,6 |                                        |    |                 |    |                  |    |                 |    |
| 1951-1960 | 58,2     | 87,3   | 9,2       | 13,8 | 66,0   | 99,1  | 1,6  | 2,0  | 4,5             | 6,7 | -2,9            | -4,7 |                                        |    |                 |    |                  |    |                 |    |

Вассейны рек Амударья и Сырдарья являются районами древнего орошения, наглядывающего отпечаток на сток в течение длительного времени. С начала XX века до настоящего времени площади орошаемых земель увеличились более чем в 2 раза.

Данные об отборах воды на орошение до 1950-х годов очень ограничены, объемы безвозвратных изъятий стока колебались в незначительных пределах и составляли примерно 26-33 км<sup>3</sup> в год. С начала 1950-х годов безвозвратные изъятия стока стали заметно увеличиваться и достигли к 1960 г. 40 км<sup>3</sup> в год.

Сток Амударьи в Аральское море в большинстве случаев определяется по измеренным расходам воды у кишлака Чаглы, расположенного в вершине дельты на расстоянии 240 км от устья.



Потери речного стока в дельте определялись для относительно многоводного периода (1951-1960 гг.) по осредненным трафикским зависимостям, полученным из наблюдений над стоком в створах Чатыл и Темирбай за годы одновременной работы в 1955-1960 гг. с учетом поступления части стока в море по Казакхдарье, малым протокам и тропам. Для периода квазистационарного режима моря потери стока в дельте Амударьи оценивались в размере 6-10 км<sup>3</sup>. Потери стока в дельте Сырдарьи в этот период они принимали равно 0,3 км<sup>3</sup> в год, а в многоводные годы они достигали 1,5 км<sup>3</sup>.

Средние многолетние значения суммарного притока речных вод к Аральскому морю для периода 1911-1960 гг. составили 56 км<sup>3</sup>, а для относительно многоводного периода 1951-1960 гг. 58,4 км<sup>3</sup> в год.

**Атмосферные осадки.** Количество атмосферных осадков, выпадающих на акваторию Аральского моря, невелико. Согласно расчетам, осадки по акватории моря распределяются неравномерно, и наблюдается постепенное уменьшение годовых сумм осадков с севера на юг от 15,0 до 11,0 см. В центральной части моря их выпадает 11,0-12,5 см осадков.

В сезонном ходе количества осадков март-апрель и октябрь-ноябрь отличаются максимальным количеством, минимальное количество осадков выпадает здесь в августе-сентябре.

Средний многолетний годовой слой осадков, выпадающих на акваторию Аральского моря, для периодов 1911-1960 гг. и 1951-1960 гг. был одинаковым и составил 13,8 см в год.

**Испарение.** Из-за отсутствия натурных наблюдений для расчета испарения с поверхности Аральского моря обычно используются теоретические или эмпирические формулы. При наличии данных о других составляющих водного баланса испарения можно рассчитать также по уравнению водного баланса.

Для периода квазистационарного режима моря расчеты были проведены по формуле Н.П.Гончарова, которая имеет вид

$$E = K \left( -e_s \frac{D}{T} + \dots \right) \quad (4.2)$$

где:  $E$  - испарение в мм;

$e$  - максимальное парциальное давление водного пара (гПа) при температуре воды поверхности моря (или льда) с учетом ее солености;

$e_s$  - парциальное давление водного пара (гПа) в атмосфере на высоте 2 м;

$U$  - скорость ветра (м/с) на высоте  $z$  (м);

$K$  - переменный коэффициент.

Анализ произведенных нами расчетов по всем гидрометеорологическим станциям показал значительные расхождения в годовом ходе испарения береговых и островных гидрометеорологических станций. Так, максимум испарения островных станций приходится на август-сентябрь, а береговых станций гораздо

раньше на июнь-июль. Связывают они это с термическим режимом моря.

По их же расчетам многолетний годовой слой испарения для периода стабилизации моря (1911-1960 гг.) составил 100,0 см.

**Подземная составляющая.** Надлежащие сведения о подземной составляющей для Аральского моря отсутствуют. Большинство авторов полагают, что подземная составляющая водного баланса невелика и практически не влияет на колебание его уровня. Однако по данным различных авторов ее величина колеблется от 1,3 до 3,4 км<sup>3</sup> в год.

Подробные исследования по выявлению этой составляющей были проведены Н.Н.Холжисбаевым (1968), который оценил поступление подземных вод в Аральское море (без учета фильтрации в грунт) в 0,2 км<sup>3</sup>/год. Примерно такие же величины (0,1-0,3 км<sup>3</sup>/год) были получены позднее Н.Ф. Глазовским (1983) и У.М.Ахмедсафиным и др. (1983).

**Приращение уровня.** Приращение уровня характеризует изменение водности моря и определяется соотношением приростных и расходных составляющих водного баланса. Для расчета месячных изменений уровня (объема) моря определялось значение уровня на каждое первое число каждого месяца. Приблизительно уровень на первое число определялся как полу-сумма средних месячных уровней двух смежных месяцев. Средний месячный уровень моря определялся как среднеарифметическое из средних месячных значений уровня по гидрометеорологическим станциям моря.

По расчетам В.Л.Шульцы и Л.И.Шалатовой, средний объем стока речных вод в Аральское море составил 52,0 км<sup>3</sup>/год (Амударья 38,6 км<sup>3</sup>, Сырдарья 13,2 км<sup>3</sup> в год). Годовое количество осадков они принимали равным 90 мм, или 5,8 км<sup>3</sup>/год. Испарение с поверхности Аральского моря по их расчетам составило 900 мм, или 57,7 км<sup>3</sup>/год.

То есть, водный баланс по Шульцу и Шалатовой составлял 0,8 км<sup>3</sup> (1934-1961 гг.), а по расчетам других исследователей в периоды 1911-1960 и 1951-1960 гг. составил 1,0 и 1,6 км<sup>3</sup> соответственно.

Из таблицы 4.1 видно, что для периода 1911-1960 гг. приростные и расходные составляющие водного баланса примерно одинаковы. Это и обусловило незначительные колебания уровня моря около отметки 53 м.абс.

В период 1951-1960 гг. наряду с повышенным годовым стоком речных вод наблюдался и более низкие значения «видимого испарения» (испарение — минус осадки). Поэтому в этот период уровень моря повысился на 0,7 м.

**Гидрохимические условия Аральского моря до снижения его уровня.** *Солесность воды.* Первые исследования аральской воды были начаты в конце XIX столетия. Обобщив эти единичные и свои наблюдения, Л.С.Берг отметил, что аральская вода по составу очень близка к каспийской. Различные заключаются лишь в том, что в аральской воде содержится 10-15% типа. Тогда как в Каспийском море около 7%



в то же время, в Арале поваренной соли оказалось меньше, чем в Каспии 56-57% против 62%.

Берег также подчеркивал, что в воде Аральского моря преобладают сульфаты. Содержание которых выражено в процентах от содержания хлора, составляет 72,5%.

По подсчетам Берега, солевая масса Аральского моря в начале прошлого столетия составляла 10,850 млрд. т, а реки Амударья и Сырдарья, по его же подсчетам, сбрасывали ежегодно 33,7 млн. т растворенных минеральных веществ. Средняя соленость Арала при этом оказалась равной 10,0-10,5‰.

Систематические исследования солености прибрежных вод Аральского моря были начаты в 1941 г., после организации сети прибрежных и островных гидрометеорологических станций.

В условиях стационарного периода Аральского моря исследованиями режима солености его вод посвящен ряд работ. Наиболее подробные исследования и обобщения были проведены Л.К.Блиновым (1956).

Им детально были рассмотрены элементы солевого баланса Аральского моря и проведена их количественная оценка. Развивая разработку предшествующих исследований, Л.К.Блинов рассчитал среднюю соленость Арала при различных высотах стояния уровня и ее распределение для наиболее характерных сезонов по районам и глубинам при заданных величинах изъятия воды из стока Аральского моря.

Обобщив все предшествующие исследования, коллективом авторов (9) была рассчитана соленость аральской воды для условно-естественного режима моря (1941-1960 гг.) и для периода (1961-1985 гг.) нестационарного режима с использованием наиболее полных данных береговых и островных гидрометеостанций различными методами.

По расчетам этих авторов, средняя многолетняя соленость в районах гидрометеостанций изменялась от 9,05 (Тигровый) до 11,13‰ (Узлы). Межгодовая изменчивость в период условно-естественного режима была незначительной (0,02-0,06). Наибольшая изменчивость  $S_t$  отмечалась на ст. Тигровый (0,08), расположенной в зоне влияния стока Амударьи.

Наибольшие изменения внутрогодовой солености наблюдались на ст. Аральское море (северная часть моря). Зимой, в январе-феврале, на севере и северо-востоке моря средняя месячная соленость моря на мелководьях повышалась до 11-12‰ и достигала максимальных значений 13-14‰.

На южном и восточном побережьях а также в центральном районе моря средние месячные значения солености в этот же период составляли 10-11‰, максимальные значения ее не превышали 13‰.

Абсолютные максимумы солености (16,1-16,4‰) отмечались в зимний период на станциях Аральское море и Узунсайр.

Весной, в период интенсивного таяния льда, во всех прибрежных зонах моря соленость в большинстве случаев снижалась до 6-9‰. В этот период отмечались и абсолютные минимумы солености (0-0,3‰).

Летом и в начале осени вновь происходило возрастание солености в прибрежных районах моря, связанное с интенсивным испарением с поверхности воды. Так, например, средняя месячная соленость на ст. Узлы составляла 13,6-14,6‰, а абсолютный максимум здесь составил 16-19‰ в июне. На юге моря эти значения снижались до 9‰ вследствие возрастания стока Амударьи.

Весной пространственное и вертикальное распределение солености довольно однородно. Причем минимальные значения ее наблюдаются в южной и юго-западной частях Большого моря, где естественное влияние на опреснение вод оказывает сток Амударьи. В этот период значительные горизонтальные и вертикальные градиенты солености наблюдались лишь в устьевых районах Амударьи и Сырдарьи (6-9‰).

Летом в период условно стационарного режима моря под воздействием опресняющего влияния речного стока происходило некоторое возрастание градиентов солености в устьевых районах моря, хотя в целом она не менялась существенно по сравнению с весенним периодом.

Осенью однородность распределения солености становится еще больше, так как уменьшается речной сток в море и происходит конвективное перемешивание вод. Минимальные значения солености отмечались по-прежнему в зонах влияния речного стока, а максимальные — в районах восточного мелководья.

Первые расчеты средней солености Аральского моря были сделаны в начале 1950-х годов по средним многолетним данным с учетом особенностей ее пространственного и вертикального распределения. Так, расчеты, проведенные Л.К.Блиновым, и Н.Ф.Соловьевой, показали близкие значения средней солености моря — 10,2 и 10,3‰ соответственно. В период стационарного режима наибольшие значения средней взвешенной по объему вод солености отмечались в восточном и юго-восточном районе моря, а минимальные — устьях рек Амударьи и Сырдарьи. При этом размах колебаний средней солености по квадратам и районам моря не превышал 1,3‰. Межгодовые изменения средней солености, как отмечено Ревина С.К. и др., (1970) также были невелики и колебались от 9,8 до 10,3‰.

*Солевой баланс.* Солевой баланс Аральского моря изучен довольно слабо, хотя многие исследователи пытались объяснить причины малой его солености.

Наиболее полное исследование солевого баланса для условно-естественного периода было проведено Л.К.Блиновым. Который компенсировал средний годовой приход солей, поступающих со стоком рек, с водами грунтового питания и из атмосферных осадков с расходом солей, терпящихся вследствие интенсивной фильтрации воды в грунт



берегов и дна, в отступившихся заливах и лиманах, подвергнувшихся седиментации и переходящих в донные осадки, увлекаемых ветром в атмосферу.

По Блинкову, фильтрация воды и солей через дно и берега моря соответствует потере 1,26 км<sup>3</sup> воды и 12,85 млн. т. солей в год. Приход солей с притоками воды он принимал равно нулю.

В последующем были сделаны попытки уточнить отдельные составляющие стационарного солевого баланса, составленного Л.К.Блиновым. При этом достаточно полную формулу приводит Т.А.Бакум (1972), но им сделан только теоретический подход и рассчитаны лишь отдельные составляющие солевого баланса Аральского моря за 1952-1966 гг.

В.Н. Бортник (1979) уточнил отдельные составляющие стационарного солевого баланса Л.К.Блинова и оценил при этом осаждение солей на мелководных и потери в отступившихся заливах и бухтах в 12,9 млн. т, в то время как Л.К.Блиновым эта составляющая солевого баланса не была учтена.

#### Характеристика составляющих солевого баланса.

**Ионный сток.** Ионный сток рек является основной составляющей приходной части солевого баланса моря. Средние значения концентрации главных ионов, суммарная минерализация и ионный сток рек Амударьи и Сырдарьи для условно естественного периода, заимствованные у Л.К.Блинова, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2.

Средняя многолетняя концентрация главных ионов, суммарная минерализация и ионный сток рек Амударьи и Сырдарьи за 1911-1960 гг.

| Рек      | Единица измерения | $\text{HCO}_3^-$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{Cl}^-$ | $\text{Ca}^{2+}$ | $\text{Mg}^{2+}$ | $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ | Суммарная минерализация | Ионный сток, млн. т. |
|----------|-------------------|------------------|--------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------|
| Амударья | мг/л              | 153,5            | 104,9              | 74,1          | 83,1             | 11,2             | 43,7                       | 470,8                   | 17,74                |
|          | %                 | 18,53            | 16,08              | 15,39         | 35,92            | 7,98             | 6,10                       | 100,0                   |                      |
| Сырдарья | мг/л              | 186,1            | 164,4              | 40,3          | 87,6             | 20,6             | 43,8                       | 543,8                   | 6,05                 |
|          | %                 | 20,04            | 22,49              | 7,47          | 32,27            | 12,52            | 5,21                       | 100,0                   |                      |

Наблюдения за многолетний период показывают, что протеснирующего увеличения солёности моря нет, а изменения солёности во времени носят периодический характер и зависят от высоты стояния уровня моря.

Масса солей, поступающих с атмосферными осадками, невелика. Для периода 1911-1960 гг. средняя минерализация осадков, по Л.К.Блинову, составляет 12,0 мг/л, которую коллектив авторов (9) считают сильно заниженной. Поэтому при расчете количества солей,

выпавших с атмосферными осадками в этот период, минерализация осадков была принята ими равной 40 мг/л.

**Подземный приток и фильтрация морских вод** в грунт дна и берегов обычно не учитываются при расчете водного баланса моря, но подземный приток играет существенную роль в поступлении таких микрокомпонентов, как йод, бром, бор и литий.

При подсчете массы солей, приходящих с подземным стоком, его значение для периода 1911-1960 гг. принималось коллективом авторов равным 0,2 км<sup>3</sup>/год. При средней минерализации подземных вод 7 г/л приход солей оценен этими же исследователями в 1,4 млн. т в год.

Максимально возможная фильтрация при отступах уровня моря около 53,0 м абс. оценивается ими в 0,15 км<sup>3</sup>/год, а потери солей вследствие инфильтрации морской воды они коллектив авторов принимают не больше 1,5 млн. т в год.

По данным С.В. Бруевича и Н.Ф.Соловьевой (1957), в условно-естественный период на акваторию моря поступало 60 т/км<sup>2</sup> эолового материала. Учитывая, что растворимые аэрозоли составляют 10-25% общей массы эолового материала, коллектив авторов оценил ежегодное для этого периода поступление солей с атмосферной пылью в 0,4 млн. т. Ветровой вынос солей с поверхности моря «механическим» испарением оценен ими примерно в 0,39 млн. т в год, в то время как, по Л.К.Блинову, эта величина составляла 107 тыс. т в год.

Проведенные расчеты позволили оценить ветровой вынос солей с поверхности льда для рассматриваемого периода в 0,34 млн. т в год. Количество солей, уходящих с испаряющейся водой, при минерализации испаряющейся воды, равной 0,25 мг/л составило 0,17 млн. т в год.

#### 4.2. Тенденция изменения гидрологических и гидрохимических условий Аральского моря с 1961 г. и их современное состояние

Интенсивное снижение уровня Аральского моря с 1961 г., связанное с постоянным уменьшением речного стока, испорченного на орошение, стало способствовать значительному сокращению площади его водной поверхности, снижению его среднего годового уровня. Небольшое повышение уровня моря в период его стабилизации произошло в 1970 г., после экстремально многоводного 1969 года. В период с 1961 по 1974 гг. уровень моря в среднем понижался на 27 см в год и в 1974 году достиг отметки 49,85 м абс. В 1975-1985 гг. он понижался на 71 см в год, и в 1985 г. он достиг отметки 41,94 м.

В 1986 по 2012 годы уровень моря в среднем понижался на 60 см в год, и в 2012 году достиг абсолютной отметки 25,6 м или на 27,4 метров ниже по сравнению с его средним многолетним значением за 1911-1960 гг. (таблица 4.3).



Таблица 4.3.  
Среднегодовые батиметрические характеристики Аральского моря

| Годы | Уровень воды, м | Объем, км <sup>3</sup> | Осадки, км <sup>3</sup> | Испарение, км <sup>3</sup> | Соленость, г/л | Площадь зеркала, тыс. км <sup>2</sup> | Приток речного стока в море км <sup>3</sup> |             | Всего |
|------|-----------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|-------------|-------|
| 1    | 2               | 3                      | 4                       | 5                          | 6              | 7                                     | из Сырдарьи                                 | из Амударьи | 10    |
| 1960 | 53,4            | 1083                   | 9,41                    | 71,1                       | 9,93           | 68,9                                  | 21,1                                        | 43,0        | 64,1  |
| 1961 | 53,3            | 1079                   | 6,59                    | 70,4                       | 9,97           | 68,5                                  | 4,0                                         | 30,9        | 34,9  |
| 1962 | 53,0            | 1060                   | 8,63                    | 70,9                       | 10,8           | 65,9                                  | 5,8                                         | 27,6        | 33,4  |
| 1963 | 52,6            | 1038                   | 11,6                    | 70,6                       | 10,6           | 64,3                                  | 10,6                                        | 31,1        | 41,7  |
| 1964 | 52,5            | 1030                   | 8,12                    | 64,0                       | 10,1           | 64,8                                  | 15,0                                        | 38,3        | 53,3  |
| 1965 | 52,3            | 1019                   | 8,48                    | 66,3                       | 10,8           | 63,1                                  | 4,7                                         | 25,5        | 30,2  |
| 1966 | 51,9            | 993                    | 6,64                    | 71,1                       | 11,8           | 61,7                                  | 9,6                                         | 33,1        | 42,7  |
| 1967 | 51,6            | 974                    | 7,51                    | 57,8                       | 11,0           | 60,9                                  | 8,7                                         | 27,0        | 35,7  |
| 1968 | 51,2            | 952                    | 6,03                    | 67,3                       | 11,5           | 60,1                                  | 7,3                                         | 28,0        | 35,3  |
| 1969 | 51,3            | 955                    | 9,06                    | 52,3                       | 10,9           | 60,2                                  | 17,5                                        | 55,5        | 73,0  |
| 1970 | 51,4            | 964                    | 7,22                    | 62,0                       | 11,2           | 60,3                                  | 9,8                                         | 28,0        | 37,8  |
| 1971 | 51,1            | 940                    | 5,81                    | 59,8                       | 11,4           | 59,7                                  | 8,2                                         | 15,8        | 24,0  |
| 1972 | 50,5            | 909                    | 5,78                    | 55,3                       | 11,9           | 58,9                                  | 7,0                                         | 13,2        | 20,2  |
| 1973 | 50,2            | 891                    | 8,95                    | 56,4                       | 11,9           | 58,4                                  | 8,9                                         | 31,2        | 40,1  |
| 1974 | 49,8            | 870                    | 4,75                    | 60,2                       | 13,0           | 57,9                                  | 1,9                                         | 6,3         | 8,2   |
| 1975 | 49,0            | 822                    | 4,43                    | 60,0                       | 13,4           | 56,7                                  | 0,61                                        | 10,6        | 11,2  |
| 1976 | 48,3            | 779                    | 3,79                    | 51,1                       | 14,6           | 55,7                                  | 0,57                                        | 11,1        | 11,7  |
| 1977 | 47,6            | 742                    | 5,04                    | 45,7                       | 15,4           | 54,6                                  | 0,48                                        | 9,0         | 9,5   |
| 1978 | 47,1            | 713                    | 6,42                    | 52,5                       | 15,0           | 53,9                                  | 0,78                                        | 21,3        | 22,1  |
| 1979 | 46,4            | 680                    | 4,87                    | 52,1                       | 15,1           | 52,9                                  | 3,2                                         | 11,1        | 14,3  |
| 1980 | 45,7            | 644                    | 9,73                    | 50,2                       | 16,8           | 51,7                                  | 2,5                                         | 8,6         | 11,1  |
| 1981 | 51,1            | 616                    | 11,9                    | 47,1                       | 17,7           | 50,7                                  | 7,4                                         | 6,3         | 13,7  |
| 1982 | 50,5            | 574                    | 8,52                    | 38,5                       | 18,8           | 49,3                                  | 1,7                                         | 0,54        | 2,2   |
| 1983 | 50,2            | 532                    | 4,51                    | 47,6                       | 20,3           | 47,7                                  | 0,94                                        | 2,3         | 3,2   |
| 1984 | 49,8            | 499                    | 3,99                    | 44,3                       | 21,9           | 46,2                                  | 0,60                                        | 8,0         | 8,6   |
| 1985 | 49,0            | 466                    | 7,19                    | 42,5                       | 22,9           | 44,6                                  | 0,68                                        | 2,44        | 3,1   |
| 1986 | 41,1            | 432                    | 6,22                    | 39,4                       | 22,9           | 42,8                                  | 0,51                                        | 0,44        | 0,95  |
| 1987 | 40,3            | 401                    | 5,66                    | 37,3                       | 23,9           | 41,1                                  | 1,6                                         | 8,2         | 9,8   |
| 1988 | 39,7            | 380                    | 5,10                    | 35,8                       | 25,0           | 39,9                                  | 6,9                                         | 16,4        | 23,3  |
| 1989 | 39,1            | 354                    | 6,85                    | 36,7                       | 28,0           | 38,4                                  | 4,4                                         | 1,0         | 5,4   |
| 1990 | 38,2            | 323                    | 5,34                    | 34,9                       | 30,0           | 36,4                                  | 3,5                                         | 9,0         | 12,5  |
| 1991 | 37,6            | 299                    | 5,60                    | 34,6                       | 32,0           | 34,8                                  | 4,0                                         | 12,5        | 16,5  |
| 1992 | 37,2            | 286                    | 4,61                    | 35,6                       | 34,0           | 33,9                                  | 4,6                                         | 28,9        | 33,5  |
| 1993 | 36,9            | 278                    | 4,15                    | 32,7                       | 35,0           | 33,2                                  | 7,9                                         | 18,8        | 26,7  |
| 1994 | 36,6            | 266                    | 3,62                    | 31,1                       | 36,0           | 32,3                                  | 8,9                                         | 21,7        | 30,6  |
| 1995 | 36,1            | 250                    | 4,73                    | 33,6                       | 37,0           | 31,3                                  | 5,2                                         | 5,1         | 10,3  |
| 1996 | 35,5            | 230                    | 4,31                    | 28,9                       | 42,0           | 29,7                                  | 5,1                                         | 7,5         | 12,6  |
| 1997 | 34,8            | 210                    | 3,57                    | 27,2                       | 43,5           | 28,0                                  | 4,6                                         | 2,2         | 6,8   |
| 1998 | 34,2            | 194                    | 4,30                    | 21,0                       | 49,8           | 25,5                                  | 7,6                                         | 23,9        | 31,5  |
| 1999 | 33,8            | 181                    | 4,80                    | 19,7                       | 50,6           | 23,7                                  | 5,5                                         | 6,4         | 11,9  |
| 2000 | 33,5            | 169                    | 4,27                    | 17,3                       | 55,8           | 22,9                                  | 2,9                                         | 2,6         | 5,5   |
| 2001 | 32,2            | 143                    | 1,35                    | 15,8                       | 58,6           | 21,2                                  | 2,8                                         | 0,40        | 3,2   |
| 2002 | 30,9            | 110                    | 1,17                    | 15,3                       | 60,1           | 18,7                                  | 6,4                                         | 6,7         | 13,1  |
| 2003 | 30,6            | 100                    | 3,38                    | 17,8                       | 62,4           | 17,3                                  | 9,2                                         | 11,4        | 20,6  |
| 2004 | 30,3            | 93,5                   | 3,30                    | 17,6                       | 68,0           | 16,4                                  | 9,86                                        | 5,92        | 15,8  |
| 2005 | 30,0            | 89                     | 4,16                    | 15,3                       | 72,3           | 15,8                                  | -                                           | -           | -     |
| 2006 | 29,3            | 81                     | 0,91                    | 14,8                       | 79,7           | 14,5                                  | -                                           | -           | -     |
| 2007 | 28,6            | 78                     | 0,78                    | 12,1                       | 88,3           | 14,3                                  | -                                           | -           | -     |
| 2008 | 28,0            | 74                     | 0,57                    | 10,8                       | 98,7           | 14,0                                  | -                                           | -           | -     |
| 2009 | 27,6            | 70                     | 0,45                    | 11,3                       | 113,7          | 13,5                                  | -                                           | -           | -     |
| 2010 | 27,1            | 67                     | 0,38                    | 12,5                       | 119,8          | 12,8                                  | -                                           | -           | -     |
| 2011 | 26,4            | 64                     | 0,41                    | 13,1                       | 129,4          | 12,0                                  | -                                           | -           | -     |
| 2012 | 25,6            | 60                     | 0,53                    | 13,6                       | 137,3          | 11,7                                  | -                                           | -           | -     |
| 2013 | 24,2            | 57                     | 0,48                    | 13,7                       | 143,6          | 10,9                                  | -                                           | -           | -     |

80

Для замкнутого бассейна Аральского моря сезонные колебания уровня находятся в тесной взаимосвязи с его многолетними изменениями.

Общей чертой сезонных колебаний уровня моря является наличие летнего максимума и зимнего минимума. С 1961 г. в характере сезонных колебаний уровня Аральского моря стало отмечаться постепенное изменение. Подъем уровня моря в его сезонном ходе уменьшился до 5-10 см, а в отдельные годы – почти до нуля. Сезонный максимум сместился с июля-августа на апрель-май, за исключением аномально многоводного 1969 г., когда годовое приращение уровня моря составило 47 см, а сезонный максимум наблюдался в сентябре.

Сократилась продолжительность времени роста и возросла продолжительность времени падения уровня моря во внутrigодовом цикле. Наиболее быстрое снижение уровня моря происходит в августе-октябре, а его интенсивность в отдельные месяцы достигает 30-35 см.

**Водный баланс.** Из работ, посвященных водному балансу Аральского моря для периода дестабилизации 1961-1985 гг., можно отметить работы В.П. Львова, З.А. Крыловой и Р.В. Смирновой, В.Н. Бортника и А.Б. Закинского.

Таблица 4.4.  
Средние многолетние значения водного баланса Аральского моря для периода дестабилизации

| Период    | Приход   |        |           | Расход   |        |           | Водный баланс |
|-----------|----------|--------|-----------|----------|--------|-----------|---------------|
|           | Сток рек | Осадки | Испарение | Сток рек | Осадки | Испарение |               |
| 1961-1985 | 24,4     | 39,9   | 7,1       | 12,4     | 57,4   | 99,3      | -25,9         |
| 1961-1970 | 43,3     | 68,5   | 8,0       | 12,7     | 65,4   | 103,5     | -14,1         |
| 1971-1980 | 16,7     | 29,3   | 6,3       | 11,0     | 55,2   | 96,8      | -52,2         |
| 1981-1985 | 2,00     | 4,10   | 7,1       | 14,7     | 45,9   | 96,2      | -86,8         |

Таблица 4.5.  
Средние многолетние значения водного баланса Аральского моря по данным Л.В. Ивановой

| Период    | Приход   |        |           | Расход   |        |           | Водный баланс |
|-----------|----------|--------|-----------|----------|--------|-----------|---------------|
|           | Сток рек | Осадки | Испарение | Сток рек | Осадки | Испарение |               |
| 1961-1985 | 24,4     | 39,9   | 7,1       | 12,4     | 57,4   | 99,3      | -25,9         |
| 1986-1990 | 10,4     | 26,2   | 5,8       | 14,6     | 36,8   | 92,7      | -51,9         |

Для современного состояния – 1986-2004 гг. можно отметить работы Л.В. Ивановой, Ф.Х. Химитова, М.А. Якубова, В.Е. Чуб и др., которых впервые в основу детальных расчетов водного баланса положены средние месячные данные.

81



Таблица 4.6.  
Средние многолетние значения водного баланса ( $\text{км}^3$ ) Аральского моря по данным В.Е. Чуб

| Год  | Речной сток | Осадки | Испарение | Баланс | Изменение объема | Неизвестно |
|------|-------------|--------|-----------|--------|------------------|------------|
| 1991 | 11,2        | 7,2    | 34,2      | -15,8  | -15,8            | 0,0        |
| 1992 | 25,9        | 2,2    | 33,5      | -9,8   | -9,8             | 4,4        |
| 1993 | 21,0        | 4,4    | 33,0      | -7,6   | -4,1             | -7,5       |
| 1994 | 25,5        | 6,2    | 32,3      | -0,6   | -0,3             | -0,3       |
| 1995 | 7,0         | 4,5    | 31,8      | -20,3  | -15,0            | -5,3       |
| 1996 | 9,0         | 5,4    | 31,3      | -16,9  | -16,9            | 0,0        |
| 1997 | 4,9         | 4,3    | 30,8      | -21,6  | -21,6            | 0,0        |

Резкое падение уровня Аральского моря, начиная с 1961 года по настоящее время, обусловило необходимость более детального исследования этого периода в сопоставлении с периодом квазиустойчивого режима моря.

Таблица 4.7.  
Средние многолетние значения водного баланса Аральского моря по данным В.А. Рафикова

| Период    | Приход   |      |        |      | Расход    |      |       |       | Водный баланс |    |
|-----------|----------|------|--------|------|-----------|------|-------|-------|---------------|----|
|           | Сток рек | См   | Осадки | См   | Испарение | См   | См    | См    | См            | См |
| 1986-1990 | 10,4     | 26,2 | 5,8    | 14,6 | 36,8      | 92,7 | -20,6 | -51,9 | -             | -  |
| 1991-2000 | 18,6     | 61,2 | 4,40   | 14,5 | 28,2      | 92,8 | -5,2  | -17,1 | -             | -  |
| 2001-2004 | 13,2     | 71,7 | 2,3    | 12,5 | 16,8      | 91,3 | -1,30 | -7,10 | -             | -  |
| 2005-2012 | -        | -    | 1,3    | 6,25 | 12,8      | 77,3 | -     | -     | -             | -  |

**Речной сток.** Начиная с 1961 г. интенсивный рост безвозвратных изъятий стока и наступивший длительный период маловодья привели к резкому сокращению притока речных вод в Аральское море. По данным коллектива авторов, в 1961-1970 гг. безвозвратные изъятия стока в бассейне моря составили  $55-57 \text{ км}^3/\text{год}$ , в 1971-1980 гг.  $64-66 \text{ км}^3/\text{год}$ , в 1981-1985 гг.  $70-75 \text{ км}^3/\text{год}$ . В 1986-1990 гг.  $46-50 \text{ км}^3/\text{год}$ , в 1991-2000 гг.  $50-52 \text{ км}^3/\text{год}$ , а в 2001-2012 гг. эта величина оценивалась в  $55-59 \text{ км}^3/\text{год}$ .

Большинство исследователей сток Амударьи в Аральское море определяли по данным расхода воды у кишлака Чатлы, расположенного в 240 км от его устья. Потери речного стока коллектив авторов определял по возможным затратам воды на испарение с открытой поверхности дельтовых водосемов и транспирацию влаголюбивой растительностью, в то время как некоторые исследователи вообще не учитывали этих потерь. При своих расчетах для относительно маловодного периода 1961-1982 гг. они основывались на данных наблюдений створа Темирбай, расположенного в 25 км от устья. Исключение составили лишь аномально многоводный 1969 г, когда потери стока в дельте были

оценены ими в  $8 \text{ км}^3$ , а фактический приток к морю был определен как разность объема стока в створе Чатлы и потерь в дельте.

С 1982 г. для оценки притока вод Амударьи в створе Кызылджар, так как с этого времени сброс речных вод по основному руслу Амударьи был прекращен, и гидропост в ауле Темирбай был закрыт. Простедить изменение режима стока реки Амударьи в Аральское море можно по многолетним наблюдениям на посту Чатлы (Саманбай), измерения на котором начаты с 1887 года и продолжают в настоящее время. Как показали расчеты, годовой объем притока к Аральскому морю с дельтовых пространств Амударьи колеблется от  $1,5 \text{ км}^3$  в маловодные годы до  $21 \text{ км}^3$  в многоводные. Как это отмечалось в 1992 году.

Как было сказано раньше, потери стока в дельте Амударьи оценивались в условно-естественный период в  $6-10 \text{ км}^3$ . Оценка же потерь стока в период дестабилизации моря (1961-1985 гг.), по разности стока в вершине дельты (Чатлы, Саманбай) и замыкающем створе (Темирбай), показала, что в среднем эти потери сократились до  $3 \text{ км}^3/\text{год}$ . Это уменьшение связано, прежде всего, со значительным сокращением притока речных вод к вершине дельты. Потери вод Амударьи в последние годы (1986-2004 гг.) определялись антропогенными факторами – объемом пусков речных вод в дельту Тахиаташского гидроузлом для обводнения обсохших территорий. В среднем эти потери составили  $1,4 \text{ км}^3/\text{год}$ .

Сток реки Сырдарьи, как было отмечено в предыдущем подразделе, определялся по данным наблюдений расходов воды у г.Казалинска (таблица 4.8).

Таблица 4.8.  
Основные морфометрические характеристики Малого моря

| Год  | Приток стока реки Сырдарьи в море | Отметка уровня воды, м | Площадь зеркала, тыс. $\text{км}^2$ | Объем, $\text{км}^3$ |
|------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| 1986 | 0,51                              | 40,9                   | 2,83                                | 22,3                 |
| 1987 | 1,6                               | 40,8                   | 2,81                                | 22,4                 |
| 1988 | 6,9                               | 40,5                   | 2,75                                | 21,8                 |
| 1989 | 4,4                               | 40,3                   | 2,71                                | 20,3                 |
| 1990 | 3,5                               | 40,5                   | 2,75                                | 21,8                 |
| 1991 | 4,0                               | 40,4                   | 2,73                                | 20,9                 |
| 1992 | 4,6                               | 40,3                   | 2,71                                | 20,3                 |
| 1993 | 7,9                               | 39,4                   | 2,57                                | 18,4                 |
| 1994 | 8,9                               | 40,1                   | 2,69                                | 20,0                 |
| 1995 | 5,2                               | 40,5                   | 2,75                                | 21,8                 |
| 1996 | 5,1                               | 40,5                   | 2,75                                | 21,8                 |
| 1997 | 4,6                               | 41,2                   | 2,91                                | 22,7                 |
| 1998 | 7,6                               | 42,5                   | 3,24                                | 27,0                 |
| 1999 | 5,5                               | 36,8                   | 2,10                                | 12,0                 |
| 2000 | 2,9                               | 39,8                   | 2,62                                | 19,3                 |
| 2001 | 2,8                               | 39,2                   | 2,55                                | 18,0                 |
| 2002 | 6,4                               | 39,3                   | 2,58                                | 18,4                 |
| 2003 | 9,2                               | 40,0                   | 2,65                                | 19,8                 |
| 2004 | 9,9                               | 40,8                   | 2,81                                | 22,4                 |
| 2005 | -                                 | 40,0                   | 2,26                                | 21,5                 |
| 2006 | -                                 | 39,4                   | 1,89                                | 20,0                 |



С 1961 г. наблюдается значительное снижение суммарного притока речных вод к Аральскому морю, связанное, главным образом, с антропогенными факторами.

В среднем в период 1961-1970 гг. и 1971-1980 гг. объем притока составил 43,3 и 16,7 км<sup>3</sup>/год, что составляет примерно 77 и 30% от его среднего многолетнего значения в период условно-естественного режима моря. В 1981-1985 гг. он составил всего лишь 2,0 км<sup>3</sup>/год, или 3,0%. В 1986-1990 гг. 10,4 км<sup>3</sup>/год, или 18,6%; 1991-2000 гг. 18,6 км<sup>3</sup>/год, или 33,2%; 2001-2004 гг. 13,2 км<sup>3</sup>/год, или 23,6%.

В экстремально многоводном 1969 году наблюдался максимальный за весь период наблюдений объем притока речных вод к Аралу, составивший 73,0 км<sup>3</sup>, в то время как в маловодные 1982, 1983, 1985, 1986 и 2001 гг. он уменьшился до нуля. С 2005 года приток речного стока р. Амударья в Аральское море прекратился полностью.

В относительно многоводные 1988, 1992, 1993, 1994, 1998 и 2003 гг. объем притока речных вод к Аральскому морю в среднем составил 28,0 км<sup>3</sup>/год.

Под влиянием естественных и, главным образом, антропогенных факторов с 1961 г. стали наблюдаться изменения и во внутригодовом ходе стока рек Амударья и Сырдарья. Если в условиях квазистационарного режима моря наблюдалось растянутое весенне-летнее половодье, то в настоящее время приток речных вод к морю полностью зависит от режима пусков воды из расположенных в нижнем течении рек гидроузлов. В отдельные месяцы и маловодные годы сток речных вод в море преимущественно прекращается, так как идет накопление речных вод в водохранилищах и интенсивный забор воды на орошение, и хозяйственные нужды, а также для обводнения дефицитных территорий и водоемов.

Согласно расчетам Института гидрологии РАН, примерно 80% суммарного снижения притока к морю обусловлено влиянием антропогенного фактора, а оставшая часть зависит от природных факторов, т.е. от естественной маловодности в последние десятилетия. По данным Т.Н.Владимирова, А.В.Володкина, Ф.Э.Рубиновой (1987), антропогенные потери стока в современный период составляют 92-95% его суммарных потерь.

**Атмосферные осадки.** Относительная роль атмосферных осадков в водном балансе, хотя их количество, выпадающих на акваторию Аральского моря невелико, в современный период значительно возросла. Связано это, главным образом, с резким сокращением речного стока в маловодные годы.

По данным коллектива авторов (9), среднее количество осадков в период 1961-1985 гг. составляло 124 мм в год, при этом наибольшей сухостью отличался 1971-1980 гг., когда их количество составило 110 мм в год. Среднее количество осадков в период 1986-2012 гг. составило 137 мм в год и наибольшей сухостью отличался 2001-2012 гг., когда их количество составило 103 мм в год. Последние годы (2005-2012 гг.)

являются относительно сухими, и среднее количество выпадающих осадков составило 69 мм в год.

В целом за период 1911-2012 гг. средняя многолетняя сумма осадков, выпадающих на поверхность Аральского моря, составила 133 мм. При этом максимальное количество осадков, равное 235 мм, выпало в 1985 году, а минимальное 67 мм - в 1944 году.

**Испарение.** Как отмечалось в предыдущем параграфе, отсутствие натурных наблюдений за испарением побуждало ряд исследователей использовать для расчета этой величины теоретические и эмпирические формулы, а также уравнение водного баланса при условии, если известны остальные его составляющие.

Для расчета месячного испарения коллективом авторов была использована расчетная схема Н.П.Гончарова (формула 4.2). Расчет средних месячных и средних годовых величин испарения производился ими на основе данных всех гидрометеостанций, исключена была лишь станция Аральское море из-за значительной ее изолированности от моря и уменьшения ее влажности на 20-30% по сравнению с другими станциями.

Средний многолетний стой испарения с поверхности моря за период 1961-1970 гг. составил 103,5 мм, а в последующие десятилетия с 1971-1980 гг. по 1981-1985 гг. 968 и 962 мм соответственно. В последующие периоды 1986-1990 гг. и 1991-2000 гг. в среднем соответственно по 927 мм в год, а в 2001-2012 гг. 972 мм в год. В целом для периода 1911-2012 гг. среднее годовое значение испарения с поверхности моря составило 998 мм, при этом максимальная ее величина, равная 1206 мм, наблюдалась в 1983 г., а минимальная 781 мм - в 1982 г.

О величине подземной составляющей было сказано в предыдущем параграфе, но, так как подземный приток и фильтрация представляют собой величину незначительную и они практически компенсируют друг друга, в расчетах водного баланса она не учитывалась.

При сравнении значений составляющих водного баланса, расчетных данных коллективом авторов и Л.В.Ивановой (таблица 4.4, 4.5), можно видеть, что для периода 1961-1985 гг. они абсолютно одинаковы (очевидно, из-за применения одной и той же методики расчетов).

Позже В.Е.Чубом и В.А.Рафиковым расчеты были продолжены до 2012 г., из результатов которых видно (таблица 4.6, 4.7), что величины составляющих водного баланса в 1986-2004 гг. гораздо ниже, чем в предыдущие периоды. Несомненно, это можно связать с дальнейшим понижением уровня Аральского моря.

Анализ проведенных расчетов показал, что для десятилетия 1961-1985 гг. и современного (1986-2012 гг.) периодов характерно значительное превышение испарения над суммой приходящих составляющих. Следует отметить, что этот период отличался повышенной сухостью, когда среднее количество осадков



составило соответственно 124 мм и 137 мм в год, в то время как среднее значение «видимого испарения» практически не изменялось.

Это обусловило устойчивое снижение уровня моря, а более интенсивное снижение его уровня началось с 1965 г.

Средняя интенсивность снижения уровня Аральского моря в период 1961-1970 гг. составила примерно 21 см в год, (здесь необходимо учесть аномально – многоводный 1969 г.), в 1971-1980 гг. 58 см, а в 1981-1985 гг. 80 см в год. Средняя интенсивность снижения уровня Аральского моря в период 1986-1990 гг. составило 74 см в год, в 1991-2000 гг. 49 см, а в 2001-2012 гг. 66 см в год.

В маловодные (2000 и 2001 гг.) годы снижение уровня моря достигало 130 см. В результате общее падение уровня моря за 1961-1985 гг. составило 11,9 см, а в 1986-2008 гг. 63 см, площадь его к 1986 г. сократилась примерно до 43 тыс. км<sup>2</sup>, а к 2008 году до 14,0 тыс. км<sup>2</sup>, а объем вод соответственно до 432 км<sup>3</sup> и до 74 км<sup>3</sup>, что соответственно составляет 65 % площади и 41% объема моря к 1986 году. Соответственно 20,3% площади и 6,83% объема моря к 2008 году на отметке 53 м абс. При этом существенно изменились береговые очертания моря, полностью исчезли – крупные междоводные заливы в восточных, юго-восточных и южных районах Арала. Ранее существовавшие острова Возрождение, Барсакельмес, Лазарева и полуостров Муинак ныне перестали быть географическими объектами.

**Тенденция изменения гидрохимических условий Аральского моря с 1961 г. и их современное состояние.** Исследованию гидрохимического режима Аральского моря в связи с начавшимся интенсивным снижением уровня посвящено ряд работ. Так, исследование нестационарного режима соле- и вод проводились С. К. Ревинной, А. В. Заклинским, Н. К. Елибаевым, А. Н. Косаревым, В. Н. Бортиником, Ф. З. Рубиновой, М. А. Якубовым, Э. И. Чамбарисовым, С. Р. Сандовой и др.

Подробному изучению гидрохимических условий моря посвящен монографический труд коллектива авторов под редакцией В. Н. Бортиника и С. П. Чистяевой. Проведенный ими анализ средних годовых значений вод Аральского моря для периода нестационарного режима показал, что начиная с 1961 г. на всех станциях наблюдался обильный рост солёности вод, а с 1970 г. значительное возрастание солёности, обусловленное резким снижением уровня и уменьшением объема моря (таблица 4.9). Так, например, солёность воды Аральского моря в 1961 г. составляла 10,27‰, а возросла к 2012 г. до 137‰.

Наибольшие изменения солёности вод характерны для северного и северо-восточного побережья, и связаны они с полным прекращением притока вод Сырдарьи в Аральское море с середины 70-х годов. Минимальный рост солёности отмечается в зоне влияния вод Амударьи и в центральных районах моря.

Коллективом авторов по результатам экспедиционных материалов были составлены карты и разрезы, характеризующие особенности пространственного и вертикального распределения солёности вод

открытого моря в различные сезоны. Был сделан анализ, который позволил им установить некоторые общие закономерности среднего распределения солёности вод моря.

Средняя годовая солёность вод Аральского моря в районах гидрометеорологических станций и линейные тренды за многолетние периоды, ‰

| Годы   | Аральское море | Байкал    | Уралы     | Тигровый  | Острова Лазарева | Барсакельмес |
|--------|----------------|-----------|-----------|-----------|------------------|--------------|
| 1961   | 10,27          | 8,09      | 11,42     | 9,83      | 10,54            | 10,20        |
| 1962   | 11,11          | 9,59      | (12,03)   | (9,34)    | 10,56            | 10,16        |
| 1963   | 10,84          | 9,53      | 11,10     | 9,64      | 10,71            | 10,77        |
| 1964   | 10,95          | 7,48      | 10,84     | 9,74      | 10,50            | 10,45        |
| 1965   | 11,36          | (10,11)   | 12,20     | 9,99      | 10,66            | 10,79        |
| 1966   | 12,01          | 10,51     | 13,95     | 10,60     | 10,93            | 11,36        |
| 1967   | (11,96)        | 10,31     | 12,17     | 10,48     | 10,95            | 11,18        |
| 1968   | 12,07          | (10,92)   | 12,44     | 10,54     | 11,38            | 11,20        |
| 1969   | 11,57          | (9,12)    | 12,99     | 9,64      | 11,03            | (11,53)      |
| 1970   | 11,83          | (9,72)    | (12,59)   | -         | (11,50)          | (11,50)      |
| 1971   | 11,58          | (10,27)   | 12,85     | (11,12)   | 11,70            | 11,71        |
| 1972   | 12,78          | 11,08     | 13,34     | (11,56)   | 12,23            | 12,13        |
| 1973   | (13,65)        | 10,07     | 13,19     | 11,30     | 12,52            | (12,18)      |
| 1974   | 13,02          | 12,81     | 13,86     | 11,88     | 12,68            | 12,35        |
| 1975   | (15,60)        | 12,92     | 15,04     | 12,52     | 12,96            | 12,60        |
| 1976   | (16,96)        | 12,78     | (15,85)   | 13,54     | 13,00            | 13,60        |
| 1977   | 17,44          | 16,56     | 17,00     | 13,27     | 13,43            | 14,96        |
| 1978   | (18,05)        | (18,97)   | 18,67     | (12,30)   | (14,29)          | -            |
| 1979   | -              | -         | -         | -         | -                | -            |
| 1980   | (22,36)        | -         | -         | -         | -                | -            |
| 1981   | (27,40)        | -         | -         | -         | -                | -            |
| 1982   | 30,91          | -         | -         | -         | -                | -            |
| 1983   | -              | -         | -         | -         | -                | -            |
| Тренд  | 13,8           | 7,3       | 5,6       | 3,7       | 22,20            | (23,56)      |
| Период | 1961-1982      | 1961-1978 | 1961-1978 | 1961-1978 | 1962-1985        | 1961-1985    |

Зимнее конвективное перемешивание вод обеспечивает весной довольно однородное пространственное и вертикальное распределение солёности, на которое оказывает влияние в это время года лишь речной сток и ледотаяние, минимальное значение солёности можно наблюдать именно в зоне влияния стока Амударьи.

В период интенсивного снижения уровня Арала (1971-1975) солёность поверхностных вод Малого моря превышала 12‰, а в Большом море колебалась от 12 до 12,5‰. Максимальные ее значения наблюдались в районе восточных мелководий. Существенные вертикальные градиенты солёности отмечались в устьевых районах и западном, более глубоководном, районе, где происходило увеличение солёности с глубиной на 0,4-0,6‰.

Весной 1981-1985 гг. солёность поверхностных вод Большого моря составляла 19,7-20,5‰, в 1986-1990 гг. до 20,6‰, в 1991-2000 гг. до 37,6‰, а в 2001-2008 годы до 68,5‰. В связи с дальнейшим сокращением, а порой и полным прекращением речного стока, исчезли распределенные зоны на устьевых взморьях Амударьи и Сырдарьи.



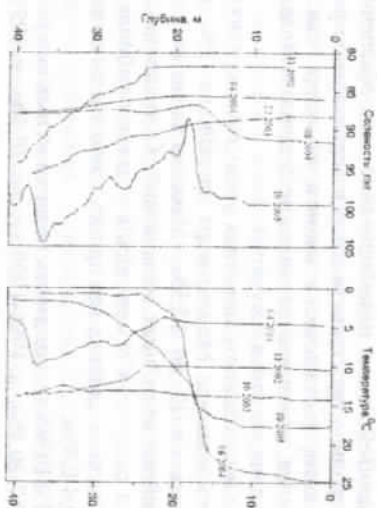
В летний период 1971-1975 гг. соленость поверхностных вод в Большом море возросла до 12,2-12,6‰, а в Малом море - до 12,2-13,0‰. Прием солености при незначительных градиентах равномерно возрастала от поверхности до дна.

В 1981-1985 гг. в летний период соленость поверхностных вод Большого моря увеличилась до 21‰, в 1986-1990 гг. до 23‰, в 1991-2000 гг. до 41,6‰, а в 2001-2008 годы до 73‰.

Осенью, когда речной сток в море уменьшается и начинается конвективное перемешивание вод, вертикальное распределение солености становится практически однородным.

На рис. 4.1. показаны типичные вертикальные распределения температуры и солености в западной глубокой части моря, полученные в период с ноября 2002 г. по март 2006 г. Обращает на себя внимание продолжающееся осолонение западного бассейна, где поверхностная соленость увеличилась от 60,1 г/кг осенью 2002 г. до почти 100 г/кг весной 2006 года.

Рост минерализации вод западного бассейна должен связываться не столько с дальнейшим уменьшением объема моря, сколько с обменами с восточным бассейном, откуда через соединяющий бассейн проливы поступали более соленые воды. Соленость восточной части моря в результате этих обменов постепенно уменьшалась до сих пор, пока Большое море в 2008 году не разделилось на две части: Западную и Восточную. Попадая в западную часть моря, более плотные воды восточного бассейна опускаются вдоль северного склона на свой изотермический уровень в придонном слое западной впадины. Это создает исключительно мощную халинную и, в конечном счете, плотностную стратификацию западного бассейна (рис. 4.2).





Измерения вертикальной термохалинной структуры труднодоступного восточного бассейна, впервые выполненные в 2005 г. Институтом океанологии РАН на разрезе между бывшими островами Возрождение и Барсакельмес, показали, что, несмотря на свою мелководность и подверженность сильным ветровым воздействиям, восточный бассейн также является не перемешанным. Стратифицированным – на момент измерения солёность в нём менялась от 129 г/кг на поверхности до 134 г/кг у дна при глубине всего 2,5 м (рис. 4.3).

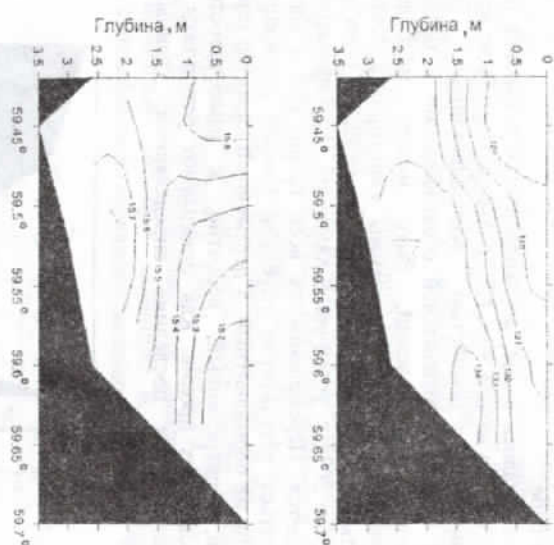


Рис. 4.3. Зональные вертикальные сечения солёности и температуры через восточный бассейн в октябре 2005 года

**Солёвой баланс моря.** Исследованиями солёного баланса Аральского моря в современных условиях занимались ряд ученых.

Для оценки изменений, происшедших в солёном балансе моря, коллективом авторов проведен сравнительный количественный анализ составляющих водного баланса до начала 60-х годов и для современного этапа резких антропогенных изменений режима моря по отдельным периодам.

При расчете солёного баланса ими были использованы данные о водном балансе моря, материалы наблюдений за химическим составом вод Амударьи и Сырдарьи, химическим составом осадков и др.

**Ионный сток.** В таблице 4.10 приведены средние концентрации главных ионов, суммарная минерализация и ионный сток рек Амударьи и Сырдарьи для современного периода, рассчитанные коллективом авторов.

Если сравнивать суммарный ионный сток в Аральское море квазиэстауарного периода (23,8 млн. т в год) и периода 1961-1970 гг. (26,9 млн. т в год), можно видеть, что он несколько увеличился в последнем. Объясняется это резким возрастанием общей минерализации вод Сырдарьи (почти в два раза). Минерализация вод Амударьи в этот период повысилась незначительно.

В последующие периоды в связи с резким сокращением стока воды суммарный ионный сток в Аральское море снизился до 12,5 млн. т в год в 1971-1980 гг. и до 2,23 млн. т в год - в 1981-1985 гг.

В современные периоды в 1986-1990 гг. суммарный ионный сток в море составил 1,79 млн. т, в 1991-2000 гг. сток снизился почти до нуля 1,01 млн. т, а в 2001-2008 гг. ионный сток вовсе отсутствовал. Причем, в отдельные периоды 1991-2000 гг. и 2001-2008 гг. по реке Сырдарье ионный сток отсутствовал. Минерализация вод Амударьи возросла за последний период (2001-2008 гг.) до 3671,8 мг/л, а Сырдарьи - до 2878,4 мг/л (таблица 4.11).

Таблица 4.10.  
Средняя многолетняя концентрация главных ионов, суммарная минерализация и ионный сток рек Амударьи и Сырдарьи для характерных периодов

| Период             | Единица измерения | $\text{HCO}_3^-$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | Cl    | $\text{Ca}^{2+}$ | $\text{Mg}^{2+}$ | $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ | Суммарная минерализация | Ионный сток, млн. т |
|--------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------|------------------|------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|
| <b>Р. Амударья</b> |                   |                  |                    |       |                  |                  |                            |                         |                     |
| 1911-1960          | мг/л              | 153,5            | 104,9              | 74,1  | 83,1             | 11,2             | 43,7                       | 470,8                   | 17,74               |
|                    | %                 | 18,55            | 16,08              | 14,59 | 35,92            | 7,98             | 6,10                       | 100,0                   |                     |
| 1961-1970          | мг/л              | 124,8            | 131,0              | 85,0  | 62,0             | 19,0             | 61,0                       | 482,8                   | 16,93               |
|                    | %                 | 14,20            | 16,50              | 21,30 | 10,50            | 18,20            | 10,00                      | 100,0                   |                     |
| 1971-1980          | мг/л              | 110,7            | 243,8              | 137,9 | 80,8             | 25,8             | 109,2                      | 708,2                   | 8,87                |
|                    | %                 | 8,34             | 23,62              | 18,04 | 18,45            | 9,79             | 21,76                      | 100,0                   |                     |
| 1981-1985          | мг/л              | 145,3            | 619,3              | 357,4 | 127,8            | 74,2             | 315,2                      | 1610,4                  | 2,23                |
|                    | %                 | 4,69             | 25,43              | 19,88 | 12,58            | 12,03            | 25,03                      | 100,0                   |                     |
| <b>Р. Сырдарья</b> |                   |                  |                    |       |                  |                  |                            |                         |                     |
| 1911-1960          | мг/л              | 186,1            | 164,4              | 40,3  | 87,6             | 20,6             | 43,8                       | 542,8                   | 6,05                |
|                    | %                 | 20,04            | 22,49              | 7,47  | 32,27            | 12,52            | 5,71                       | 100,0                   |                     |
| 1961-1970          | мг/л              | 179,0            | 465,4              | 105,8 | 92,8             | 54,0             | 158,0                      | 1055,0                  | 9,96                |
|                    | %                 | 9,63             | 30,89              | 9,48  | 14,66            | 14,04            | 21,30                      | 100,0                   |                     |
| 1971-1980          | мг/л              | 190,1            | 579,2              | 168,1 | 112,0            | 76,0             | 187,1                      | 1312,5                  | 3,59                |
|                    | %                 | 7,80             | 30,31              | 11,90 | 14,03            | 15,59            | 20,37                      | 100,0                   |                     |
| 1981-1985          | мг/л              | 184,5            | 922,7              | 187,1 | 131,1            | 89,5             | 328,7                      | 1843,6                  | -                   |
|                    | %                 | 5,49             | 34,92              | 9,59  | 11,85            | 13,17            | 24,75                      | 100,0                   |                     |



Рост минерализации речных вод обусловил резкое изменение их ионного состава. Так, например, относительное содержание карбонатов в водах Амударьи и Сырдарьи снизилось в 4 раза. В то время как абсолютная их величина претерпела незначительное изменение массы карбонатных солей, осаждающихся при смешении морских и речных вод, с 7,9 млн. т в год в 1961-1970 гг. до 0,4 млн. т в год в 1981-1985 гг.

В то же время значительно возросло относительное и абсолютное содержание хлоридов и сульфатов. Из катионов относительное содержание кальция увеличилось втрое, тогда как его абсолютное значение изменилось незначительно, в то время как при существенном росте абсолютного содержания магния относительная его величина возросла также незначительно. Значительный рост абсолютного содержания металлов, особенно натрия, привел к увеличению их суммарного относительного содержания в 4-5 раз.

Таким образом, сток речных вод, поступающих в Аральское море, трансформировался из гидрокарбонатно-кальциевых в сульфатно-натриевые.

Связано с возрастанием суммарной минерализации и изменением качественного состава речных вод за счет полной зарегулированности и хозяйственного использования вод Амударьи и Сырдарьи.

Таблица 4.11.

Средняя многолетняя концентрация главных ионов, суммарная минерализация и ионный сток рек Амударьи и Сырдарьи для характерных периодов

| Период             | Единица измерения | $\text{HCO}_3^-$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{Cl}^-$ | $\text{Ca}^{2+}$ | $\text{Mg}^{2+}$ | $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ | Суммарная минерализация | Ионный сток, млн. т. |
|--------------------|-------------------|------------------|--------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------|
| <b>р. Амударья</b> |                   |                  |                    |               |                  |                  |                            |                         |                      |
| 1986-1990          | мг/л              | 136,2            | 912,1              | 675,6         | 161,8            | 111,3            | 352,4                      | 2349,4                  | 1,72                 |
|                    | %                 | 10,3             | 21,4               | 17,3          | 17,1             | 11,3             | 12,6                       | 100,0                   |                      |
| 1991-2000          | мг/л              | 127,3            | 1190,1             | 910,4         | 208,7            | 139,3            | 410,7                      | 2986,7                  | 1,01                 |
|                    | %                 | 8,70             | 23,3               | 14,5          | 11,7             | 14,8             | 27,0                       | 100,0                   |                      |
| 2001-2008          | мг/л              | 115,1            | 1395,3             | 1270,1        | 245,6            | 175,5            | 470,2                      | 3671,8                  | -                    |
|                    | %                 | 12,7             | 18,8               | 20,1          | 12,3             | 14,4             | 21,7                       | 100,0                   |                      |
| <b>р. Сырдарья</b> |                   |                  |                    |               |                  |                  |                            |                         |                      |
| 1986-1990          | мг/л              | 171,3            | 1120,1             | 210,4         | 155,9            | 105,6            | 496,1                      | 2261,4                  | 0,07                 |
|                    | %                 | 10,9             | 13,3               | 19,4          | 13,8             | 17,0             | 25,6                       | 100,0                   |                      |
| 1991-2000          | мг/л              | 156,8            | 1240,3             | 245,3         | 170,8            | 121,5            | 624,9                      | 2563,6                  | -                    |
|                    | %                 | 12,0             | 19,1               | 18,3          | 15,3             | 11,8             | 23,3                       | 100,0                   |                      |
| 2001-2008          | мг/л              | 139,0            | 1360,2             | 271,7         | 191,7            | 137,4            | 777,5                      | 2878,4                  | -                    |
|                    | %                 | 9,90             | 16,4               | 21,7          | 19,9             | 14,4             | 17,7                       | 100,0                   |                      |

**Приход солей с атмосферными осадками.** По расчетам коллектива авторов, среднее многолетнее значение минерализации осадков за период 1961-1970 гг. составило 39,5 мг/л при годовых изменениях от 31,5 до 61,0 мг/л.

Период 1971-1980 гг. — 71,1 мг/л при колебаниях от 23,6 до 111,6 мг/л. Для периода 1981-1985 гг. 95,2 мг/л при колебаниях от 59,7 до 146,8 мг/л.

По нашим расчетам, среднее многолетнее значение минерализации осадков за современный период 1986-1990 гг. составило 87,7 мг/л при колебаниях от 61,4 до 115,6 мг/л.

В 1991-2000 гг. 98,3 мг/л при колебаниях от 73,3 до 128,6 мг/л.

В 2001-2008 гг. 117,9 мг/л при колебаниях от 69,8 до 133,5 мг/л. Столь значительное возрастание минерализации осадков связано с повышенной интенсивной аэрозольной территории происхождения вследствие интенсивного ветрового выноса солей с засоленных обсохших территорий бывшего дна Аральского моря.

Сокращение акватории моря не повлияло на поступление солей с атмосферными осадками. Рост их минерализации способствовал увеличению поступления солей с атмосферными осадками, средняя многолетняя масса которых составила в 1961-1970 гг. 0,36 млн. т, а для периодов 1971-1980, 1981-1985-0,44, 0,59 млн. т соответственно. По нашим расчетам, средняя многолетняя масса за современный период 1986-1990, 1991-2000 и 2001-2008 гг. составило - 0,89, 0,98, 1,14 млн. т соответственно.

**Подземный сток и фильтрация вод.** По оценкам ряда авторов, подземный сток в Аральское море в современных условиях не превышает 0,1-0,3 км<sup>3</sup>/год. Из-за падения уровня моря часть грунтовых вод разрушается на обсохшей территории Аральского моря, поэтому при расчетах массы солей, приходящих с подземными водами, коллективом авторов для периода 1961-1970 гг. принята величина 0,2, а для периодов 1971-1980 и 1981-1985 гг. 0,1 км<sup>3</sup>/год. Поступление солей для периодов оценено ими в 1,4 и 0,7 млн. т в год при средней минерализации подземных вод 7 г/л, рассчитанной И.М. Черненко.

Среднее значение фильтрации вод в современный период оценено указанными авторами в 0,1 км<sup>3</sup>/год, и вследствие этого потери солей за счет фильтрации они принимали равными 1 млн. т в год в период 1961-1970 гг., а в последующие периоды и вовсе не учитывали их.

**Годовой приход солей и ветровой вынос солей с поверхности моря и с поверхности льда.** В связи с развитием опустынивания в Приаралье увеличивается приход с общей массой золотого материала. По данным коллектива авторов, ежегодное поступление солей с атмосферной пылью составило для периодов 1961-1970, 1971-1980, 1981-1985 гг. 0,69 млн. т в год соответственно, а ветровой вынос солей с поверхности моря за указанные периоды оценен ими соответственно в 0,38, 0,36, 0,33 млн. т в год.

Ветровой вынос солей с поверхности льда, по их же расчетам, составил для периодов 1961-1970, 1971-1980, 1981-1985 гг. соответственно 0,34, 0,39, 0,49 млн. т в год.

По нашим анализам, ежегодное поступление солей с атмосферной пылью составило для периодов 1986-1990, 1991-2000, 2001-2008 гг.



0,78, 0,86, 0,94 млн. т в год соответственно, а ветровой вынос солей с поверхности моря за указанные периоды оценен нами соответственно в 0,37, 0,49, 0,55 млн. т в год.

Ветровой вынос солей с поверхности льда, по нашим расчетам, составил для периодов 1986-1990, 1991-2000, 2001-2008 гг. соответственно 0,54, 0,59, 0,63 млн. т в год.

**Испарение.** При расчетах количества солей, уходящих с испаряющейся водой, коллективом авторов была использована величина минерализации испаряющейся воды 0,25 мг/л, заимствованная у Л.К.Блинова. Для периодов 1961-1970, 1971-1980, 1981-1985 гг. эта составляющая солевого баланса была оценена указанными авторами в 0,16, 0,13, 0,12 млн. т в год соответственно, при незначительных (0,10 - 0,18 млн. т в год) межгодовых колебаниях.

По нашим расчетам, также была использована величина минерализации испаряющейся воды 0,25 мг/л и для современных периодов 1986-1990, 1991-2000, 2001-2008 гг., эта составляющая солевого баланса была оценена 0,10, 0,08, 0,06 млн. т в год соответственно, при незначительных (0,04-0,19 млн. т в год) межгодовых колебаниях.

В связи с падением уровня Аральского моря и увеличением осушающейся территории дна моря в солевой баланс коллективом авторов включены расхождения его составляющие – осаджение солей на берегах, а также осаджение карбонатных солей при концентрировании морской воды.

При расчетах отложения солей на берегах при понижении уровня ими были использованы данные Института географии РАН о засоленности осушающегося дна Аральского моря между отметками 53 и 49 м абс. По данным В.Н.Бортника, среднее количество солей, отлагающихся на 1 км<sup>2</sup> площади бывшего дна моря, оценено примерно в 7 тыс. т (7 кг/м<sup>2</sup>). Эта цифра была использована коллективом авторов при расчетах массы солей, отложившихся на обсохшей части дна моря для периода 1961-1970 гг., величина, которая за этот период составила 48,5 млн. т при среднем годовом их количестве 4,85 млн. т.

В 1971-1985 гг. среднее количество солей, отлагающихся на 1 км<sup>2</sup> осушенной части дна моря, было оценено в 3 тыс. т. Такая же примерно величина была получена Н.М.Богдановой, Т.А.Востоковой, И.М.Островским, И.В.Рубановым. Среднее годовое количество солей, отложившихся на осушенной части дна моря за 1971-1980, 1981-1985 гг., было оценено ими в 2,84, 4,82 млн. т соответственно.

Величина осадженных карбонатных солей при концентрировании морской водой, по их же расчетам, за 1961-1970 гг. составила 2,39 млн. т при годовых колебаниях от 0 до 5,3 млн. т.

В последующие периоды (1971-1980, 1981-1985 гг.) эта величина составила соответственно 4,34, 6,57 млн. т при годовых колебаниях от 3,13 до 9,98 млн. т (таблица 4.12).

Приток солей в Аральское море

Таблица 4.12

| Год  | Объем моря, км <sup>3</sup> | Масса солей, млн. т | Соленость, г/л | Соленость, ‰ | Масса солей, выпадающих в осадок, млн. т | Лед   | Сумма |
|------|-----------------------------|---------------------|----------------|--------------|------------------------------------------|-------|-------|
|      |                             |                     |                | типичный     | (осаждение в прибрежной зоне)            |       |       |
| 1960 | 1083                        | 10853               | 9,93           | 11,63        | -0,01                                    | 17,50 | 29,13 |
| 1961 | 1079                        | 10837               | 9,97           | 8,24         | 0,28                                     | 15,16 | 23,69 |
| 1962 | 1060                        | 11524               | 10,8           | 8,40         | 0,80                                     | 14,74 | 23,94 |
| 1963 | 1058                        | 11056               | 10,6           | 8,13         | 0,69                                     | 11,70 | 20,52 |
| 1964 | 1050                        | 10515               | 10,1           | 10,56        | 0,03                                     | 15,36 | 26,14 |
| 1965 | 1019                        | 11091               | 10,8           | 5,82         | 0,63                                     | 14,40 | 20,85 |
| 1966 | 993                         | 11810               | 11,8           | 9,21         | 1,31                                     | 14,91 | 25,42 |
| 1967 | 974                         | 10810               | 11,0           | 7,75         | 0,53                                     | 15,50 | 23,58 |
| 1968 | 952                         | 11038               | 11,5           | 8,76         | 1,06                                     | 17,39 | 27,22 |
| 1969 | 955                         | 10514               | 10,9           | 18,42        | -0,35                                    | 18,50 | 36,57 |
| 1970 | 964                         | 10883               | 11,2           | 8,65         | -0,27                                    | 14,94 | 23,52 |
| 1971 | 940                         | 10800               | 11,4           | 5,88         | 1,31                                     | 12,89 | 20,08 |
| 1972 | 909                         | 10968               | 11,9           | 6,62         | 0,70                                     | 14,89 | 22,04 |
| 1973 | 891                         | 10742               | 11,9           | 11,58        | 0,01                                     | 14,46 | 26,04 |
| 1974 | 870                         | 11383               | 13,0           | 2,24         | 0,44                                     | 16,98 | 19,66 |
| 1975 | 822                         | 11044               | 13,4           | 2,14         | 2,08                                     | 14,92 | 19,14 |
| 1976 | 779                         | 11442               | 14,6           | 2,81         | 1,87                                     | 17,83 | 22,52 |
| 1977 | 742                         | 11568               | 15,4           | 1,76         | 2,12                                     | 19,23 | 23,11 |
| 1978 | 713                         | 10742               | 15,0           | 5,30         | 1,39                                     | 18,03 | 24,72 |
| 1979 | 680                         | 10313               | 15,1           | 3,34         | 1,08                                     | 18,02 | 22,64 |
| 1980 | 644                         | 10898               | 16,8           | 3,10         | 0,66                                     | 22,08 | 25,84 |
| 1981 | 616                         | 10974               | 17,2           | 2,42         | 0,95                                     | 16,29 | 19,66 |
| 1982 | 574                         | 10940               | 18,8           | 0,32         | 5,33                                     | 21,89 | 27,53 |
| 1983 | 532                         | 10911               | 20,3           | 0,70         | 6,77                                     | 15,62 | 21,09 |
| 1984 | 499                         | 11009               | 21,9           | 2,92         | 1,71                                     | 27,52 | 32,15 |
| 1985 | 466                         | 10878               | 22,9           | 0,68         | 3,83                                     | 21,99 | 26,50 |
| 1986 | 432                         | 10725               | 22,9           | 0,04         | 8,29                                     | 23,71 | 32,05 |
| 1987 | 401                         | 10025               | 23,9           | 3,57         | 4,14                                     | 23,16 | 30,87 |
| 1988 | 380                         | 10640               | 25,0           | 10,13        | 1,32                                     | 20,40 | 31,85 |
| 1989 | 354                         | 10620               | 28,0           | 1,07         | 5,75                                     | 27,70 | 33,85 |
| 1990 | 323                         | 10336               | 30,0           | 3,87         | 6,87                                     | 21,25 | 31,99 |
| 1991 | 299                         | 10166               | 32,0           | 6,59         | 3,87                                     | 24,14 | 34,60 |
| 1992 | 286                         | 10010               | 34,0           | 15,28        | 0,38                                     | 22,17 | 38,83 |
| 1993 | 278                         | 10008               | 35,0           | 11,40        | 1,13                                     | 29,89 | 42,42 |
| 1994 | 266                         | 9842                | 36,0           | 15,99        | 1,18                                     | 30,28 | 47,45 |
| 1995 | 250                         | 10000               | 37,0           | 3,00         | 5,27                                     | 25,37 | 33,64 |
| 1996 | 230                         | 10005               | 42,0           | 3,74         | 6,20                                     | 33,76 | 43,70 |
| 1997 | 210                         | 10058               | 43,5           | 1,89         | 9,60                                     | 27,18 | 38,67 |
| 1998 | 194                         | 9816                | 49,8           | 17,86        | 3,34                                     | 33,19 | 54,40 |
| 1999 | 181                         | 10100               | 50,6           | 10,14        | 5,61                                     | 33,65 | 49,41 |
| 2000 | 169                         | 9903                | 53,8           | 0,63         | 11,23                                    | 27,43 | 39,28 |
| 2001 | 143                         | 10107               | 58,6           | 7,70         | 6,61                                     | 26,55 | 40,86 |
| 2002 | 110                         | 10200               | 60,1           | 4,40         | 7,70                                     | 28,40 | 40,50 |
| 2003 | 100                         | 9970                | 62,4           | 3,35         | 4,20                                     | 31,00 | 38,55 |
| 2004 | 93,5                        | 10235               | 68,0           | 6,10         | 5,83                                     | 32,70 | 44,63 |

В 2002 году Институтом океанологии РАН при участии Гидрометцентра РФ и совместно с Институтом геологии и геофизики АН Республики Узбекистана, Национальным университетом Узбекистана, Каракалпакским государственным университетом, Нукусским государственным педагогическим институтом, Среднеазиатским научно-исследовательским гидрометеорологическим институтом и Межвузовским казахско-турецким университетом была



начата многолетняя программа экспедиционного мониторинга Аральского моря. По анализам мониторинга за 1990-2000 гг., среднее количество солей, отлагающихся на 1 км<sup>2</sup> осушенной части дна моря было оценено в 5,4 тыс. т. Среднее годовое количество солей, отложившихся на осушенной части дна моря за 1986-1990, 1991-2000, 2001-2008 гг., было оценено ими в 5,3, 4,8 и 6,09 млн. т соответственно.

Величина осаждаемых карбонатных солей при концентрировании морской водой, по их же расчетам, за 1986-1990 гг. составила 8,26 млн. т при годовых колебаниях от 0 до 15,0 млн. т.

В последующие периоды (1991-2000, 2001-2008 гг.) эта величина составила соответственно 9,87, 10,12 млн. т при годовых колебаниях от 6,13 до 12,3 млн. т (таблица 4.12).

#### 4.3. Прогноз изменений гидрологических и гидрохимических условий Аральского моря до 2020 года

Исследованиями по прогнозу изменений гидрологических и гидрохимических условий замкнутых водоемов, в частности Аральского моря, занимались многие исследователи. Так, например, над оценкой возможных перспективных изменений уровня моря или отдельных элементов водного баланса работали А.В.Шинтиков; В.П.Львов; М.Х.Байдаг; В.В.Голубцов; О.А.Морозов; К.И.Смирнова.

У большинства указанных авторов прогнозные разработки носят весьма общий в основном, качественный характер. В них отсутствуют устойчивые связи с вынуждающими силами, не учтено влияние антропогенного фактора на режим моря.

Для долгосрочного прогноза изменений уровня замкнутых водоемов с нарушенным естественным режимом, каким является Аральское море, коллектив авторов предлагает использовать физическую модель, описывающую уравнением водного баланса. При этом необходимо выявить причинно-обусловленные связи каждой составляющей водного баланса моря (водные ресурсы, осадки, испарение) с внешними вынуждающими силами.

Для описания колебаний уровня моря можно использовать также и вероятностный подход. Основными принципами этого метода являются С.Н.Крицкий и М.Ф.Менкель. В основе этого метода для определения уровня водоемов, ожидаемого с той или иной вероятностью через  $n$  лет, лежит построение кривой обеспеченности уровня исследуемого водоема в  $n$ -ом году. В дальнейшем аналитическое решение этой задачи было успешно применено Т. Исхандеровым; С.Н.Крицкий, Д.В.Корнеев; Д.А.Ратковичем; А.Е.Асриным; В.Е.Пивальским; И.С.Жановой для расчета прогнозных уровней Аральского и Каспийского морей и озера Балхаш.

Помимо аналитического метода расчета прогнозных уровней замкнутых водоемов, вероятная концепция допускает также расчеты,

основанные на применении статистического подхода (метод Монте-Карло), Г.Г.Сванидзе разработал основные положения и расчетные методы применительно к гидрологическим задачам, а И.В.Хомерики предложил принципиальную схему математического моделирования уровня замкнутых водоемов, основанную на методе Монте-Карло. Этот метод получил развитие и практическое применение в работах А.Е.Асрина, Т.Исхандерова и др.

Существует еще одна группа работ по прогнозу уровня замкнутых водоемов, в которых исследователи при расчетах перспективного уровня режима исходят из постоянства и равенства многолетней нормы стока рек, испарения и осадков, В.Н.Бортник.

Имеются также смешанные методы прогнозирования колебаний уровня моря, при котором некоторые в одних случаях элементы водного баланса принимаются равными многолетней норме. В других определяются на основании их связей с вынуждающими силами.

По расчетам М.М.Голова и др., уровень моря должен был снижаться следующим образом: 1975 г. 49,5 (49,1); 1980 г. 47,5 (46,0), 1988 г. 42,0 (40,5) м абс.; в скобках даны фактические данные уровня Аральского моря в эти годы. Как видно, их прогноз близок к фактическим данным, но в отдаленной перспективе их разницы увеличиваются. Однако авторы предвидели, что водоизбор из Амударьи и Сырдарьи будет увеличиваться из года в год и заложены ими на основе расчета величинны изъятия стока могут существенно изменяться, в связи с чем рассчитанные уровни моря могут лишь сдвинуться во времени.

И.П.Герасимов и др. на основе своих расчетов полагают, что уровень Аральского моря к 2000 г. понизится до отметки 38,1 абс. м. Сравнение с нынешним состоянием Арала позволяет сделать вывод о недостаточной объективности данного прогноза.

Несколько ближе к фактическим данным уровня Аральского моря прогнозны значения Д.А.Раткович, который отмечал, что при начальном сокращении речного притока уровень течения моря к 2000 г. должен снизиться до отметки 28-31 м абс. При таких отметках море превратится в два небольших, насыщенных ратой, водоема. Однако из-за запаздывания темпов снижения равновесного понижения к концу столетия уровень моря понизился в средних климатических условиях предстоящего периода до отметки 33,2 абс. м.

Далеким от истинных прогнозов дата Г.В.Гельдеева, которая считала, что к 2000 г. уровень моря понизится на 26 м и достигнет отметки 27 м абс., а площадь осушенной части дна составит 56 тыс. км<sup>2</sup>.

А.А.Рафиковым для определения прогнозных уровней Аральского моря был успешно применен метод экспоненциального сглаживания, основанная идея которого базируется на предположении сохранения закона изменения прогнозируемой переменной на ретроспективном участке на определенном интервале времени в будущем. По его расчетам, уровень моря в 1994 г. должен был достигнуть отметки 36,2 м



абс. а в 1999 г. 33,5 м абс. К этому времени этот прогноз оправдался, так как по фактическим данным уровень Аральского моря в 1994 г. достиг отметки 36,9 м абс. а в 1999 году 33,8 м абс.

Для расчета возможных изменений уровня и морфометрических характеристик Аральского моря использован метод группового численного моделирования составляющих водного баланса – осадков, испарения и водных ресурсов рек Амударьи и Сырдарьи. Преимущество этого метода моделирования заключается в учете корреляционных взаимосвязей между моделируемыми рядами, что имеет существенное значение для бассейна Аральского моря (таблица 4.13).

Таблица 4.13  
Корреляционная матрица элементов водного баланса Аральского моря

| № Элемент водного баланса (моделируемые ряды) | Сдвиг на один год |       |       |       |
|-----------------------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|
|                                               | 1                 | 2     | 3     | 4     |
| 1 Водные ресурсы Амударьи                     | 1,00              | 0,83  | 0,23  | -0,17 |
| 2 Водные ресурсы Сырдарьи                     | 0,83              | 1,00  | 0,24  | -0,12 |
| 3 Осадки                                      | 0,23              | 0,24  | 1,00  | -0,07 |
| 4 Испарение                                   | -0,17             | -0,12 | -0,07 | 1,00  |

Примечание: В числителе – по фактическим рядам, в знаменателе – среднее по смоделированным рядам.

Для последующих балансовых расчетов возможных изменений уровня моря было использовано 120 реализаций 30-летних групп взаимосвязанных смоделированных рядов осадков, испарения и водных ресурсов Амударьи и Сырдарьи. В таблице 4.14 проведены статистические параметры исходных и осредненных по 120 реализациям смоделированных рядов и корреляционные матрицы связи между отдельными элементами водного баланса.

Таблица 4.14  
Статистические характеристики исходных (числитель) и смоделированных (знаменатель) рядов

| № | Элемент водного баланса (моделируемые ряды) | Среднее | Коэффициент вариации | Коэффициент асимметрии | Коэффициент автокорреляции |
|---|---------------------------------------------|---------|----------------------|------------------------|----------------------------|
| 1 | Водные ресурсы Амударьи, км³                | 72,3    | 0,13                 | 1,06                   | 0,11                       |
| 2 | Водные ресурсы Сырдарьи, км³                | 72,6    | 0,16                 | 1,07                   | 0,08                       |
| 3 | Осадки, см                                  | 38,1    | 0,21                 | 0,73                   | 0,22                       |
| 4 | Испарение, см                               | 38,2    | 0,20                 | 0,40                   | 0,16                       |
|   |                                             | 12,3    | 0,26                 | 0,82                   | 0,18                       |
|   |                                             | 12,3    | 0,26                 | 0,76                   | 0,12                       |
|   |                                             | 99,1    | 0,09                 | 0,14                   | -0,23                      |
|   |                                             | 98,9    | 0,09                 | 0,28                   | -0,13                      |

Сравнительная характеристика статистических параметров исходных и смоделированных рядов свидетельствует о достаточно высоком качестве моделирования. Дополнительной проверкой адекватности модели служит также несимметричная матрица, которая составлена из наблюдаемых и смоделированных значений коэффициентов корреляции при сдвиге рядов относительно друг друга на один год.

В таблице 4.15 приведены морфометрические характеристики Аральского моря и его отдельных частей при различных высотных отметках уровня.

Результаты балансовых расчетов для минимального и максимального из рассмотренных вариантов роста безвозвратных изъятий стока в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи без учета многолетнего регулирования речного стока водохранилищами приведены в таблице 4.16. Средние значения уровня моря, соответствующие 50% обеспеченности гидрометеорологических факторов, дают достаточно статистическую информацию о вероятных ожидаемых уровнях Аральского моря в ближайшие 2010-2020 годы.

Как видно из таблицы 4.16, уровень моря к 2010 году при средних климатических условиях в зависимости от варианта водопотребления упал до отметок 27,0-26,0, а к 2020 году может до 0,5-0,25 м абс. За счет колебаний климатических условий отклонения уровня от указанных средних отметок могут достигать в 2010-2020 гг. в интервале вероятностей превышения 5-95% (90%-доверительный интервал)  $\pm 0,5-1,0$  м.

Таблица 4.15  
Площадь водной поверхности и объем вод Аральского моря и его отдельных частей при различных высотных отметках уровня (по Р.В.Николаевой)

| Отметка уровня,<br>м абс. | Площадь, км²  |                   |                    |             | Объем, км³    |                   |                    |             |
|---------------------------|---------------|-------------------|--------------------|-------------|---------------|-------------------|--------------------|-------------|
|                           | Малое<br>море | Большое море      |                    | Все<br>море | Малое<br>море | Большое море      |                    | Все<br>море |
|                           |               | Западная<br>часть | Восточная<br>часть |             |               | Западная<br>часть | Восточная<br>часть |             |
| 53,0                      | 5992          | 13628             | 46466              | 66086       | 79,7          | 307,8             | 681,2              | 1063,7      |
| 51,0                      | 5361          | 13364             | 40885              | 59610       | 68,7          | 275,9             | 593,8              | 938,4       |
| 48,0                      | 4830          | 12962             | 37556              | 53348       | 53,5          | 236,3             | 476,3              | 766,1       |
| 43,0                      | 3846          | 11365             | 31417              | 44648       | 31,9          | 175,2             | 304,1              | 511,2       |
| 33,0                      | 1363          | 6203              | 15817              | 23383       | 6,0           | 85,0              | 70,1               | 161,1       |
| 23,0                      | -             | 2689              | -                  | 2689        | -             | 40,8              | -                  | 40,8        |
| 13,0                      | -             | 1597              | -                  | 1597        | -             | 20,6              | -                  | 20,6        |
| 3,0                       | -             | 954               | -                  | 954         | -             | 8,6               | -                  | 8,6         |
| -16,0                     | -             | 0                 | -                  | 0           | -             | 0                 | -                  | 0           |

Расчеты показали, что многолетнее регулирование водного стока Амударьи и Сырдарьи в условиях постоянного нарастания объемов безвозвратных изъятий стока и острого дефицита собственных водных



ресурсов этих рек малоэффективно и не оказывает какого-либо заметного влияния на средний (за расчетный период) суммарный непогашенный дефицит водных ресурсов рек и уровень моря.

Таблица 4.16  
Прогноз изменений морфометрических характеристик  
Аральского моря по годам (по данным В.А.Рафикова)

| Годы | Уровень<br>воды,<br>м | Площадь<br>водного<br>зеркала, км <sup>2</sup> | Объем<br>воды,<br>км <sup>3</sup> | Минерализация<br>воды,<br>г/л |
|------|-----------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 2013 | 24,2                  | 10,9                                           | 57,0                              | 143                           |
| 2014 | 22,0                  | 8,2                                            | 49,0                              | 150                           |
| 2015 | 20,5                  | 7,4                                            | 39,3                              | 155                           |
| 2016 | 17,0                  | 6,7                                            | 27,5                              | 165                           |
| 2017 | 15,5                  | 5,1                                            | 16,0                              | 170                           |
| 2018 | 10,7                  | 4,5                                            | 8,2                               | 190                           |
| 2019 | 6,2                   | 3,0                                            | 4,95                              | 225                           |
| 2020 | 0,5                   | 1,97                                           | 1,35                              | 237                           |

| Максимальный вариант изъятий |      |      |      |     |
|------------------------------|------|------|------|-----|
| 2013                         | 21,0 | 9,0  | 50,0 | 150 |
| 2014                         | 20,0 | 7,8  | 38,2 | 160 |
| 2015                         | 15,2 | 7,0  | 26,2 | 170 |
| 2016                         | 11,3 | 6,35 | 18,7 | 180 |
| 2017                         | 7,2  | 4,7  | 8,69 | 190 |
| 2018                         | 4,5  | 4,1  | 6,56 | 200 |
| 2019                         | 0,8  | 2,4  | 1,67 | 225 |
| 2020                         | 0,25 | 1,7  | 0,85 | 250 |

Отклонения средних значений уровня отдельных лет от их значений, соответствующих одним и тем же вариантам изъятий стока, не превышает 1,0-2,0 м.

Осуществление того или иного варианта водохозяйственных мероприятий, определяющих темпы роста безвозвратных изъятий стока, существенно скажется на режиме моря. Так, в 2020 г. падение уровня при различных вариантах изъятий может различаться более чем на 0,25 м. Влияние же климатических факторов на уровеньный режим моря в условиях рассмотренных вариантов изъятий стока существенно ограничено. Это связано с практически полным исчерпанием водных ресурсов рек Сырдарьи и Амударьи уже к 2005-2008 гг.

Таким образом, в ближайшие десятилетия падение уровня Аральского моря будет продолжаться, и его интенсивность будет определяться в основном антропогенным фактором – темпами возрастания объемов безвозвратных изъятий стока, характеризующих тот или иной вариант водохозяйственных мероприятий в бассейне моря.

Изменения солёности Аральского моря в современный период и в дальнейшем будут обуславливаться, главным образом, континентированием морских вод при уменьшении объема моря. В то же время влияние ионного стока и других составляющих солевого баланса будет крайне незначительно ввиду резкого уменьшения притока речных вод и сокращения площади моря. К тому же значительная часть солей,

приносимых реками (карбонаты и часть сульфатов), будет осаждаться при смешении речных и морских вод вследствие пересыщения последних этими солями.

Прогнозирование средней солёности замкнутых водоемов тесно связано с изменением их уровня и режима. Одними из первых исследователей, занимавшихся оценкой средней солёности Аральского моря в будущем, были Б.Д.Зайков, Т.В.Николаевский и М.А.Фортуналов. Которые, основываясь на том свойстве Аральского моря, что его солёная область обладает большой инерцией и довольно устойчива во времени, для расчетов прогнозных значений солёности моря использовали зависимость его средней солёности от объема Арала.

В.Н.Бортник успешно использовал метод вероятностного моделирования при солёности Аральского моря. Этот метод был дополнен и развит им в коллективной монографии Аральское море.

Результаты балансовых расчетов средней солёности Аральского моря для минимального и максимального вариантов роста безвозвратного водопотребления в бассейне моря приведены в таблице 4.16. Эти значения солёности соответствуют 50% обеспеченности гидрометеорологических характеристик, а стандарты отклонений дают статистическую информацию о вероятных отклонениях значений солёности под влиянием природных факторов.

Как видно из таблицы 4.16, к 2010 г. солёность моря при средних климатических условиях повысилась до 112-115‰. За счет климатических факторов отклонения солёности от средних значений достиг (при 90% доверительном интервале)  $\pm 5,6-6,5\%$ .

К 2020 г. солёность моря может повыситься до 237-250‰. Отклонения от средних за счет колебаний климатических факторов (при 90% доверительном интервале) составят  $\pm 10,7-13,0\%$ .

В зависимости от варианта безвозвратных изъятий стока значения солёности моря, к 2020 г. могут отличаться друг от друга на 13‰. Как было показано выше, влияние климатических факторов на режим моря в условиях рассмотренных вариантов изъятий стока за пределами 2005-2008 гг. будет несколько ограничено.

По мере осолонения вод моря будет происходить метаморфизация их солевого состава, связанная с осаждением части труднорастворимых солей.

В условиях при средней солёности воды Аральского моря, составляющей 10,2-10,3‰, осаждаются только  $\text{CaSO}_4$ . Высокая карбонатность аральских грунтов уже давно отмечена. Достаточно хорошо показана также большая роль в образовании этих осадков процесса химического осаждения  $\text{CaCO}_3$  из воды Аральского моря. Согласно исследованиям И.Н.Летешкова и Н.В.Бодяковой, аральская вода при увеличении солёности 29,8‰, полученной в условиях изотермического испарения при 40°C, становится насыщенной и  $\text{CaSO}_4$ . Как и следовало ожидать, сходный результат получен Л.К.Блиновым на основании экспериментов, проведенных в условиях, близких к



естественным. Такой солености вода Арала достигла при уменьшении его водной массы примерно до 350 км<sup>3</sup>. Это соответствовало понижению уровня до 39 м абсолютной высоты и сокращению площади моря на 33 тыс. км<sup>2</sup>. Очевидно, что на всей этой площади аральские хемогенные осадки могут быть представлены только CaSO<sub>4</sub>. Лишь при дальнейшем понижении уровня моря к карбонату кальция присоединится и гипс.

По нашим анализам, совместное осаждение только этих солей будет происходить в течение длительного времени - до тех пор, пока к ним не присоединится сезонная (в холодное время года) сдвиги мирабилита. К этому времени резко сократившаяся в объеме и по площади Аральское море станет близким в гидрохимическом отношении к Кара-Богаз-Голу в той его стадии, когда карабогазская рапа была еще не насыщена NaCl. Осаждение солей в сформировавшейся рапе Аральского моря произойдет по схеме, соответствующей условиям осаждения солей для указанной стадии Кара-Богаз-Гола: зимой с охлаждением рапы будет осажаться мирабилит (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O) и соли Ca; летом - наряду с продолжающимся осаждением последних, мирабилит перейдет в раствор, но так как глубина водоема окажется сравнительно большой и водная масса будет прогреваться очень медленно, то можно предположить, что растворится не весь осевший мирабилит. Часть выпавшего зимой мирабилита при штормовых ветрах может быть выброшена на берег, подобно тому, как это происходило на Кара-Богаз-Голе.

По аналогии с последним, выброшенным на берег мирабилит может составить лишь ничтожную долю его общего количества, осаждаемого из стуженной воды Аральского моря.

По мере дальнейшего роста концентрации аральской рапы произойдет и насыщение ее NaCl. Осаждение последнего, в отличие от мирабилита, не будет иметь сезонного характера, так как растворимость NaCl мало зависит от температуры воды. На начальной стадии насыщения аральской рапы NaCl его выпадение в зимнее время может приостановиться, так как вследствие сдвиги мирабилита общая соленость рапы снизится. Но при полном прекращении притока речных вод в Аральское море эта стадия будет длиться лишь немногие годы. С увеличением концентрации рапы NaCl постепенно перекроет осевшие на дно водоема сульфатные соли (с увеличением концентрации будет происходить также осаждение сульфата натрия), что вначале затруднит, а вскоре и совсем исключит возможность их растворения в теплом поулоне.

Процесс превращения в хлоридное соляное озеро будет протекать, видимо, быстро, так как осаждение сульфатов начнется при еще значительной глубине Арала, и повышение температуры придонных вод в теплое время года, как уже отмечалось, окажется недостаточным для их полного растворения. Такое явление неоднократно наблюдалось и в

менее глубоком Кара-Богаз-Голе; именно с ним в основном и связано относительное уменьшение сульфат-иона в карабогазской рапе по сравнению с каспийской водой.

С превращением Арала в хлоридное соляное озеро практически будет происходить осаждение только NaCl, на долю которого придется больше 99% массы осаждаемых солей; соли Ca составят лишь доли процента. В конечном счете, образуется соляное озеро, верхняя часть соляной толщи которого будет представлена пластом почти чистой поваренной соли, а нижняя часть - различными сульфатами: мирабилитом (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O), глауберитом (CaSO<sub>4</sub>·Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), астраханитом (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·MgSO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O) и другими.

Средняя мощность соляной толщи моря составит не меньше 2,5-3 м, если даже принять заведомо завышенный размер площади Арала к началу сдвиги NaCl - 1,5 тыс. км<sup>2</sup>. Примерно половина этой мощности придется на пласт поваренной соли (галита). Как показывают многочисленные наблюдения на озерах Российской Федерации - Кулундинское (Алтайский край), Баскунчак (Астраханская обл.), Эльтоне (Волгоградская обл.) и других соляных озерах, пласт галита представляет собой очень плотное образование, практически не подверженное ветровой эрозии. Никакого раздувания этого пласта, а следовательно, и выноса солей произойти не может.

В отличие от галита, обезвоженный сульфат натрия (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) - легко раздуваемый ветром порошок. Но в описываемых условиях все сульфатные соли будут защищены от раздувания плотным пластом галита.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прогноз изменений геосистем дельты Амударьи и обсохшего дна Аральского моря позволяет сделать следующие выводы:

1. С начала 60-х годов прошлого столетия антропогенное воздействие на естественные природные условия Аральского моря и Приаралья стало резко увеличиваться все возрастающими темпами. Расширение площадей орошаемых земель и связанное с ним уменьшение притока речных вод к морю, интенсификация химизации сельского хозяйства, ухудшение качества речных вод привели к многим негативным изменениям физико-географических, экологических, социально-экономических условий региона. Аральское море вследствие его интенсивного усыхания практически потеряло свое рыбохозяйственное, транспортное и рекреационное значение; дегривировались уникальные ландшафтные зоны дельты Амударьи и Сырдарьи; ухудшились климатические условия в прилегающих к морю районах; резко обострилась санитарно-эпидемиологическая обстановка; усилилась пыле и солевые выносы на прилегающие территории и др.
2. Теоретически обоснованы методология, научные подходы, принципы и методы прогнозирования изменения аральных геосистем в



условия продолжающейся экологической дестабилизации в Южном Приаралье до 2020 года. Главный принцип прогнозирования изменения геосистем – историко-динамический, который основывается на исследовании в историко-эволюционном плане. В прогнозировании трансформации геосистем наряду с другими методами использован преимущественно прогнозный космоидикационный, являющийся наиболее эффективным и достоверным. Восторжене и глубоко исследованы природные и антропогенные факторы прогнозирования изменения геосистем Приаралья.

3. К 2020 г. в опустынивающейся части дельты Амударьи, при сохранении существующей (имеется в виду относительно многоводные годы) степени обновления междуречных понижений (Междуречинское, Судочинское, Караджарское, Майпостское) будут сохраняться нынешние гидроморфные (озерно-болотные в сочетании с солончаковыми) геосистемы, межкотловинные возвышенные равнины, по всей вероятности, будут подвергаться эвновальным процессам, и в связи с этим доминирующими станут автоморфные (суходольные) ландшафтные условия с резким преобладанием эоловых процессов и естественного засоления.

4. Экстрааридные геосистемы обсохшей части для Аральского моря являются чрезвычайно высокодинамичными, а по мере снижения его уровня их свойства беспрерывно изменяются от уреза воды до коренного берега. Установлено, что ландшафтные и естественно-мелноразличные особенности территории в пространстве постепенно трансформируются от гидрогаломорфных (урез морской воды) до эвновальных комплексов (коренной берег 1960-х г.) включительно. Следовательно, для осушки моря характерны самые различные полиспектры аридных геосистем и процессов.

5. Изобата 0-5 м - зона формирования классических аэродинамических форм эолового рельефа, к 2020 году здесь будет закончен первый этап формирования типичного Аральского бархано-буфтистого рельефа: полоса по изобате 6-10 м окончательно переходит в эвновальный этап развития геосистем (кроме локальных участков ур.Алжибай, Муинак, Рыбачий, долина и устья Ордобайгузек); геосистемы изобаты 11-17 м до конца прогнозируемого времени будут развиваться сначала в тенденции прогрессирующего засоления, а далее рассоления, т.е. им будут свойственны суперавальные и субавальные эвновальные геологохимические условия. Изобата 18-30 м, по всей вероятности, и далее не будет покрываться растительностью из-за суровости гидрозасоленной среды.

6. Прогноз состояния гидроскима Арала определяется непосредственно объемом стока Амударьи, при условии сохранения стока Амударьи в море (от 20 до 30 км<sup>3</sup> в год) его зеркало стабилизируется на отметке от 25,0 до 28 м абс. (при норме слов видимого испарения 0,86 м год).

По нашим прогнозам, уровень моря к 2015 году при средних климатических условиях в зависимости от варианта водопотребления может упасть до отметок 20,0-22,0, а к 2020 году до 0,5-0,25 м абс. За счет колебаний климатических условий отклонения уровня от указанных средних отметок могут достигать в 2010-2020 гг. в интервале вероятностей превышения 5-95% (90%-доверительный интервал)  $\pm 0,5-1,0$  м.

К 2015 г. соленость моря при средних климатических условиях может повыситься до 130-145‰. За счет климатических факторов отклонения солёности от средних значений могут достигать (при 90% доверительном интервале)  $\pm 5,6-6,5$ ‰.

К 2020 г. солёность моря может повыситься до 237-250‰, а отклонения от средних за счет колебаний климатических факторов (при 90% доверительном интервале) составят  $\pm 10,7-13,0$ ‰.

По нашим прогнозам, совместное осаждение солей будет происходить в течение длительного времени - до тех пор, пока к ним не присоединится сезонная (в холодное время года) садка мирабилита. На конечной стадии высыхания Аральского моря образуется соляное озеро. Его твердую и жидкую фазы составят основания мяса солей - около 9 млрд. т, т.е. практически все растворенные в воде современного Арала соли Na и Mg.

7. Проблема Аральского моря и Приаралья в течение 50 лет превратилась крупно- и макрорегионального масштаба, при этом негативные процессы дальнейшего усыхания моря и опустынивания дельтовых равнин приобретают прогрессивного характера. В течение указанного периода были благоприятные шансы для стабилизации уровня моря, в частности на отметках 40 м, 36 м, 33 м, которые позволяли бы сохранить большого моря в нерасчлененном виде, если направили бы регулярно от 20 до 40 км<sup>3</sup> ежегодно (в зависимости от его уровня). Теперь эти шансы уже позади. Стабилизация зеркала моря на отметке 33 м абс. не реально, так как в нынешних условиях дефицита речной воды Амударьи и Сырдарьи нельзя направить постоянно сток в объеме не менее 20 км<sup>3</sup> в год. Остается только один выход сохранения моря в отдельных районах морской котловины (западной части и в Малом море), но при наличии не менее 10 км<sup>3</sup> для западной части и 5-7 км<sup>3</sup> для Малого моря.

Оптимизация природной среды Приаралья должна осуществляться регулярно на основе генеральной схемы и научно - обоснованной концепции по решению проблемы, рассчитанные на нескольких этапах, реализации основных мероприятий. В основных мероприятиях должны содержаться стратегия нормализации экологического равновесия, улучшения санитарно-гигиенической, медико-биологической и социально-экономической ситуации в регионе.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Каримов И.А. Узбекистан на пороге XXI века: угрозы безопасности, условия стабильности и гарантии прогресса. Ташкент: Узбекистан, 1997. с.113-125.
2. Каримов И.А. Узбекистан по пути углубления экономических реформ. Ташкент: Узбекистан, 1995. с.145-157.
3. Артыкова Ф.Д., Трофимов Г.Н. Вероятностная модель динамики уровня Арала// Международная научно-практическая конференция «Иновация 2004»/ Сб. научных статей. Ташкент: ИТТУ, 2004. с. 295-297.
4. Асарин А.Е. Водный баланс и ожидаемые уровни Аральского моря. Тр. IV Всесоюзного гидрологического съезда. -Л.: Гидрометеоиздат, 1976. Т.4. с.199-207.
5. Бакум Т.А. Современные тенденции изменения биоклиматических Приаралья// Проблемы освоения пустынь. Ашхабад. 1979. №2. с.34-40.
6. Берг Л.С. Аральское море// Известия Туркестанского отделения Русского географического общества. М.: 1908. №9. с.569 с.
7. Берлянт А.М. Использование карт для целей прогноза. В кн.: Итоги науки и техники. М.: Картография, 1976. Т.7. с.22-36.
8. Блинов Л.К., и др. Гидрохимия Аральского моря. Л.: Гидрометеоиздат, 1956. с.252.
9. Бортник В.Н., и др. Современное состояние и возможное будущее Аральского моря// Известия СССР, сер.географ. М.: 1991. №4. с.62-68.
10. Воложкин А.В. Проблема реконструкции рыбного хозяйства Аральского моря и современные задачи рыбохозяйственных исследований// Материалы режиму вод бассейна Аральского моря. М.: Каз. МОИП. 1950. с.3-5.
11. Гельдиева Г.В. Степные и пустынные ландшафты равнинного Казахстана (систематика, тенденции развития в условиях современного земледелия). Автореф. докт. геогр. наук. Л.: ЛГУ, 1989. с.250.
12. Герасимов И.П. Конструктивная география: цели, методы, результаты. М.: Наука, 1977. с.58.
13. Готтарев Н.П., и др. Влияние температурной стратификации приподнятого слоя атмосферы на скорость испарения. Тр. ГОИН. М.: Наука, 1970. вып. 98. с.148-155.
14. Звонкова Т.В. Принципы и методы регионального географического прогнозирования// Вестник МГУ, сер.геогр. М.: 1972. №4. с.19-25.
15. Звонкова Т.В. Методы географического прогноза изменений природной среды. София, Жемутт, 1975. с.25-90.
16. Звонкова Т.В. Географическое прогнозирование. М.: Высшая шк. 1987. с.192.
17. Иванова Л.В. Гидрологические аспекты проблемы Аральского моря// Водные ресурсы. М.: 1992. №2. с.39-49.
18. Исаченко А.Г. Методы прикладных ландшафтных исследований. Л.: Наука, 1980. с.222.
19. Искендеров Т. Некоторые уточнения методики вероятностного счета колебаний уровня замкнутых водоемов. Тр. ИТИ. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. вып. 180. с.152-161.
20. Ишанкулов М.Ш. Развитие природных комплексов обмелаживающегося дна Аральского моря. Теория и природные ресурсы. Ташкент: ФАН, 1985. №2. с.45-53.
21. Кесь А.С., и др. Прогноз солеобразующих процессов на осушаемых дне Аральского моря// Проблемы Арского моря и дельты Амударьи. Ташкент: Фан, 1984. с.90-101.
22. Кравцова В.И. Деградация Арала и прилегающих территорий: особые явления, наблюдаемые по космическим снимкам. М.: МГУ, 2004. с.55-60.
23. Крицкий С.Н., и др. Некоторые положения статистической теории колебаний уровней естественных водоемов и их применение к исследованию режима Каспийского моря. М.: Изд. АН СССР, 1946. с.76-96.
24. Курбаниязов А.К. Возможности и характер управления природной средой Арала. Известия географического общества Узбекистана. Ташкент: Т.23. 2003. с.91-92.
25. Курбаниязов А.К. Современное состояние изученности гидрологических условий обмелавшего дна Аральского моря. Известия географического общества Узбекистана. Ташкент: Т.25. 2005. с.61-63.
26. Рафиков А.А. Проблема Аральского моря. Ташкент: Узбекистан, 1978. 140 с.
27. Рафиков А.А. Типизация природных комплексов и анализ влияния естественных факторов на метеоэклиматические условия на примере Южного Приаралья. Заключение отчет Отдела географии АН РУз. Ташкент: 1980. с.142.
28. Рафиков А.А. и др. Снижение уровня Аральского моря и изменение природных условий низовьев Амударьи. Ташкент: ФАН, 1981. 200 с.
29. Рафиков А.А. Природные условия осушающегося южного побережья Аральского моря. Ташкент: ФАН, 1982. 148 с.
30. Рафиков А.А. Географик прогнозаштирини асослари. Тошкент: ЎзМУ. 2003. 268 б.
31. Рафиков В.А. Новая пустыня Аралкум// Проблемы освоения пустынь. Ашхабад. 2003. №4. с.7-21.
32. Рафиков В.А. Арал: крик среди пустыни// Республика илмий-адабий анжумани материаллари/ «География тарихи: хотира ва кадриятлар». Наманган. 2005. 25-26 б.
33. Рафиков В.А. Орол денгизининг курган кисми: муаммо, ечимлар ва таклифлар// Хозирги замон географияси: назария ва амалиёт/ ЎзМУ Халқаро илмий-адабий конференция материаллари. Тошкент: 2006. 85-89 б.



34. Рафиков В.А. Прогноз изменений природных комплексов опустынивающейся части дельты Амударьи, обсохшего дна Аральского моря его состояние до 2015 года. Заключительный отчет. Отдела географии АН РУз. Ташкент: 2007. с.175.
35. Рафиков В.А. Картографирование и о карте «Опустынивание аридной зоны Узбекистана»// Проблемы освоения пустынь. Ашхабад. 2007. №4. с.21-25.
36. Рафиков В.А. Прогноз изменений геосистем обсохшей части дна Аральского моря до 2015 года// «Проблемы обеспечения водными ресурсами сельских населённых пунктов в маловодные годы и мероприятия по их решению»/ Республиканская научно-практическая конференция. Тезисы докладов Института Гидроинтео. Ташкент: 2008. с.39-45.
37. Рафиков В.А. Прогноз изменений гидрологических и гидрохимических условий Аральского моря до 2015 г.// Материалы международной научной конференции ин-та Сейсмологии АН РУз. Ташкент: 2008. с.248-251.
38. Рафиков В.А. Значение научного предвидения будущего состояния природной среды и экологической ситуации// Известия ГО Узбекистана. Ташкент. 2009. №32. с.23-24.
39. Рафиков В.А. Прогноз изменений геосистем обсохшей части дна Аральского моря. Самарканд: 2009. с.41-45.
40. Рафиков В.А. Оценка состояния Аральского моря в интересах экологической безопасности// Международная научно-практическая конференция по проблемам снижения природных опасностей и рисков (Тюрик-2009). Тезисы докладов. М.: РАН, 2009. с.205-209.
41. Рафиков В.А. Принципы и методика составления карты «Опустынивания аридной зоны Узбекистана»// «Узбекистон Миллий атласини яратилингиз илмий-услубий асослари». Международная научно-практическая конференция. Тезисы докладов НУУЗ. Ташкент: 2009. с.74-78.
42. Рубанов В.И. и др. Процессы солёнакопления в акватории Аральского моря// Проблемы освоения пустынь. Ашхабад. 1998. №3. с.31-37.
43. Рубинова Ф.Э. Влияние водных мелiorаций на стоки гидрохимический режим бассейна Аральского моря. Тр.САННИИ. Ташкент: 1987, вып.124 (205), с.155-160.
44. Рубинова Ф.Э. и др. Водно-солёный баланс Аральского моря. В кн.: Тез. докладов участников 1-ой региональной конференции по миграции на территории Среднеазиатского региона. Ташкент: 1988. с.63-64.
45. Хомерики И.В., Гершкович М.И. Статистическое моделирование уровня замкнутых водоемов. В кн.: Гидроэнергетическое строительство в горных условиях. М.: Энергия. 1976, вып.4 (59), с.58-623.
46. Хомерики И.В. Моделирование водного баланса Аральского моря// Метеорология и гидрология. М.: 1978. №9, с.70-80.
47. Чамбарисов Э.И., Насруллин А.Б., Хожамуратова Р.Т. Гидроэкологический мониторинг грунтовых и поверхностных вод Южного Приаралья с использованием ГИС-технологий// Современное состояние подземных вод: проблемы и решения// Материалы международного научно-практической конференции. Ташкент: ГИДРОИНТЕО, 2008. с.38-39.
48. Черненко И.М. Приток подземных вод в Аральском море и его значение в решении проблемы Арала// Проблемы освоения пустынь. Ашхабад. 1970. №4. с.28-38.
49. Чуб В.Е., Иванов Ю.Н. Современное состояние гидрометеорологической сети Центральной Азии// Проблемы бассейна Аральского моря (исследования, проекты, предложения). Тр. Междунаро. техн. встречи по проблемам бассейна Аральского моря. Ташкент: САННИИ, 1998. с.26-30.
50. Чуб В.Е., Ососкова Т.А. Изменение климата и поверхностные водные ресурсы бассейна Аральского моря // Информации об исполнении Узбекистаном своих обязательств по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. Ташкент: САННИИ, бюллетень № 3. 1999. с.5-14.
51. Шульц В.Л., Шлятова Л.И. Водный баланс Аральского моря. Труды ТашГУ. Сер. географ. науки. Ташкент: ТашГУ, 1964, вып.269. с.33-58.
52. Шульц В.Л. Водный баланс Аральского моря. Тр. САННИИ. Ташкент: САННИИ, 1975, вып.23. с.3-28.
53. Якубов М.А. Об ущербе продуктивности орошаемых земель от ухудшения качества воды в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи. Тр. Ин-та водных проблем АН РУз, 1995. с.152-156.
54. Якубов М.А., и др. Эколого-гидрометеорологические проблемы бассейна Аральского моря и пути их решения// Экологический вестник Узбекистана. 1995. №2/3. с.46-51.
55. Якубов М.А., Курбанбаев Р.Е. Установление необходимого объема воды для поддержания экологического равновесия в дельте реки Амударьи// Центально-Азиатская международная конференция. Алматы: Ылим, 2003. с.343-345.



## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                        |  |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------|
| <b>Введение</b>                                                                                                        |  | <b>3</b>  |
| <b>1. Прогнозирование изменений аридных геосистем в условиях продолжающейся экологической деградизации в Приаралье</b> |  | <b>5</b>  |
| 1.1. Научное и прикладное значение прогноза изменений геосистем Приаралья и гидрологического состояния Аральского моря |  | 5         |
| 1.2. Приаралье и Аральское море как классический регион по прогнозированию трансформации геосистем                     |  | 7         |
| 1.3. Научные принципы и методы прогнозирования изменений аридных геосистем Приаралья до 2020 г.                        |  | 10        |
| 1.4. Природные факторы прогнозирования изменений геосистем Приаралья                                                   |  | 15        |
| 1.4.1. Дреннирующее влияние моря                                                                                       |  | 16        |
| 1.4.2. Устойчивое снижение уровня грунтовых вод и повышение степени их минерализации                                   |  | 17        |
| 1.4.3. Развитие дефляционных и галогеохимических процессов                                                             |  | 19        |
| 1.4.4. Эрозионно-суффозионное явление                                                                                  |  | 20        |
| 1.4.5. Динамика почвообразовательных процессов и эволюция почв                                                         |  | 21        |
| 1.4.6. Сукцессия растительных сообществ                                                                                |  | 22        |
| 1.5. Антропогенные факторы прогнозирования изменений геосистем                                                         |  | 23        |
| 1.5.1. Техногенное расчленение или техноэрозия                                                                         |  | 24        |
| 1.5.2. Обводнение экосистем                                                                                            |  | 26        |
| 1.5.3. Подтопление и затопление                                                                                        |  | 26        |
| 1.5.4. Выпас и перевыпас скота                                                                                         |  | 27        |
| 1.5.5. Рубка древесно-кустарниковых сообществ                                                                          |  | 28        |
| 1.5.6. Сельскохозяйственное освоение земель                                                                            |  | 28        |
| <b>2. Прогноз изменений геосистем опустынивающейся части дельты Аму-дарьи до 2020 г.</b>                               |  | <b>29</b> |
| 2.1. История исследования прогнозирования и прогноза изменений Приаралья                                               |  | 29        |
| 2.2. Ландшафтная основа прогноза                                                                                       |  | 32        |
| 2.3. Учет тенденции развития опустынивания в прогнозировании и прогноза изменений геосистем дельты Аму-дарьи           |  | 26        |
| 2.4. Прогноз изменений геосистем опустынивающейся части дельты Аму-дарьи                                               |  | 29        |

|                                                                                                                         |  |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------|
| <b>3. Прогноз изменений геосистем обсохшей части дна Аральского моря в пределах Узбекистана</b>                         |  | <b>55</b>  |
| 3.1. О признаках прогнозирования изменений геосистем осушки моря                                                        |  | 55         |
| 3.2. Методы прогнозирования изменений природных комплексов осушки моря                                                  |  | 56         |
| 3.3. Факторы прогнозирования изменений геосистем осушки дна Аральского моря                                             |  | 58         |
| 3.4. Прогноз изменений геосистем обсохшей части дна Арала до 2020 г.                                                    |  | 60         |
| <b>4. Прогноз изменений гидрологических и гидрохимических условий Аральского моря до 2020 г.</b>                        |  | <b>70</b>  |
| 4.1. Гидрологические и гидрохимические условия Аральского моря до снижения его уровня                                   |  | 71         |
| 4.2. Тенденция изменения гидрологических и гидрохимических условий Аральского моря с 1961 г. и их современное состояние |  | 79         |
| 4.3. Прогноз изменений гидрологических и гидрохимических условий Аральского моря до 2020 г.                             |  | 96         |
| <b>Заключение</b>                                                                                                       |  | <b>103</b> |
| <b>Литература</b>                                                                                                       |  | <b>106</b> |

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI O'QU TALIM,  
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIG'I  
SINRSNIO DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI  
**AHBOROT RESURS MARKAZI**

- 3915 -



**В.А. РАФИКОВ**

**СОСТОЯНИЕ**

**АРАЛЬСКОГО МОРЯ И ПРИАРАЛЬЯ**

**ДО 2020 ГОДА**



Формат 60x84 1/6. Типография «Times New Roman».  
Печать, ризо. Усл. печ.л. 7. Изд. печ.л. 7. Тираж 100. Заказ № 1726619

Отпечатано в типографии ООО «Muniz design group»  
Ташкент, ул. И.Муминова-13.