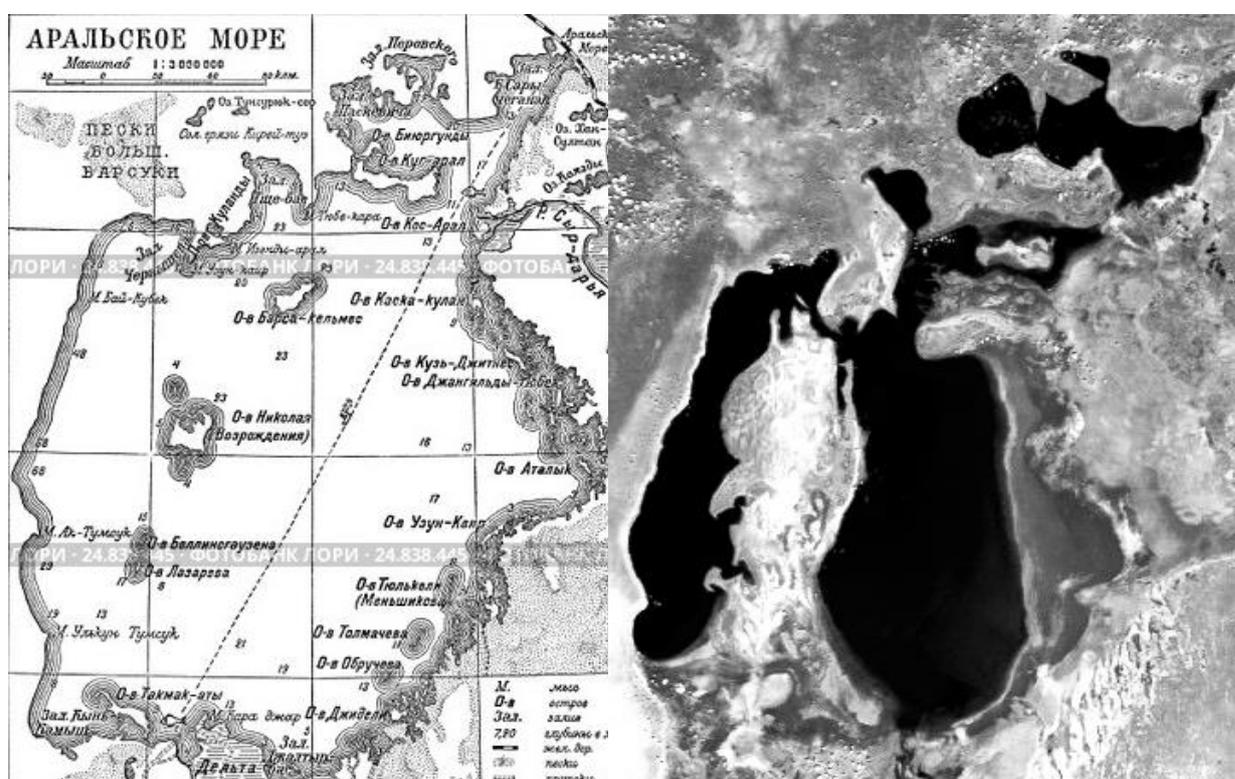




Алибаев К.У

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ АРАЛЬСКОГО МОРЯ.

(Краткий ретроспективный обзор прогнозов)



(Проблемы Аральского моря. Выпуск №1)

Представленная брошюра подготовлена в целях обсуждения научных исследований и технических решений по восстановлению Аральского моря.

ПК «Институт Казгипроводхоз» будет признателен всем заинтересованным организациям и специалистам при обсуждении вопросов по восстановлению Аральского моря.

Свои замечания и предложения просим направлять в

ПК «Институт Казгипроводхоз» , по адресу г.Алматы, пр.Сейфуллина д.434, эл.адрес: [kazgipro@mail.ru](mailto:kazgipro@mail.ru).

Подготовил – ГИП Алибаев К.У., моб. +7 771 7663367

эл.адрес: [karimalibaev@mail.ru](mailto:karimalibaev@mail.ru)

Сайт - <https://hydrotechsafety.kz>

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор посвящен проблеме высыхания Аральского моря, ставшая не только региональной, но и мировой экологической проблемой. Предложен краткий ретроспективный обзор высказанных предположений о возможном будущем Аральского моря.

*Ретроспектива (от лат. retrospectare — взгляд назад) — взгляд в прошлое, обозрение того, что было в прошлом. Ретроспекция – это форма речевого выражения, отсылающая слушателей к предшествующей содержательной информации.*

Начиная с 70-х годов прошлого столетия, Аральское море изучалось ведущими научными институтами, проводилось изучение широкого комплекса вопросов: гидрологических, водно-балансовых, солевых, почвенных, рыбохозяйственных, природных и др. Был накоплен значительный материал исследований, характеризующий текущее (на тот период) состояние моря, его динамику и перспективы изменений.

Однако с началом снижения объемов моря, постепенно перераставшее в обмеление и далее в высыхание, учеными и специалистами стали проводиться различные оценки и прогнозы вероятных сценариев уменьшения моря. Были проведены оценки возможных сценариев обмеления Аральского моря, степени высыхания, темпов и масштабов сокращения при различных объемах поступления воды в Аральское море.

В 80-90 годах были проведены комплексные исследования высыхания Аральского моря и влияния на окружающую среду, на экономическое развитие региона в целом.

Сегодня в 21 веке, когда экологическая катастрофа на Аральском море уже произошла, и все страны Центральной Азии ощутили на себе последствия катастрофы, считаем важным вновь вернуться к прошлым проработкам, вспомнить высказанные аргументы и выводы, сделанные в начале процесса обмеления и высыхания Аральского моря в 70-90х годах.

Для оценки прошлых взглядов на Аральскую проблему, нами были использованы отдельные опубликованные материалы, в которых приведены общепринятые на тот период, мнения и рассуждения по перспективам развития Аральского моря. В частности, были использованы материалы следующих изданий, наиболее полно описывающие возможные сценарии развития ситуации:

1. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Аральское море.* Л. 1990г.
2. *В.И.Кукса. Южные моря (Аральское, Каспийское, Азовское и Черное) в условиях антропогенного стресса.* Л. Гидрометеоиздат 1994 г.
3. *Гидрометеорологические проблемы Приаралья.* Л. Гидрометеоиздат. 1990г.

## 2. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РЕГИОНА

Бассейн Аральского моря – это обширная территория от Каспийского моря на западе до Сарыкольского и Кокшаал – Тауского хребтов, Кунгей и Заилийского Алатау на востоке, от водоразделов рек Атрек, Теджен, Мургаб и хребта Гиндукуш на юге до водоразделов рек Тургай и Убаган и Мугоджарских гор на севере.

Общая площадь бассейна составляет более 2,7 млн. км<sup>2</sup>.

Бассейн Аральского моря включает бассейны рек: Амударьи, Сырдарьи, Чу, Таласа, Ассы, Сары Су, Тургая и ряда мелких бессточных рек. Территория бассейна представляет собой, в основном, обширную слабо расчлененную равнину, широкими уступами опускающуюся с востока на запад к Аральскому и Каспийскому морям. Горы занимают только 20 % всей его территории.

На территории бассейна, по данным переписи населения на 1 января 1970 г. проживало 23,60 млн. человек, из них городского населения 9,4 млн. и сельского 14,2 млн. Предполагается что к 2000 г. население бассейна Аральского моря достигнет 45 млн. человек.

Сочетание природных условий определяет современное экономическое положение бассейна в сельскохозяйственном производстве. Орошаемая площадь в бассейне равна 5,5 млн. га или 16 % от всех земель, пригодных к орошению.

Известно, что регион богат полезными ископаемыми: рудами черных и цветных металлов, золотом, природным газом, нефтью, каменным углем, мирабилитами, серой и т.д., являющимися основой дальнейшего развития всех видов добывающей и перерабатывающей промышленности.

Горная и предгорная территории бассейна располагают достаточно

большими гидроэнергетическими ресурсами. Они оцениваются по средневодному году в 540 млрд. квтч., из которых технически целесообразные и пригодные для использования – около 280 млрд.квтч. В настоящее время гидроэлектростанции бассейна вырабатывают только 3 млрд. квтч в год или около 3,5 % возможного производства гидроэнергии.

Кроме поверхностных вод, территория бассейна располагает существенными запасами подземных вод, эксплуатационные запасы которых подлежат уточнению.

Территория бассейна Аральского моря перспективна и для развития животноводства. Пустыни Каракум, Кызылкум, Бетпак-Дала и Устюрт при достаточном обводнении могут стать великолепными пастбищами.

Таким образом, при достаточной водообеспеченности этот богатейший край станет одним из главнейших поставщиков не только технических, но и зерновых, плодовых культур.

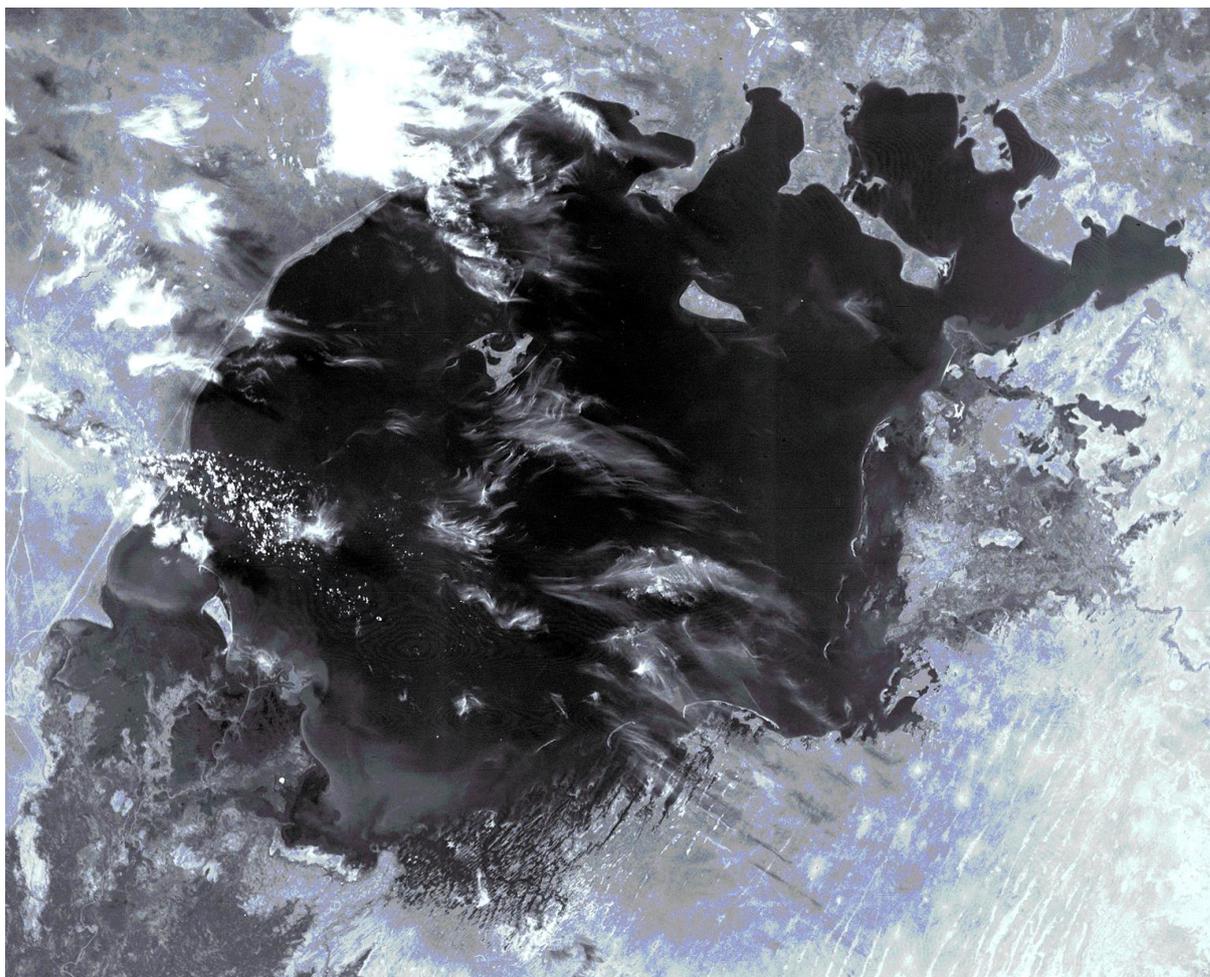


Рис.2.1 Космический снимок Аральского моря, 1964 г.

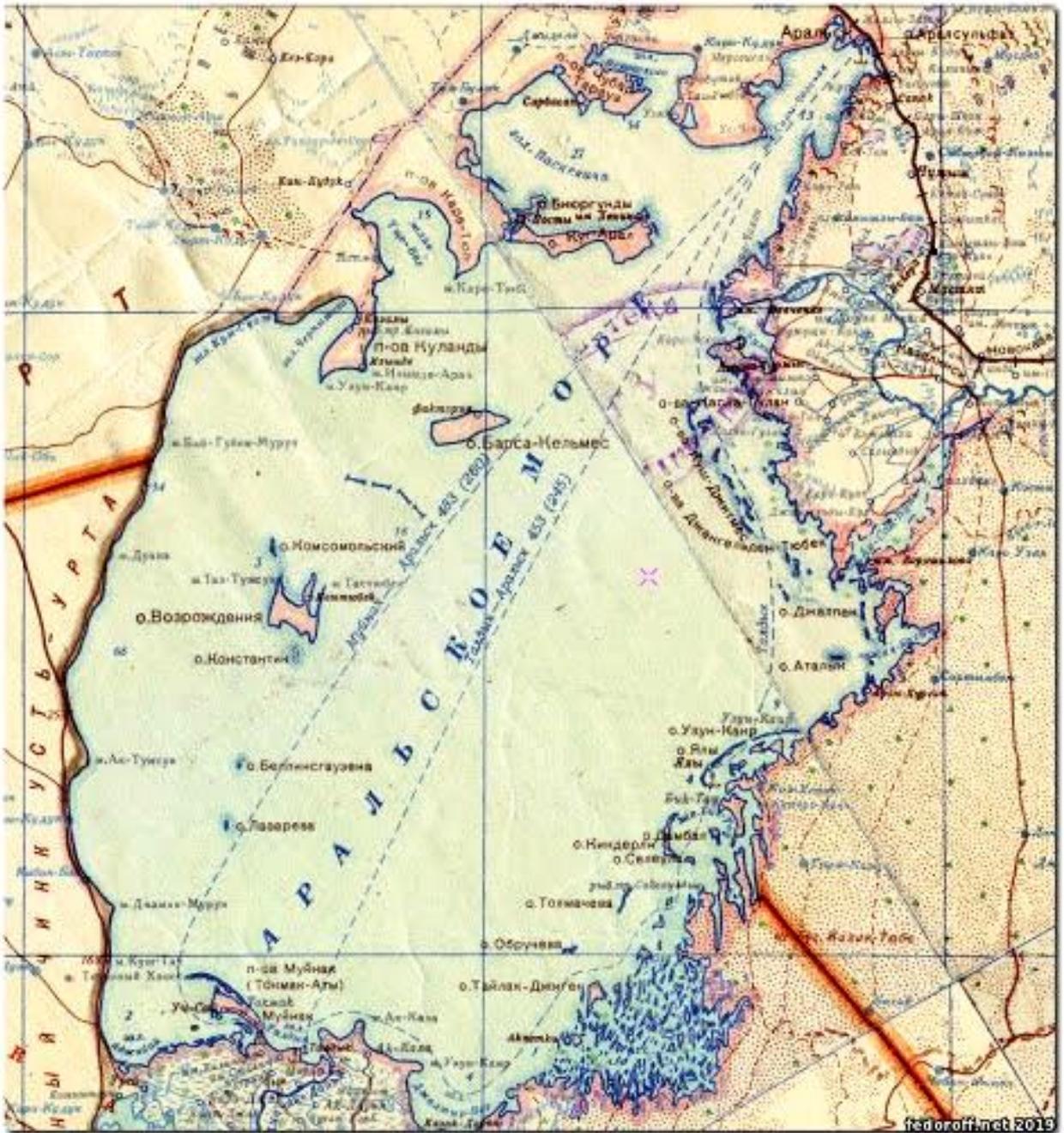


Рис.2.2 Карта Аральского моря – 1970 год.

Таблица 2.1.

Распределение поверхностных водных ресурсов в бассейне Аральского моря

Бассейны рек	Среднегодовой сток км <sup>3</sup>	% к общему стоку
Амударьи	79,1	63,2
Сырдарьи	35,6	28,5
Чу	3,8	3,04
Таласа и Ассы	2,1	1,70
Котловины Иссык – Куля	3,3	2,65
Северного Приаралья	1,1	0,90
<b>Всего по бассейну</b>	<b>125,0</b>	<b>100 %</b>

Проблема взаимосвязи Аральского моря с климатом Приаралья имеет несколько сторон.

**Во-первых** Аральское море хотя и не определяет собой существенных закономерностей климата прилегающих областей, но будучи расположенным в середине среднеазиатских песчаных районов и являясь бессточным крупным водоемом, представляет собой идеальный природный индикатор общей увлажненности всего Среднеазиатско–Казахстанского региона.

**Во-вторых**, Аральское море оказывает регулирующее влияние на осадки береговой зоны, способствуя уменьшению их в месяцы с избытком осадков над окружающими территориями и увеличению в месяцы со значительным дефицитом над Средней Азией и Казахстаном.

**В-третьих**, Аральское море существенно влияет на климат береговой зоны шириной 20-30 км в отношении ряда его компонентов (температуры и влажности воздуха, суточного хода ветра, повторяемости туманов, продолжительности солнечного сияния, влажности и промерзаемости почвы, уровня грунтовых вод, состояния травостоя и т.д.). Определенное влияние Аральское море оказывает на микроклимат прибрежных поселков, городов и орошаемых полей, и лугов.

Поэтому планы изъятия вод Сырдарьи и Амударьи на орошение должны выполняться в связи с двумя крупнейшими проблемами. К первой из них относятся будущее общей увлажненности среднеазиатского региона, уровня Аральского моря и, в частности, объема стока Сырдарьи и Амударьи, ко второй – проблему переброски вод из сибирских рек в районы Приаралья.

Наиболее существенные выводы исследований по Аральской проблеме приводятся ниже.

1. Изменения уровня Аральского моря находятся в тесной связи с колебаниями климата всего среднеазиатского региона.

2. Состояние Аральского моря за исторический период отмечалось следующими видами колебаний воды: сгонно–нагонные, сезонные, многолетние, вековые и сверхвековые с колебаниями уровня соответственно  $\pm 1,3$  м;  $\pm 0,4$  м;  $\pm 1$  м;  $\pm 3$  м;  $\pm 6$  м и более.

3. В многолетнем изменении уровня Аральского моря за последнее столетие отмечается несколько трансгрессивных и регрессивных периодов, каждый из которых длится примерно 30 – 40 лет с отклонениями от нулевой отметки (51,494 м абс.)  $\pm 1,5$  – 2,0 м.

4. Трансгрессивные фазы Аральского моря наблюдаются как в многолетнем, так и в вековом аспекте в периоды подъема и в периоды максимума циклов солнечной активности.

5. Механизм воздействия солнечной активности на уровень Арала осуществляется через посредство атмосферной циркуляции, осадков, стока рек Сырдарьи и Амударьи. При этом максимумы и минимумы кривой уровня Аральского моря наступают в среднем через 18 лет после появления их на кривой

солнечной активности. Основные максимумы и минимумы кривой уровня наступают спустя полгода – два с половиной года после соответствующих экстремумов в ходе осадков в Ташкенте и один – три года в ходе осадков в Нарыне.

6. В жизни Арала в прошлом наблюдались три трансгрессивные фазы многовековых ритмов (1800 лет), когда часть стока Амударьи по пониженным местам старой дельты наполняла Сарыкамышскую впадину и, достигнув критических порогов сухого русла реки Узбой, сбрасывала воду в Каспий.

В первую фазу (границы третьего и второго тысячелетий до новой эры) сброс по Узбою по Шнитникову продолжался, видимо много столетий и был более или менее постоянным, в следующую трансгрессивную фазу (конец первого тысячелетия до новой эры) сток по Узбою не продолжался более четырех – пяти столетий, а в последнюю фазу (XIV – XVI столетия) он едва ли продолжался более двух столетий.

Эти периоды, однако, не были периодами поворота или прорыва вод Амударьи от Арала к Сарыкамышу, а были периодами, когда благодаря исключительному общему увлажнению Амударья не могла провести все свои воды в Арал и часть из них устремилась в русла древней дельты.

7. Многие авторы (А.С. Кесь, В.П. Львов, А.В. Шнитников и др.) отмечают, что, хотя катастрофические изменения уровня Аральского моря происходят в унисон с общим увлажнением климата, тем не менее, эти изменения климата отнюдь не должны быть также катастрофическими.

8. В отношении будущего уровня Аральского моря в литературе указывается, прежде всего на то, что на основании современной динамики горных ледников и на фоне происходящей ныне регрессивной фазы общей увлажненности будут развиваться фазы низкого стояния уровня (А.В.Шнитников).

В течение ближайших трех десятилетий (до 2000 г.) дан В.П.Львовым прогноз понижения уровня до – 1 м от нулевой отметки. При условии изъятия речного стока и потерь в дельтах к 2000 г. их уровень предполагается примерно на 5 м ниже нулевой отметки (51,49 м абс.).

9. Планируемые гидромелиоративные мероприятия на исследуемой территории не приведут к сколько-нибудь заметному изменению климатического режима, однако макроклиматический фон несколько изменится в сторону смягчения. Какова вероятность того, что на исследуемой территории заметно увеличится количество выпадающих осадков, по имеющимся косвенным материалам судить трудно.

Необходимо провести исследования для данной конкретной территории по следующим вопросам:

а) путем расчета и наблюдений уточнить величину суммарного испарения, существующего и возможного;

б) уточнить величину теплового и радиационного баланса, также существующего и возможного;

в) провести исследования по влагосодержанию, влагопереносу и влагоиспользованию в изучаемом районе.

Анализ литературных источников, стационарных данных по изучению растительного покрова и его продуктивности, а также визуальные маршруты наблюдения дают возможность сделать некоторые ориентировочные выводы о состоянии пастбищной растительности и ее изменении в связи с

колебаниями уровня Аральского моря.

10. Аральское море оказывает заметное влияние на состояние растительного покрова и его продуктивности только в местах, где грунтовые воды залегают не глубже четырех – пяти метров. В этом случае корневая система некоторых растений (сарсазан, шведа, солерос, поташник, селитрянка и др.) достигает их уровня, что сказывается на урожайности указанных растений.

11. При понижении уровня Аральского моря существенные изменения произойдут с тростниковыми зарослями особенно в дельтах рек Амударьи и Сырдарьи. Понижение грунтовых вод до глубины 1–1,5 м приведет к быстрому исчезновению тростников и появлению менее ценной галофильной (солончаковой) растительности, урожайность которой в десятки раз ниже тростниковых травостоев.

12. Значительно меньшее влияние оказывает Аральское море на пастбища плакорных местообитаний с бурыми почвами (боялычевые, серополынные, бюргуновы и др.), грунтовые воды под которыми залегают глубже 25–30 м. На их продуктивность оказывают влияние атмосферные осадки. Площадь, занятая перечисленными пастбищами, составляет в Приаралье около 70 %. Снижение влажности воздуха и умеренных осадков в прибрежной полосе (до 15–20 км) может привести к понижению урожая на 10–20 %.

13. Освобождающаяся из-под моря поверхность может быть подвергнута золовым процессам, что приведет к засыпанию некоторой части пастбищных угодий, прилегающих к Аральскому морю. Поэтому в плане мероприятий по закреплению территории, освобожденной от воды, необходимо предусмотреть создание искусственных площадей путем посева наиболее ценных и дикорастущих видов.

14. Полученные выводы являются предварительными. Для более глубокого научного анализа и обоснования необходимо стационарное изучение динамики продуктивности основных угодий и установления зависимостей между урожаем и различными факторами. Только в том случае можно будет дать объективную экономическую оценку использования пастбищ и их изменение во времени и в пространстве.

15. Исследования водного баланса Аральского моря, выполненные рядом авторов, показывают, что отдельные его элементы должны быть уточнены. Это в первую очередь относится к величинам подземного притока

и испарения. В настоящее время эти величины, по-видимому занижаются на  $2 - 3 \text{ км}^3$  в год. Также необходимо уточнение величины атмосферных осадков путем введения достаточно обоснованных поправок.

16. Анализ приближенных значений элементов водного баланса Аральского моря, определенных за отдельные годы, позволяет выявить в их колебаниях цикличность различного масштаба. Кроме этого удалось установить, что многолетние изменения так называемого «видимого испарения» (испарение минус осадки), являются довольно устойчивыми. Это дает основание при расчете уровня

моря по прогнозируемой величине поверхностного притока принимать указанную величину постоянной.

17. Моделирование гидрологических рядов с настоящее время позволяет производить оценку повторяемости продолжительных многоводных и маловодных периодов. В качестве математической модели изменений годового стока может быть использована сложная цепь Маркова. Полученные по моделированному ряду эмпирические кривые обеспеченности группировок лет равной продолжительности и различной водности могут быть использованы для определения обеспеченности маловодных и многоводных периодов в ходе многолетней изменчивости притока в Аральское море.

18. Проведенные исследования показывают, что естественный приток в Аральское море за период 1971–2000 гг. будет примерно на  $2 - 3 \%$  выше средних многолетних значений. Это дает основание полагать, что при отсутствии изъятия воды в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи уровень моря в рассматриваемый период (1971–2000 гг.) изменялся бы преимущественно в пределах отметок, наблюдавшихся в 1912 – 1960 гг.

19. Понижение уровня моря в 1961 – 1968 гг., по – видимому обусловлено как климатическими факторами, так и хозяйственной деятельностью человека. Снижение уровня в 1961 – 1964 гг. в значительной мере является следствием уменьшения естественного притока в море. Его величина находится в пределах амплитуды колебаний уровня в 1912 – 1960 гг. Следует отметить, что оно несколько не противоречит характеру внутривековых изменений уровня в этот период. Однако это понижение было более интенсивным, чем на фазах спада предшествующих внутривековых циклов.

В последующие годы (1965–1968г.г.) следовало бы ожидать

повышения или стабилизации уровня. Однако это не произошло. Уровень продолжал понижаться. Водность рек в этот период была очень низкой, хотя никаких значительных климатических изменений в этот период не наблюдалось. Следует полагать, что это понижение уровня было в значительной степени обусловлено увеличением безвозвратных потерь воды в бассейне в 1961 – 1968 гг. 1969 г. был многоводным и в 1970 г. следовало ожидать повышения уровня моря. Действительно, оно наблюдалось, но было небольшим по – видимому в связи со сбросом в урочище Арнасаи около 20 км<sup>3</sup> стока Сырдарьи. Безвозвратные потери стока естественно окажут отрицательное влияние на динамику водного баланса последующих лет.

20. При условии, если безвозвратные потери в бассейне моря останутся на уровне 1970 г. (11,4 км<sup>3</sup> в год), его уровень будет снижаться. К 2000 г. уровень моря снизится примерно на два метра по сравнению с его отметкой в 1970 г.

21. При увеличении безвозвратной потери уровень будет снижаться более интенсивно. К 2000 г. уровень моря в зависимости от минимальной, средней или максимальной величины забора воды на орошение снизится примерно на 8 - 16 м по сравнению с его отметкой в 1970 г.

22. При намеченном максимальном изъятии стока рек Амударьи и Сырдарьи площадь Аральского моря к 2000 г. уменьшится примерно на 60 % по сравнению с площадью при уровне 53,00м абс. Объем моря в соответствии с проведением указанных мероприятий к 2000 г. уменьшится примерно на 75 % по сравнению с объемом при уровне 53,00 м абс.

23. Осуществление переброски стока сибирских рек позволит замедлить снижение уровня моря и не допустить значительного уменьшения его отметок.

24. Дальнейшие перспективы хода естественного уровня Аральского моря и масштабов увлажнения его бассейна (до 2070 г.) ориентировочно можно характеризовать колебаниями около нормы со значительным (порядка 80 – х годов 10 столетия) понижением в тридцатых годах 21 столетия.

Потребность в сибирской воде, необходимой для орошения 2,3 млн.га, с учетом затрат на промышленно – коммунальные нужды и непроизводственные потери (20 % потребления поливного земледелия) составит ориентировочно 45 – 50 км<sup>3</sup> в год. Эти масштабы и предполагается принять за основу для первой очереди работ по переброске стока сибирских рек в бассейн Аральского моря.

Последующим этапом переброски может явиться переключение на сибирскую воду земель низовьев Сырдарьи, включая бассейн реки Арысь, Амударьи и земель западной Туркмении, низовьев бассейнов Чу, Таласа, а также Северного Приаралья, площадью 22,0 млн.га.

С помощью машинного водоподъема общая орошаемая площадь с учетом планируемой во вторую очередь достигнет 32,0 млн.га. Для этой площади ориентировочная потребность стока сибирских рек может быть определена в 280 км<sup>3</sup> в год.

И, наконец, при полном использовании земельных ресурсов бассейна Аральского моря по современным представлениям будет последующее орошение оставшихся земельных массивов в среднем течении реки Амударьи. Суммарная орошаемая площадь на этом этапе в пределах СССР может быть доведена до 34 млн.га, а потребность в сибирской зоне составит около 310 км<sup>3</sup> в год.

Будущее Аральского моря будет зависеть от величины стока, подаваемого из сибирских рек для нужд народного хозяйства, а вернее от величины сброса его в Аральское море и объема стока возвратных вод. До подачи сибирской воды уровень Аральского моря будет постоянно снижаться. После осуществления первой очереди воды в объеме 45 – 50 км<sup>3</sup> в год это снижение замедлится, но достижение существующего уровня будет невозможно.

Существенное повышение уровня моря может быть достигнуто, по – видимому, лишь по мере увеличения площади орошения за счет стока сибирских рек. После нескольких лет эксплуатации водопроводящих трактов, при пропуске по ним стока воды порядка 200 км<sup>3</sup> в год, можно ожидать достижения современного уровня.

В настоящее время мнения ученых относительно судьбы Аральского моря противоречивы. Большинство ученых Средней Азии и Казахстана считают, что Аральское море необходимо сохранить в оптимальных размерах. Другие ученые считают, что можно допустить высыхание моря, а воду использовать на развитие поливного земледелия и других отраслей народного хозяйства.

К тому же на базе концентрированной соленой воды моря можно развивать химическую промышленность, в частности добычу магния. Осушенные площади речных дельт и дна моря можно использовать для увеличения площадей поливного земледелия. Безусловно, экономический

эффект от использования водных ресурсов на развитие поливного земледелия несоизмеримо больше, чем расходование этой воды на поддержание уровня моря для развития рыбоводства, ондатроводства и судоходства.

Однако судьба Аральского моря не может быть решена путем чисто экономических подсчетов. Решение проблемы моря связано с целым рядом сложных задач и вопросов. В частности, это вопросы нарушения природного равновесия на окружающей территории под влиянием хозяйственной деятельности человека; возможных гидрогеологических, гидрохимических, биологических изменений показателей речного стока и самого водоема; экономической и хозяйственной оценки возможных изменений природы данной территории и установления возможных путей хозяйственного использования моря.

Помимо вопросов, связанных с судьбой Аральского моря, при решении схемы возникает ряд вопросов, связанных с территорией бассейнов Аральского моря и Западной Сибири. К этим вопросам необходимо отнести:

- разработку научных основ и методики составления водохозяйственных водосолевых балансов крупных орошаемых территорий, учитывающих их природные особенности;

- изучение земельного фонда бассейна Аральского моря, рациональное направление его использования на имеющемся местном стоке и стоке воды, подаваемой из сибирских рек;

- экономическую оценку влияния расходов воды на продуктивность сельхоз культур для конкретных природно – экономических условий;

- выбор основных параметров гидроэлектростанций на сибирских реках (Оби, Енисее и Лене), намеченных ранее без учета переброски части стока в бассейн Аральского моря.

### 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ВОДНЫЙ БАЛАНС АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Для более обоснованного выбора методики прогнозирования Аральского моря [1. стр.164] была исследована структура многолетних колебаний основных составляющих водного баланса и некоторых элементов его гидрометеорологического режима.

Цель этого исследования заключалась в выделении статистически значимых циклических (детерминированных) составляющих в многолетних колебаниях временных рядов и оценке возможностей использования выявленных закономерностей для прогноза многолетнего хода этих природных процессов. Результаты проведенного анализа показали, что во всех рассмотренных рядах случайный или «шумовой» компонент является преобладающим – его вклад в общую дисперсию исследованных рядов превышает 70–80 %. Это позволяет рассматривать составляющие водного баланса как случайные процессы, имеющие вероятностный характер.

Для расчета возможных изменений уровня и морфометрических характеристик Аральского моря был использован метод группового численного моделирования составляющих водного баланса – осадков и испарения, а также водных ресурсов рек Амударьи и Сырдарьи. Преимущества этого метода моделирования заключаются в учете корреляционных взаимосвязей между моделируемыми рядами, что имеет существенное значение для бассейна Аральского моря.

Суть метода группового численного моделирования заключается в том, что замкнутый водоем рассматривается как нелинейный оператор, который преобразует поступающий на вход многомерный случайный вектор (элементы водного баланса) в марковский процесс (колебаний уровня) на выходе. При этом в принципе не имеет значения ни число моделируемых рядов (компонентов вектора), ни учитываемая марковская звенность входного процесса. Компоненты вектора при этом рассматриваются как процессы авторегрессии. Для оценки коэффициентов регрессии используется идея их рекуррентного пересчета. Математическая постановка указанной задачи и ее решение довольно подробно изложены в работах, а примеры практического использования методов.

Метод группового моделирования взаимокоррелированных временных рядов позволяет получить ансамбли искусственных рядов составляющих водного баланса, обладающие заданными статистическими характеристиками как отдельных рядов (среднее значение, дисперсия,

автокорреляция), так и их взаимосвязей (перекрестная корреляция).

Следует отметить, что данный метод не учитывает возможного изменения составляющих водного баланса, обусловленных изменением качества вод моря и их термического режима. Это относится, главным образом, к «норме» испарения. Как показали Б.Д. Зайков и В.С. Самойленко, возрастание нормы испарения за счет изменения термических условий будет компенсироваться ее уменьшением вследствие повышения солености вод моря. Поэтому в последующих расчетах эти взаимокомпенсирующие друг друга процессы не учитывались.

В качестве исходных для моделирования были взяты ряды годовых значений осадков, испарения и водных ресурсов Амударьи и Сырдарьи за период 1925–1985 гг., наиболее полно освещенный гидрометеорологической информацией.

Для последующих балансовых расчетов возможных изменений уровня моря было использовано 120 реализаций 30 – летних ансамблей (групп) взаимосвязанных смоделированных рядов осадков, испарения и водных ресурсов Амударьи и Сырдарьи. Сравнительная характеристика статистических параметров исходных и смоделированных рядов свидетельствует о достаточно высоком качестве моделирования.

Таблица 3.1.

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

Элемент водного баланса (моделируемые ряды)	Среднее	Коэффициент вариации	Коэффициент асимметрии	Коэффициент автокорреляции
Водные ресурсы Амударьи, км <sup>3</sup>	<u>72,3</u>	<u>0,15</u>	<u>1,06</u>	<u>0,11</u>
	72,6	0,16	1,07	0,08
Водные ресурсы Сырдарьи, км <sup>3</sup>	<u>38,1</u>	<u>0,21</u>	<u>0,73</u>	<u>0,22</u>
	38,2	0,20	0,40	0,16
Осадки, см	<u>12,3</u>	<u>0,26</u>	<u>0,82</u>	<u>0,18</u>
	12,3	0,26	0,76	0,12
Испарение, см	<u>99,1</u>	<u>0,09</u>	<u>0,14</u>	<u>- 0,23</u>
	<u>98,9</u>	0,09	0,28	- 0,15

Исследование предстоящих изменений уровня Аральского моря было выполнено для различных вариантов роста безвозвратных изъятий стока в его бассейне, заданных водохозяйственными организациями.

В связи с недостаточной разработанностью многих аспектов будущих водохозяйственных мероприятий в бассейне моря такой многовариантный подход к прогнозу его уровня представляется наиболее целесообразным, так как позволяет объективно оценить влияние намечаемых мероприятий на режим моря.

Следует, однако, отметить что некоторые из рассмотренных вариантов роста безвозвратных изъятий являются за пределами 1995 г. чисто гипотетическими, так как заявленные безвозвратные изъятия стока превышают местные водные ресурсы среднеазиатских рек и возникающий дефицит может быть покрыт только за счет дополнительной переброски стока западно – сибирских рек.

Фактический приток к морю определялся путем наложения на смоделированные ряды водных ресурсов Амударьи и Сырдарьи графиков роста водопотребления в бассейнах этих рек. Руслые потери стока в нижнем течении и в дельте Амударьи принимались равными 10 % оставшегося речного стока. Потери в нижнем течении и в дельте Сырдарьи, составляющие в современный период менее 1-2 % стока в вершине дельты, ввиду незначительности ожидаемых объемов притока Сырдарьи к морю, в расчетах не учитывались.

Была также сделана попытка оценить влияние на режим моря многолетнего регулирования водного стока в бассейнах Сырдарьи и Амударьи. Для каждого из вариантов изъятий фактический приток к морю рассчитывался с учетом и без учета многолетнего регулирования стока действующими и проектируемыми водохранилищами. Зарегулированность стока рек (гарантированные водные ресурсы) принимались по данным института Союзгипроводхоз. Многолетнее регулирование стока позволяет использовать часть стока многоводных лет, накопленного в водохранилищах, для погашения (или смягчения) дефицита воды в относительно маловодные годы. При этом, конечно, происходит уменьшение среднего (за расчетный период) притока речных вод в море, так как большая их часть расходуется на хозяйственные нужды.

Во всех случаях на приток речных вод к морю накладывалось одно ограничение – даже при дефиците водных ресурсов (превышение

безвозвратных изъятий над водными ресурсами) сток Амударьи в море не должен быть меньше запланированных санитарных попусков  $3,2 \text{ км}^3$  в год, а Сырдарьи –  $1,6 \text{ км}^3$  в год. Следует отметить некоторую условность этого ограничения, так как уже в настоящее время ток Сырдарьи и Амударьи в отдельные маловодные годы вообще не доходит до моря.

В расчетах предполагалось, что после отчленения Малого моря (примерно при отметке уровня  $40,0 \text{ м абс.}$ ) весь объем речного стока в дальнейшем поступает в Большое море, а при разделении Большого моря – в его восточную часть. Морфометрические характеристики моря, его отдельных районов, соответствующие той или иной отметке уровня, определялись по данным Р.В. Николаевой.

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. Средние значения уровня моря, соответствующие 50 % - ной обеспеченности гидрометеорологических факторов, и стандарты отклонений от среднего дают достаточную статистическую информацию о вероятных ожидаемых уровнях Аральского моря в ближайшие десятилетия.

Как видно из таблицы уровень моря к 2000 г. при средних климатических условиях в зависимости от варианта водопотребления может упасть до отметок  $36,4 - 36,0$ , а к 2010 г. – до  $34,1 - 31,9 \text{ м абс.}$

За счет колебаний климатических условий отклонения уровня от указанных средних отметок могут достигать в 2000 – 2010 гг. в интервале вероятностей превышения 5 – 95 % (90 % - доверительный интервал)  $\pm (1,5 - 1,9) \text{ м.}$

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.

Отклонения средних значений уровня отдельных лет от их значений, соответствующих одним и тем же вариантам изъятий стока, не превышает  $0,05 - 0,12 \text{ м.}$

Таблица 3.2.

Возможные изменения уровня, площади, объема и солености Аральского моря

Год	Уровень, м абс.		Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Объем, км <sup>3</sup>	Соленость, %.	
	П	бП			S	бS
Минимальный вариант изъятий						
1990	39,3	0,68	35,2	335	29,6	1,4
1995	38,0	1,10	32,4	290	33,6	3,1
2000	36,4	1,43	29,0	242	39,6	5,6
2005	35,3	1,66	26,7	210	45,3	8,1
2010	34,1	1,94	24,2	180	54,2	10,7
2015	32,9	1,80	21,8	153	58,8	14,6
Максимальный вариант изъятий						
1990	39,1	0,68	34,8	328	30,2	1,6
1995	37,6	1,12	34,6	278	34,8	3,5
2000	36,0	1,49	28,2	230	43,0	6,5
2005	34,2	1,53	24,5	183	51,2	8,6
2010	31,9	1,49	19,2	133	68,4	13,1
2015	30,3	1,20	10,7	38	91,8	18,9

Осуществление того или иного варианта водохозяйственных мероприятий, определяющих темпы роста безвозвратных изъятий стока, существенно скажется на режиме моря.

Так, в 2010 г. падение уровня при различных вариантах изъятий может различаться более чем на 2 м. Влияние же климатических факторов на уровень режим моря в условиях рассмотренных вариантов изъятий стока существенно ограничено. Это связано с практически полным исчерпанием водных ресурсов рек Сырдарьи и Амударьи уже к 1990–1995 гг. В результате независимо от климатических условий в море будут поступать лишь постоянные по объему санитарные попуски рек. За пределами 1995 – 2000 г. для максимального варианта изъятий характерен более медленный рост стандартов отклонений от среднего уровня.

Таким образом, в ближайшие два 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.

#### 4. ПРОГНОЗ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Аральское море – это замкнутый природный водоем [2. гл.1.1], его существование почти полностью определяется притоком речных вод. В применении к Аралу трудно говорить о периоде естественного режима стока выпадающих в него рек, поскольку начало развития ирригации в бассейне моря относится к далекому прошлому (почти 3 тыс. лет назад). Отметим что с середины XVIII в. до 1960 г. амплитуда изменений уровня Аральского моря составляла от 4 до 4,5 м.

Известно, что результаты анализа слоистости дна и солевых отложений свидетельствуют о высыхании и осолонении Аральского моря примерно 3000...3500 лет назад, которые сменились периодом длительного обводнения водоема. Новое усыхание моря имело место 1000 лет назад. Вообще в геологической истории Арала кроме двух полных усыханий отмечены и кратковременные понижения уровня.

В ходе уровня за последние 200 лет (1780 – 1985 гг.) можно заметить, что высокое стояние уровня (на отметках 53 м абс.), характерное для конца XVIII в., сменяется периодом его быстрого снижения. К началу 20 – х годов XIX в. он почти достиг отметки 50 м абс., к середине века уровень поднялся примерно на 2 м, а затем вновь упал до отметки 50 м абс. В период 1892 – 1905 гг. имело место довольно быстрое возвращение уровня к отметке 53 м абс. Таким образом, в течение двух последних столетий размах вековых колебаний уровня Аральского моря составил 3 м.

До 1961 г. гидрофизический и гидрохимический режимы Аральского моря характеризовались квазистационарным состоянием. Примерное равенство приходных и расходных составляющих водного баланса определяло незначительные межгодовые и сезонные колебания уровня моря около отметки 53 м абс. (в пределах одного метра), при которой площадь водного зеркала моря составляла 66 тыс. км<sup>2</sup>, объем 1064 км<sup>3</sup>, а средняя соленость вод 10...11%.

В середине 60 – х годов нашего столетия антропогенные нагрузки на море приобрели катастрофический характер, и эти годы служат вехой, разделяющей весь хронологический ряд инструментальных наблюдений за гидрометеорологическим режимом Арала на два периода: условно – естественный и современный.

Первый из них определяется как временной отрезок с начала систематических инструментальных наблюдений над уровнем моря и

другими характеристиками моря (1911 – 1960 гг.), второй, нарушенный, резко нестационарный – как время (примерно с 1961 г.) активного и все возрастающего антропогенного влияния на режим водоема.

К началу 1990 г. уровень Аральского моря снизился более чем на 14 м по сравнению с периодом квазистационарного режима моря. Норма притока к морю уменьшилась к 1970 г. примерно до  $42 \text{ км}^3$ , его уровень упал за 10 лет на 2 м. В 1961 – 1980 гг. сумма приходных составляющих водного баланса моря была значительно меньше испарения с его поверхности, речной сток сократился примерно до  $30 \text{ км}^3$  в год (для 1971 – 1980 гг. он составил всего  $16,7 \text{ км}^3$  в год, или 30 % среднемноголетнего).

С конца 1970 – х гг. водное питание моря имеет прерывистый характер – в маловодные и даже средние по водности годы речные воды не доходят до моря, а незначительный объем санитарных попусков полностью используется для обводнения дельтовых областей. Так, сток Сырдарьи в 1974 – 1986 гг. до моря не доходил. В 1982 – 1983, 1985 – 1986 гг. и 1989 г. полностью отсутствовал и сток Амударьи. Все это привело к возрастанию темпов усыхания моря в 1980 – х годах, в отдельные годы снижение уровня моря достигало 89...109 см.

Значительное падение уровня моря в 1970 – е годы (особенно в 1974 – 1975 гг.) имело в своей основе неблагоприятные климатические условия; естественная водность составляла 75...80  $\text{км}^3$ , что на 20...25  $\text{км}^3$  меньше, чем в 1960 – е гг. Сток Амударьи и Сырдарьи в зоне формирования в среднемноголетнем аспекте составлял в 1926 – 1970 гг. 111  $\text{км}^3$ .

В естественных условиях лишь около половины этого количества достигает Аральского моря, поскольку при пересечении реками пустынь и на их пути через дельты происходит потеря воды на испарение, транспирацию и фильтрацию. Но все же основной причиной уменьшения водного питания Арала является водопотребление в его бассейне.

В среднем безвозвратные изъятия стока в бассейне моря составляли: 55...57  $\text{км}^3/\text{год}$  (1961-1970 гг.), 64...66  $\text{км}^3/\text{год}$  (1971–1980 гг.) и примерно 70...75  $\text{км}^3/\text{год}$  (1981–1985 гг.). По другим сведениям, уже в 1980 г. рассматриваемая величина достигала 85  $\text{км}^3$  в год.

По данным Института «Союзгипроводхоз», речной сток по бассейну Сырдарьи и Амударьи в 1965 – 1983 гг. был равен 95,3  $\text{км}^3$ , а суммарные потери стока составляли 73  $\text{км}^3$  (Амударья – 43  $\text{км}^3$ , Сырдарья – 30  $\text{км}^3$ ). Начиная с 1974 г. приток к морю при средней водности должен был

составить примерно  $30 \text{ км}^3/\text{год}$ , фактически же он был экстремально низким – от 7 до  $11 \text{ км}^3/\text{год}$ . В 1980 – х годах приток оказался равным 4 –  $10 \text{ км}^3/\text{год}$ .

Таким образом, стабилизация водопотребления не остановит понижения уровня моря: современному притоку соответствуют отметки уровня тяготения далеко за пределами его положения на сегодня. Считается, что в многоводные 1987 и 1988 гг. (такая водность не наблюдалась в регионе с 1969 г.) в море поступило от 10 до  $23 \text{ км}^3$  речных вод, т.е. падение уровня замедлилось до 40...70 см в год.

Можно лишь сказать, что испарение в дельтах Амударьи и Сырдарьи оценивается в 18...20 % стока этих рек.

Проведена количественная оценка влияния антропогенных факторов на многолетние изменения уровня моря в 1961–1985 годах путем сопоставления его фактических и восстановленных значений. Оказалось, что при ограничении водопотребления в период 1961–1985 гг. объемами предшествующего (условно – естественного) периода уровень моря к началу 1971 и 1981 годов превысил бы фактический примерно на 0,9 и 5,5 м соответственно, а к началу 1986 г. – уже на 9,2 м. Ограничения изъятия стока позволили бы в относительно маловодные 1981 – 1985 гг. понизить уровень не на 4,0, а лишь на 0,4 м.

За последнюю четверть века вследствие естественных причин уровень Арала упал приблизительно на 2,7 м (23% фактического падения), за счет же антропогенного воздействия уровень снизился еще на 9,2 м (77%). Суммарный дефицит притока речных вод в море составил около  $570 \text{ км}^3$ .

Исходя из тесной зависимости площади, объема вод и средних глубин моря от режима уровня, эти параметры в начале 1986 г. (согласно восстановленным отметкам уровня) равнялись бы соответственно 59 тыс.  $\text{км}^2$ ,  $915 \text{ км}^3$  и 15,5 м. Другими словами, интенсификация хозяйственной деятельности привела к тому, что площадь моря сократилась на 16 тыс.  $\text{км}^2$ , а объем вод – на  $475 \text{ км}^3$ . При этом фактическая средняя глубина водоема уменьшилась до 10,2 м.

Снижение уровня моря привело в настоящее время к разделению его акватории на два практически самостоятельных водоема – Малое (небольшая северо – восточная часть) и Большое моря, имеющие отдельные источники питания, соответственно Сырдарью и Амударью.

Река Сырдарья, ранее впадавшая в пролив Берга, изменила свое русло

на дельтовом участке и сейчас при наличии речного стока он поступает непосредственно в юго – восточную часть Малого моря.

К началу 1990 г. уровень Большого моря находился на отметках, близких к 38,6 м абс., его площадь составляла примерно 33,5 тыс. км<sup>2</sup>, объем – 310 км<sup>3</sup>, а средняя соленость достигла 30 %, т.е. возросла втрое по сравнению со значением в период квазистационарного режима моря.

При этом диапазон пространственных изменений рассматриваемой характеристики увеличился более чем в два раза сравнительно с 1985 – 1986 гг. На мелководьях, примыкающих к южным и восточным участкам побережий, имеющих незначительный обмен с открытыми частями моря и подверженных наибольшему осолонению, соленость может возрастать до 36 и даже до 50 %, тогда как в тех же районах весной могут встречаться воды локального распреснения с соленостью около 25 % - результат процессов ледо- и снеготаяния.

К началу 1990 г. уровень Малого моря (по косвенным данным – аэровизуальным обследованиям и космическим снимкам) находился на отметках около 39,5 м абс., его площадь составляла примерно 3 тыс. км<sup>2</sup>, а соленость вод изменялась по акватории в довольно широких пределах: от 18 до 35 %. В отличие от Большого моря режим солености Малого находится сейчас под значительным влиянием речного стока. При очень небольшом объеме вод этой отделившейся части Аральского моря даже весьма незначительного объема стока впадающей сюда Сырдарьи достаточно для существенного распреснения морских вод.

Суммарная площадь акватории Большого и Малого морей к началу 1990 г. составляла 36,5 тыс. км<sup>2</sup>, объем вод – 330 км<sup>3</sup> или соответственно 55 и 31 % площади и объема вод моря на отметке 53 м абс.

При отметках уровня Малого моря, близких к условиям разделения, в 1988 – 1989 гг., когда имел место сток Сырдарьи, отмечалось «переполнение» Малого моря и сброс части его вод через пролив Берга в Большое море. Это, по-видимому, привело к некоторому заглублению дна в проливе и снижению критической отметки, характеризующей разделение Большого и Малого морей, примерно до 39,5 м абс. Тем не менее и в указанные годы уровень Большого моря продолжался снижаться: в 1988 г. на 0,4 м и в 1989 г. еще на 0,8 м.

## 5.ВОЗМОЖНОЕ БУДУЩЕЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Для стабилизации уровня Большого моря (2, гл.1.5.) на современных отметках (39,0...39,5 м абс.) необходим объем водного стока около 30 км<sup>3</sup> в год. По-видимому, это нереально при современном и будущем напряженном водохозяйственном балансе бассейна Амударьи.

Для поддержания уровня Малого моря на отметках, близких к 40 м абс., необходимый объем водного стока Сырдарьи составляет около 3 км<sup>3</sup> в год.

Постановление ЦК и Совета Министров СССР от 19 сентября 1988 г. предусматривает ряд мероприятий по повышению гарантированного притока речных и коллекторно-дренажных вод (КДВ) в дельтовые зоны и к Аральскому морю. По оценкам водохозяйственных организаций, к 2000 – 2010 гг. гарантированный приток к Большому морю может составить 15...19 км<sup>3</sup> в год, а к Малому морю – 2...5 км<sup>3</sup> в год.

В условиях подачи водного стока в Малое море в объеме более 3...5 км<sup>3</sup> в год возможно восстановление и сохранение здесь водоема на отметках, близких к 40 м абс., а при строительстве насыпной дамбы в проливе Берга не исключено постепенное повышение уровня Малого моря до 45...50 м абс.

Уровень Большого моря при современном и планируемом объеме водного питания будет быстро падать, и за пределами 2010 г. на отметках, близких к 31,0 м абс., Большое море разделится на меньшую по площади, но более глубоководную западную и более обширную, и мелководную восточную части. Гарантированный объем водного питания позволяет в этих условиях регулировать режим любой из частей.

Имеющиеся оценки [2] возможных изменений гидрофизического и гидрохимического режимов Аральского моря однозначно свидетельствуют о том, что без осуществления компенсационных мероприятий неизбежно практически полное и быстрое усыхание Арала до небольших остаточных сильно минерализованных водоемов.

Обеспечение гарантированного притока воды и антропогенные реконструкции моря позволят лишь сохранить Аральское море или восстановить на его месте несколько связанных друг с другом водоемов, что создаст условия для улучшения геоэкологического состояния прилегающей территории.

Уменьшить неблагоприятные последствия снижения уровня

Аральского моря можно путем замедления темпов его падения и реконструкций самого моря, например, сохранения отдельных частей моря, которые в перспективе можно использовать в хозяйственных компенсационных мероприятиях.

Первый комплекс основан на рациональном использовании внутренних водных ресурсов бассейна моря с целью обеспечения максимально возможного притока всех категорий вод к Аралу, для чего необходимо: модернизировать и повысить КПД оросительных и дренажных систем, внедрить прогрессивные методы полива; уменьшить потери воды на фильтрацию и испарение; ликвидировать местные замкнутые бассейны стока (к примеру Арнасайская котловина и Сарыкамышская впадина); построить и реконструировать коллекторную сеть для направленного сброса и максимального поступления в море сбросных и дренажных вод. Естественно, что последние должны поступать в море лишь после их возможно более полного хозяйственного использования в дельтах Амударьи и Сырдарьи.

Второй комплекс предусматривает научно-техническую реконструкцию самого Аральского моря для уменьшения объема испаряющейся с его поверхности воды, что предполагается сделать прежде всего путем сокращения зеркала моря. В условиях падения уровня создается возможность управлять режимом моря, в частности водным балансом, через отчленение отдельных акваторий и разделение единого водоема на несколько связанных между собой участков.

На основе вероятностной физической модели водно-солевого баланса замкнутых водоемов для нестационарных условий были проведены прогностические расчеты уровня, солености и морфометрических характеристик вод отдельно для Малого и Большого морей.

Приток речных вод Амударьи и Сырдарьи задавался в виде детерминированных временных рядов согласно двум вариантам возможного притока к морю до 2015 г. Первый из них предусматривает стабилизацию орошаемых земель в бассейне Амударьи на площади 3,8 млн. га и Сырдарьи – 3,2 млн. га, а второй вариант – соответственно 4,1 и 3,05 млн.га.

При стабилизации притока вод Сырдарьи к Малому морю в объеме 1,7 км<sup>3</sup> в год его уровень уже к 2000 г. снижается до отметки 38,0 м абс., при которой отчленяется западная часть Малого моря, а уровень восточной части выходит на условия равновесия.

Площадь восточной части Малого моря составляет при этой отметке 1,7 тыс. км<sup>2</sup>, объем вод – приблизительно 9 км<sup>3</sup>, а соленость вод при отсутствии стока солей возрастает к 2010 – 2015 гг. до 41...43 %.

Таблица 5.1.

Возможные изменения уровня, площади, объема и солености вод Малого моря

Год	Объем стока,	Уровень, м абс.		Площадь тыс. км <sup>2</sup>	Объем км <sup>3</sup>	Соленость ‰	
		Н	бН			S	бS
1 – й							
1990	0,5	38,8	0,06	2,83	18,6	31,1	0,15
1995	1,7	37,7	0,06	1,64	8,6	34,3	0,28
2000	1,7	38,0	0,06	1,72	8,8	36,0	0,24
2005	1,7	38,0	0,05	1,72	8,8	38,3	0,26
2010	1,7	38,0	0,05	1,72	8,8	40,9	0,30
2015	1,7	38,0	0,06	1,72	8,8	43,4	0,39
2 – й							
1990	0,8	38,9	0,05	2,87	18,9	30,7	0,15
1995	2,9	38,4	0,07	2,75	17,8	33,5	0,43
2000	3,4	39,6	0,11	3,03	20,5	30,8	0,53
2005	4,2	41,2	0,09	3,58	26,1	26,1	0,36
2010	4,5	42,9	0,10	3,82	23,5	23,5	0,32
2015	4,5	44,2	0,11	4,26	21,9	21,9	0,30

Во втором варианте, при возрастании стока Сырдарьи до 4,5 км<sup>3</sup> в год, уровень Малого моря сначала снижается (к 1995 г.) до отметки 38,4 м абс., а затем (к 2010 – 2015 гг.) при условии строительства дамбы в проливе Берга может повыситься до 42,9...44,2 м абс. При этом соленость вод Малого моря снизится до 23,5... 22,0 %.

Таблица 5.2.

Возможные изменения уровня, площади, объема и солености вод Большого моря

Год	Объем стока,	Уровень, м абс.		Площадь тыс. км <sup>2</sup>	Объем км <sup>3</sup>	Соленость ‰	
		Н	бН			S	бS
1 – й							
1990	1,7	38,6	0,06	33,6	309	31,2	0,15
1995	9,9	35,3	0,09	26,6	209	43,2	0,45
2000	15,5	33,5	0,13	23,1	167	53,0	0,81
2005	19,4	33,1	0,11	22,3	158	56,8	0,81
2010	19,5	33,2	0,10	22,4	159	57,3	0,76

2015	19,5	33,2	0,11	22,5	161	58,0	0,81
2 – й							
1990	2,2	38,6	0,06	33,7	310	31,1	0,15
1995	9,3	35,3	0,09	26,6	209	43,1	0,45
2000	14,2	33,4	0,13	22,8	163	54,0	0,85
2005	17,7	32,7	0,11	21,3	150	59,4	0,78
2010	18,0	32,7	0,09	21,1	148	61,0	0,69
2015	18,0	32,7	0,10	21,1	148	62,2	0,77

При отсутствии дамбы уровень Малого моря после 2000 г. будет поддерживаться на отметке, близкой к 40 м абс., а излишки воды и солей будут сбрасываться через пролив Берга в Большое море. При этом Малое море будет распресняться более быстрыми темпами.

Регулирование режима и солености вод Малого моря позволит использовать его в рыбохозяйственных целях при условии снижения уровня загрязнения вод, в первую очередь пестицидами. Сохранение Малого моря на более высоких отметках имеет и важное экологическое значение – предотвращение возможного ветрового выноса солей с его обсыхающего дна.

Уровень Большого моря при обоих вариантах прогнозируемого водного стока снижается и к 2010 – 2015 гг. выходит на условия равновесия: при стоке 19,5 км<sup>3</sup>/год – примерно на отметке 33,2 м абс., а при стоке 18,0 км<sup>3</sup>/год – на отметке 32,6 м абс. Соленость вод Большого моря в первом варианте достигает 58%, а во втором – 62%.

При этом Большое море разделится на две части: меньшую по площади, но более глубоководную западную и более обширную, и мелкоководную восточную, которые будут соединяться между собой узким и мелкоководным (1...2 м) проливом южнее полуострова Куланды.

При строительстве в проливе насыпной дамбы с водопропускными сооружениями и обеспечении гарантированного объема водного стока Амударьи возникает возможность регулирования режима восточной или западной части Большого моря.

С геоэкологической точки зрения, для уменьшения общей площади обсохшего дна и ветрового выноса солей более целесообразно создать водоем с проточным режимом в восточной части Большого моря с отметками уровня 31...32 м абс., площадью 12...14 тыс. км<sup>2</sup> и объемом вод 45...60 км<sup>3</sup>. Для поддержания уровня на этих отметках необходимо 12...13 км<sup>3</sup> водного стока в год.

При подаче в водоем 18...19 км<sup>3</sup> водного стока можно обеспечить его проточность и постепенное распреснение. Излишки воды и солей сбрасываются при этом в нерегулированную западную часть Большого моря. Водоем с регулируемым режимом в перспективе, после создания оптимальных условий, по солености и качеству вод также может быть использован для рыбохозяйственных целей.

Часть стока Амударьи целесообразно направить на восстановление водоемов в небольших высохших или высыхающих южных заливах Большого моря (Муйнакский, Рыбацкий, Сарбаз, Аббаз, Джилтырбас и др.) для их использования в рекреационных и рыбохозяйственных целях. Необходимый суммарный объем их водного питания составит 1...2 км<sup>3</sup>/год, излишки воды и соли сбрасываются в западную и восточную части Большого моря.

Кроме только что перечисленных, укажем еще ряд наиболее вероятных вариантов антропогенной реконструкции Аральского моря, которые систематизированы В.Н. Бортником.

1. Восстановление водоема с регулируемым режимом в заливе Большой Сарычаганак на отметках уровня 53 м абс. (близких к естественным) с площадью 1,0 – 1,2 тыс. км<sup>2</sup> и объемом 10...12 км<sup>3</sup>. Такой водоем должен получать не менее 1,5...2,0 км<sup>3</sup> воды в год, причем излишки воды и солей через дамбу, перегораживающую залив, сбрасываются в центральную часть Малого моря. Этот водоем может иметь как рыбохозяйственное, так и моря.

2. Сохранение водоема в центральной котловине Малого моря с одновременным восстановлением регулируемого водоема в заливе Большой Сарычаганак. Для поддержания названных водоемов необходимо поступление 5...6 км<sup>3</sup> воды в год.

3. Сохранение с рыбохозяйственными и рекреационными целями регулируемого водоема на западе Большого моря на отметках 31...32 м абс. (условия естественного разделения Большого моря), имеющего площадь 5...6 тыс. км<sup>2</sup>, а объем – 85...90 км<sup>3</sup>. Это потребует питания не менее 8...10 км<sup>3</sup> в год. В нерегулируемую восточную часть Большого моря (солеприемник) сбрасываются излишки воды и солей.

4. Восстановление водоема в отчлененном заливе Аджибай на юге Аральского моря, который при отметках 50...53 м абс. имел бы площадь около 1 тыс. км<sup>2</sup>. В него необходимо подавать от 1,5 до 2,0 км<sup>3</sup> в год вод Амударьи, включая сбросные и дренажные воды с низовьев реки. Озеро

Судочье может быть использовано здесь для сброса дренажных вод с левобережья Амударьи.

Режим проточности позволяет регулировать состояние водоема, излишки же вод и солей поступают в западную часть Большого моря. Создание водоема призвано способствовать решению рыбохозяйственных и рекреационных задач.

Естественно, что могут рассматриваться различные комбинации и сочетания указанных вариантов, но, это, как правило, влечет за собой возрастание объема необходимого водного питания.

Решение Аральской проблемы вообще и самого моря в частности связано прежде всего с изменениями в стратегии развития производительных сил региона и инфраструктуры хозяйства, включая частичную замену посевов хлопка, ликвидацию потерь сельскохозяйственной продукции, корректировку экспортной политики, наращивание здесь перерабатывающих и некоторых других отраслей аграрного комплекса.

Кроме того, целесообразно уменьшить посевные площади под рис и вывести непродуктивные орошаемые земли из оборота, причем такому выводу должно предшествовать создание компенсирующего числа рабочих мест и соответствующей социальной инфраструктуры.

Необходима также коренная реконструкция оросительных систем, внедрение передовых водосберегающих технологий в сельском хозяйстве, обезвреживание коллекторно-дренажных вод и более интенсивное и продуманное использование подземных вод, выведение новых высокоурожайных сортов растений.

Если все это будет осуществлено, то появится возможность стабилизации уровня моря на отметке 38 м абс., дальнейшего его повышения до отметок 40...41 м абс. и создания единого продуктивного водоема.

Резервы воды в бассейне моря составляют 40...45 км<sup>3</sup> в год, что создает основу для существенного улучшения экологической обстановки (затраты составят около 60 млрд руб. в ценах 1990 г.).

Учитывая резкую не стационарность современного состояния режима Арала, необходимо вести комплексный мониторинг уже за двумя водоемами (Малое и Большое моря), так как происходящие в них процессы будут иметь свои региональные особенности вследствие различных размеров морей, условий обводнения и темпов усыхания.

Необходимо располагать такими данными наблюдений, которые

позволили бы в соответствии с современными научными подходами создать основу для принятия решений о дальнейшей судьбе Аральского моря и прилегающих к нему территорий.

## **6. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Как видим все высказанные в свое время рекомендации по изучению Аральского моря, и сегодня не утратили свою значимость и актуальность.

2. Большинство исследователей хорошо понимали и связывали дальнейшее экономическое развитие региона с восстановлением Аральского моря.

3. Наметившаяся в 70-80-х годах динамика сокращения стока воды в море способствовала образованию двух самостоятельных водоемов, Большого и Малого Аральского моря.

4. Для сохранения и восстановления Аральского моря, обязательным условием был устойчивый и гарантированный сток в Аральское море по обеим рекам, рек Амударьи и Сырдарьи.

5. В определенной степени, восстановление Аральского моря связывали с реализацией проекта по переброске части стока Сибирских рек.

6. Имеющиеся материалы исследований и изысканий прошлых лет являются сегодня хорошим материалом для продолжения научных и проектных работ в данном направлении, с учетом прошедшего времени с момента ранних исследований, а также современного состояния Аральского моря.

7. Для современных исследований и прогнозирования будущего Аральского моря, необходимы более масштабные исследования по всем аспектам и направлениям работ, на основе международной интеграции исследователей и практиков.

8. Учитывая современные информационные технологии, в настоящем появляются хорошие возможности более детального прогнозирования и моделирования всего спектра параметров Аральского моря.

9. Считаю необходимым более детально изучить и обобщить проработки прошлых лет, с целью поиска интересных и наиболее перспективных технических и научных решений по возрождению Аральского моря.

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_
8. \_\_\_\_\_
9. \_\_\_\_\_
10. \_\_\_\_\_