

Сценарии будущего развития бассейна Аральского моря

Анатолий Сорокин (НИЦ МКВК)

1. Современное состояние водохозяйственного комплекса

Водохозяйственный комплекс (ВХК) бассейна Аральского моря представляет собой совокупность связанных между собой элементов водохозяйственных систем бассейнов рек Сырдарьи и Амударьи. С функциональной точки зрения ВХК характеризуется процессами формирования водных ресурсов, потребления и производства, а также взаимодействием человека и окружающей среды (смотрите рис.1). Главными задачами ВХК являются: удовлетворение общества и экономик стран бассейна в воде, а также сохранение природного комплекса для будущих положений. Основным водопотребителем является орошаемое земледелие, водопользователем - гидроэнергетика.



Рис.1 Общая схема водохозяйственных расчетов для бассейна Аральского моря

Поверхностные водные ресурсы бассейна Аральского моря складываются из возобновляемых речных вод, а также возвратных вод. Суммарные среднесезонные ресурсы речных вод в бассейне Аральского моря составляют $116,5 \text{ км}^3/\text{год}$; на бассейн Сырдарьи приходится $37,2 \text{ км}^3$ и Амударьи – $79,5 \text{ км}^3$. В бассейне Аральского моря формируется около $32,5 \text{ км}^3$ возвратных вод (коллекторно-дренажные воды от орошения и сточные воды от промкомбыта), соответственно, в бассейне Сырдарьи - $13,4 \text{ км}^3$, Амударьи – $19,1 \text{ км}^3$. В реки сбрасывается около $16,8 \text{ км}^3$ возвратных вод (в бассейне Сырдарьи – $9,2 \text{ км}^3$, Амударьи – $7,6 \text{ км}^3$), в природные понижения - $10,9 \text{ км}^3$, повторно используется - $4,8 \text{ км}^3$. Располагаемые к использованию водные ресурсы бассейна Аральского моря (естественный речной сток и возвратный сток в реки) оцениваются в среднем в 133 км^3 , а за минусом русловых потерь в $117...121 \text{ км}^3$.

Суммарный водозабор в бассейне Аральского моря в 1960 году составлял $60,6 \text{ км}^3$, к 1980 году он достиг максимальной величины - $120,7 \text{ км}^3$, а к 2000 году снизился до 104 км^3 , и стабилизировался к 2008 году на уровне 105 км^3 . Максимальное значение удельного водозабора на гектар орошения в бассейне наблюдалось в 1970 году – $16,9 \text{ тыс. м}^3/\text{га}$, минимальное – в 2000 году – $11,9 \text{ тыс. м}^3/\text{га}$. В 1970 году наблюдался самый максимальный удельный водозабор на душу населения – $4,73 \text{ тыс. м}^3$ на 1 чел в год, в 2000 году - самый минимальный – $2,53 \text{ тыс. м}^3$ на 1 чел в год. С 1992 года в бассейне осуществляется межгосударственное лимитированное вододелиение, а целевой тенденцией стало снижение водозабора (в результате политики водосбережения, принятой МКВК); в тоже время на уменьшение водозабора в определенной мере сказались изменения в структуре орошаемого земледелия – сократились площади под хлопчатником, но возросли под зерновыми и др.

В бассейне Аральского моря построено более 60 водохранилищ с суммарным полезным объемом $46,5 \text{ км}^3$, в том числе в бассейне Амударьи $20,2 \text{ км}^3$, Сырдарьи - $26,3 \text{ км}^3$. Действуют 45 ГЭС общей мощностью $34,5 \text{ ГВт}$. Гидроэнергия составляет более 27 % от общего потребления энергии в

бассейне. По странам этот показатель значительно изменяется: больше всего гидроэнергии вырабатывается в Таджикистане (около 98 % от всей выработки электроэнергии в стране) и в Кыргызстане (около 91 %), меньше всего - в Туркменистане (1 %). Благодаря построенным водохранилищам степень зарегулированности стока составляет по реке Сырдарья 0,94 (естественный сток зарегулирован почти полностью), а по реке Амударья - 0,78 (имеются резервы дальнейшего регулирования).

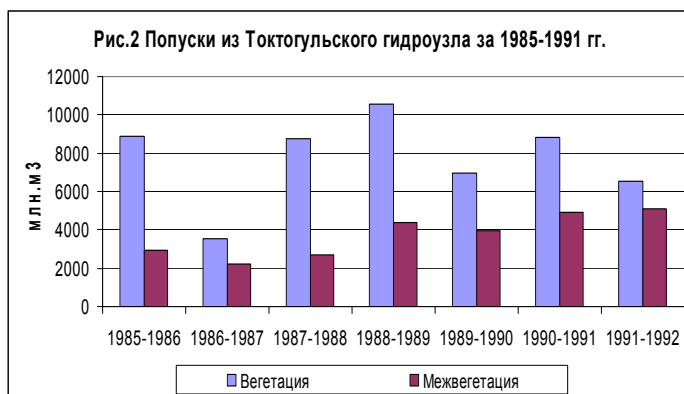
С 1992 года произошли изменения в энергетических требованиях и режимах работы водохранилищных гидроузлов с ГЭС, что привело к снижению водообеспечения в орошаемом земледелии в среднем и нижнем течении рек Сырдарья и Амударья в отдельные маловодные годы. В тоже время, гарантия ежегодной необходимой выработки электроэнергии на крупнейших ГЭС межгосударственного значения – Токогульской и Нурекской остается невысокой, поскольку, в следствие нерационального многолетнего режима наполнения и сработки водохранилищ, не удается поддерживать необходимые напоры на ГЭС.

Так например, начиная с 1992 года летние попуски воды по Сырдарье оказались в сильной зависимости от поставок электроэнергии, топлива, газа, осуществляемой на бартерной основе из Казахстана и Узбекистана Кыргызстану. Появились дефициты в вегетационные поливы и вынужденные сбросы в Арнасай в межвегетацию. В результате весь природный комплекс Сырдарьинского бассейна, а не только орошаемое земледелие, оказался зависимым от этих режимов. В таблице 1 и на рисунках 1, 2 приводятся попуски воды из Токтогульского водохранилища, осуществляемые в два характерных периода – до 1992 года и после.

Таблица 1. Приток и попуски воды по Токтогульскому водохранилищу за характерные периоды (км³)

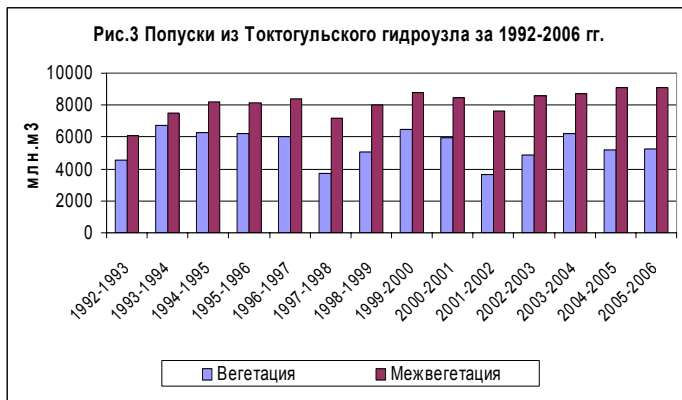
	1985 – 1991 гг		1992 - 2006 гг	
	межвегетация	вегетация	межвегетация	вегетация
Приток	2,77	9,29	3,20	10,49
Попуск	3,53	7,93	8,13	5,45

Понимание необходимости соблюдения экологических требований, особенно после начала деятельности МКВК, способствовало в последние 10-15 лет увеличению подачи воды природному комплексу – дельтам рек Амударья, Сырдарья и Аральскому морю. Однако, подача воды в экосистемы нередко связана с другим обстоятельством – с наличием излишних расходов по рекам, вызванных энергетическими попусками водохранилищ. Существующие водные экосистемы (система Арнасайских озер и др.) требуют определенных ежегодных попусков для стабилизации уровней и водно-солевого баланса, в тоже время существует угроза излишних попусков или недодачи воды экосистемам, связанная с значительными колебаниями стока рек, вызванных природными факторами (колебания рек) и нерациональным регулированием стока водохранилищами.



Национальные интересы стран бассейна диктуют необходимость корректировки режимов работы водохранилищных гидроузлов с ГЭС межгосударственного значения с целью повышения энергетической отдачи, снижения ирригационных дефицитов воды, и предотвращения возможных конфликтов между государствами.

Сегодня регулирующих емкостей в бассейне недостаточно. Решение проблемы видится на межгосударственном уровне, в разработке и принятии государствами правил регулирования стока рек Сырдарья и Амударья и их основных притоков. Для повышения гарантированной водоотдачи в бассейне необходимо осуществление многолетнего регулирования и ввод новых емкостей, осуществляемые на фоне сбережения водных и энергетических ресурсов.



Необходимость разработки правил регулирования стока обусловлена не только стремлением повысить эффективность управления, но также трудностями в самой системе климатических и гидрологических прогнозов, от предсказуемости которых зависят ожидаемые колебания стока рек, впадающих в водохранилища, а также необходимая выработка электроэнергии на ГЭС, зависящая в свою очередь от требований энергосистемы в целом.

Сток реки Сырдарья и ее притоков за последние 17 лет в среднем за год составил 41.6 км³, что выше среднемноголетнего годового объема за 1950-1990 годы на 3.4 км³ (или 8 %). По притоку к трем верхним водохранилищам (Токтогульскому, Андижанскому, Чарвакскому) та же картина: средний за последние 17 лет годовой приток составил 24 км³, что на 1.7 км³ выше среднемноголетнего годового стока за 1950-1990 годы. Если сравнить средние за 17 лет значения годового стока реки Сырдарья с среднемноголетним стоком за весь наблюдаемый период 1911 - 2007 гг., то рост стока за 17 лет окажется еще выше (10 %). Частота появления маловодных лет по бассейну Сырдарья за последние 17 лет по сравнению с 1950-1990 годами не увеличилась, однако увеличилась частота многоводных лет (обеспеченностью 25% и ниже) в 1.4 раза, а особо многоводных (обеспеченностью 10% и ниже) почти в 2 раза.

Несколько иная ситуация по бассейну Амударьи. Средний годовой сток реки Амударья и ее притоков за последние 17 лет составил 69.2 км³, что практически совпадает с среднемноголетним стоком за весь наблюдаемый период (1911-2007 годы) – 69.3 км³. Однако за эти годы заметно увеличилась амплитуда отклонений от средних значений. Частота маловодных лет (обеспеченностью 75 % и выше) увеличилась в 1.3 раза, многоводных (обеспеченностью 25 % и ниже) в 1.2 раза, а особо многоводных (обеспеченностью 10 % и ниже) в 2.5 раза. В 1.5 раза увеличилась “глубина” маловодных лет (отклонение среднего стока в маловодные годы от среднего стока за период).

Таким образом, за последние годы в бассейне Аральского моря заметно увеличилось количество паводков (для всех рек) и маловодий (для реки Амударьи), а также амплитуда отклонений расходов рек от средних значений.

2. Сценарии будущего развития бассейна

Каждое государство бассейна имеет свои концепции развития, стратегические интересы и приоритеты, иногда не совпадающие между собой, свое видение разрешения региональных конфликтов. Однако существуют проблемы, являющиеся ключевыми для всех государств. Они связаны, в основном, с современным и будущим распределением водных ресурсов, регулированием стока. Здесь важно объективно оценить будущие располагаемые водные ресурсы и требования на воду. Неопределенность информации в этой области повышает риск инвестирования в водохозяйственный сектор и подрывает национальные и региональные инициативы по совершенствованию управления водными ресурсами.

Региональные мероприятия на будущее должны представлять собой координацию, стимулирование и поддержку национальных. В тоже время решения на национальном уровне должны проверяться на региональных ограничениях с помощью таких инструментов планирования, которые в состоянии соизмерять национальные оценки и индикаторы, не допуская взаимоисключающих управлений. Только в этом случае можно ожидать, что результаты на национальном уровне можно будет собрать в единое целое на региональном уровне. Эффективным средством разработки сценариев и стратегий на будущее является метод интегрированного планирования, предполагающий установление межгосударственных и межсекторных связей, общих целей, поиск общих сфер интересов, осуществляемый на основе компромиссов, уступок, компенсаций, поиска консенсуса.

Перечислим основные факторы, влияющие на будущее водохозяйственное развитие бассейна Аральского моря:

- Динамика будущих гидрографов естественного стока рек и удельного водопотребления для сельскохозяйственных культур, определяемая климатическими изменениями,
- Динамика будущих требований на воду для потребителей (секторов экономики и природы), и возвратных вод, определяемая национальными концепциями развития водного хозяйства и демографическими тенденциями,
- Определяемые национальными энергетическими концепциями: динамика будущих энергетических нужды стран, экспорта и импорта топливно-энергетических ресурсов, ввода новых регулирующих емкостей (водохранилищ) и энергетических мощностей (ГЭС), режимов работы водохранилищных гидроузлов межгосударственного значения,
- Динамика потерь регулирующих емкостей, определяемая процессами заиливания водохранилищ, зависящими от будущего жидкого и твердого стока рек и режимов работы водохранилищ.

Таким образом, оценка будущей ситуации в бассейне должна осуществляться по сценариям, оценивающим риски от роста водопотребления, климатических изменений, потерь регулирующих емкостей водохранилищ за счет заиливания, ввода в эксплуатацию новых ГЭС и водохранилищ межгосударственного значения и др.

Все возможные сценарии развития бассейна (по перечисленным факторам) и их сочетания можно объединить в два интегрированных сценария (схемы), условно названных:

- Пессимистичным (сценарий “А”), основанным на сохранении существующих тенденций в водохозяйственном и энергетическом развитии государств, и существующих межгосударственных соглашений, включая положения и факторы, усиливающие риски развития,
- Оптимистичным (сценарий “В”), предполагающим улучшение показателей водохозяйственного и энергетического развития государств, совершенствование межгосударственных соглашений.

В данные схемы включены только реально выполнимые цели и ориентиры, исключая дисбалансы, вызванные превышением требований на воду над располагаемыми водными ресурсами (попытки простого сведения национальных стратегий в региональную).

По сценарию “А” предполагается сохранение существующих принципов работы водохранилищ (до и после ввода новых емкостей), а по сценарию “В” – изменение их режимов согласно разработанным правилам регулирования стока водохранилищ бассейна, основанным на многолетнем регулировании и принципах компенсации.

В работе [1] дается обоснование необходимости адаптации к изменениям климата в ЦА. По мнению авторов, усиление частоты экстремальных гидрологических явлений должно вызвать в качестве первоочередной встречной реакции усиленное внимание к повышению многолетнего регулирования и обеспечению гарантийных запасов воды в водохранилищах межгосударственного значения. На состоявшемся в Бонне заседании Комиссии по климату и воде Европейской Конвенции были обнародованы устрашающие цифры по бассейну Амударьи: ожидаемое уменьшение водных ресурсов в связи с уменьшением объема ледников могут достичь 30 %.

В этих условиях внимание к строительству Рогунского водохранилища должно быть повышено, и не только как к источнику электроэнергии, но как к многолетнему регулятору удовлетворения нужд орошаемого земледелия и экологии. Наши расчеты убедительно показали, что в многолетнем режиме при отметке НПУ 1240 водохранилище практически не работает, и для региона важно иметь водохранилище с НПУ 1290 при котором возможны оптимальные режимы для всех участников водохозяйственной комплекса бассейна Амударьи.

Сценарий “А” для бассейна Амударьи означает ввод в эксплуатацию Рогунской ГЭС на отметке НПУ 1290 м и вариант энергетического режима работы Рогунского и Нурекского водохранилищ, с экономическим ущербом в водохозяйственном комплексе бассейна в 174 млн. долл. в год, что соизмеримо со стоимостью получаемой электроэнергии на Рогунской ГЭС (смотрите таблицу 2 и работу [2]).

При развитии водопотребления по сценарию “А”, но вводе комбинированного (энерго-ирригационного) режима, предусматривающего работу Рогуна в многолетнем энергетическом режиме, а Нурека в компенсационном ирригационном, и при использовании многолетних запасов в Рогуне для покрытия дефицита в орошении, средний дефицит в воде может быть снижен до 1,5–2 % (смотрите таблицу 2). Экологический ущерб составит около 10 млн. долл. в год, но за период 50 лет будет лишь один период длительного (более 2 лет) ущемления интересов дельты Амударьи.

Особенно резкое снижение ущербов или даже доведение их до нуля возможно при сценарии «В», предполагающем многолетнее регулирование в комбинированном режиме.

Таблица 2. Потери продукции орошаемого земледелия и сопряженных отраслей в бассейне Амударьи за период 2005-2055 гг. для сценария “А” при различных вариантах регулирования стока водохранилищами (млн. \$/год)

Варианты регулирования стока	Потери продукции от природных и антропогенных факторов по сравнению с потенциальной (планируемой) величиной
Без Рогуна	95
Энергетический, НПУ 1290	174
Ирригационный, НПУ 1290	38
Комбинированный, НПУ 1290	76

Таблица 3. Влияния Рогунской ГЭС (НПУ 1290 м) на экономические показатели развития стран бассейна Амударьи за период 2005-2055 гг. по сценарию “А” (млн. \$/год)

Сценарии совместной работы Рогунской и Нурекской ГЭС	Рост продукции орошаемого земледелия и сопряженных отраслей	Стоимость выработанной электроэнергии	Суммарный эффект в бассейне
Комбинированный	19	195	214
Ирригационный	57	188	245
Энергетический	- 79	195	116

Таблица 4. Показатели обеспеченности орошаемого земледелия в среднем и нижнем течениях Амударьи при различных вариантах работы Рогунского (НПУ 1290 м) и Нурекского водохранилищ. Сценарий “А”, расчетный период 2007...2055 годы.

Варианты режимов работы водохранилищ	Число перебойных лет %	Средний дефицит воды за период, %	Максимальная глубина дефицита воды за год, %
1 Энергетический	36	6	34

2	Комбинированный	18	2	19
---	-----------------	----	---	----

При оценке возможных сценариев регулирования стока в бассейне Амударьи на отдаленную перспективу и учете их в “правилах” особое внимание должно быть уделено анализу будущих режимов Дашт-и-Джумского гидроузла, учитывая его возможность влиять на естественный режим Пянджа, который сегодня полностью соответствует требованиям орошаемого земледелия среднего и нижнего течения Амударьи. При намеченном проектном сроке строительства в 11 лет, реальный ввод Дашт-и-Джумского гидроузла (полезная емкость 10.2 км³) следует ожидать после 2025 года.

В будущем Афганистан может потребовать увеличения своей доли воды для социально-экономического развития в северной части страны. Это несколько изменит режим стока реки Пяндж и самой Амударьи. При разработке “правил” можно учесть вариант, предусмотренный “Схемой развития орошения северных районов Афганистана”, с дополнительной подачей из реки 3.6 км³/год.

Несколько слов о заилинии водохранилищ и возможных потерях регулирующих емкостей. В бассейне Амударьи для Рогунского и Нурекского гидроузлов основным фактором заилинения является динамика будущего жидкого и твердого стока реки Вахш, определяемая климатическим сценарием. Для Русловского водохранилища Тюямуюнского гидроузла наряду с притоком к водохранилищу (определяется климатическим сценарием и сценарием развития бассейна), значительное влияние на заилинение оказывает сам режим работы Русловского водохранилища – рекомендуемый САНИИРИ промывной (сценарий “В”) или не промывной (смотрите таблицу 4).

Согласно проектным проработкам добиться оптимального ирригационно-энергетического использования в бассейне Сырдарьи можно будет путем ввода новых ГЭС выше Токтогульского гидроузла (каскад Камбаратинских ГЭС), свободных от ирригационных ограничений и работающих в режиме сезонных энергетических компенсаторов. Водно-энергетическое моделирование показывает эффективность данных мероприятий для бассейна в целом, однако только в случае, если каскады ГЭС будут работать не только в интересах энергетических потребителей. В противном случае ущерб в орошаемом земледелии только увеличится.

Если предположить (сценарий “В”), что мы согласовали между странами методики оценки затрат и доходов от использования трансграничного водного ресурса, задача регионального управления (развития) сводится к поиску общего решения, которое максимизирует национальные и региональные интересы (доходы); для этих целей предлагается из трансграничного водного ресурса выделять в многоводные годы определенный объем, идущий на многолетнее регулирование стока и использовать его для покрытия дефицитов воды и энергии.

Таблица 4. Оценка объем русловых водохранилищ бассейна Амударьи по сценарию “В” (данные НТЦ “Тоза Дарье”, Проект “Jayhun” 516761 INCO)

годы	Нурек	Тюямуюн	Рогун	Итого
Объемы заилинения водохранилищ (км ³)				
1972	0	-	-	0
1978	0.7	0	-	0.7
2007	2.6	1.1	-	3.7
2025	3.2	1.5	0.8	5.5
2050	3.5	1.8	2.8	8.1
Емкости водохранилищ с учетом заилинения (км ³)				
1972	10.5	-	-	10.5
1978	9.8	7.8	-	17.6
2008	7.9	6.7	-	14.6
2025	7.3	5.3	12.5	25.1
2050	7.0	6.0	10.5	23.5

Поддержание созданных экосистем по сценарию “В” планируется, главным образом, за счет водного ресурса, оставшегося после лимитируемого водопотребления (при обязательном соблюдении минимальных экологических попусков в Приаралье и Арал в периоды любой водности); распределение этого ресурса между водными объектами стран (Арнасай дополнительная подача в

озера Приаралья и Арал) планируется осуществлять на договорной основе. Построение режимов работы водохранилищ межгосударственного значения по сценарию “В” осуществляется исходя из национальных заявок (на попуски и наполнение водохранилищ), с учетом обязательств по многолетнему регулированию и текущей компенсации затрат (ущербов), возникающих при изменении национальных режимов в направлении регионального компромисса.

СЦЕНАРИЙ “ОПТИМИСТИЧНЫЙ”

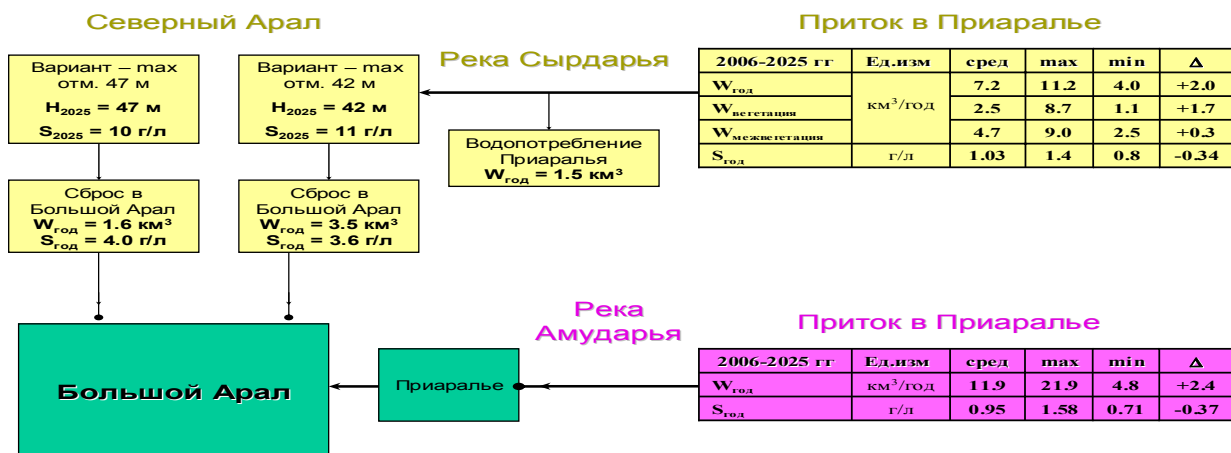


Рис 4. Схема притока и использования водных ресурсов в Приаралье по сценарию “В”

Приоритетными сегодня и в будущем остаются задачи водосбережения и продуктивного водопользования, решение которых позволит свести к минимуму дефицит воды в регионе и освободить водные ресурсы для пополнения Арала. Сценарий “А” предполагает стабилизацию продуктивности и требований на воду из трансграничных рек, а развитие, главным образом, на основе потенциала местных источников воды. По сценарию дефицит в орошаемом земледелии бассейна Сырдарьи (средний за 50 лет) оценивается в 6 % от лимита, с максимальной глубиной в отдельные годы до 20 %. По бассейну Амударьи дефицит в орошаемом земледелии, в среднем за период составляет 3.6 % от лимита, с максимальным значением 20 % по государствам, и по отдельным областям – 28 %. Экологические требования для Амударьи по этому сценарию выдерживаются в многоводные и средние по водности годы, по Сырдарье – при всех вариантах в целом за год.

Сценарий “В” предполагает, что к 2050 году будет достигнут уровень 80 % потенциальной продуктивности земель, а за счет водосбережения уменьшится водозабор из трансграничных рек, что позволит, рационально распределять освободившуюся воду для создания запасов многолетнего регулирования и стабильной подачи воды в Приаралье. По данному сценарию благодаря многолетнему регулированию дефицит в орошаемом земледелии бассейнов Сырдарьи и Амударьи после 2030 года практически отсутствует, а экологические требования (санпопуск по руслу рек, подача воды в системы озер дельт рек и Арнасай) выдерживаются. Величина дефицита в гидроэнергетике Кыргызстана, требующая компенсаций со стороны Узбекистана и Казахстана, возникает в отдельные годы и не превышает максимума в 1.8 млрд.кВт.ч (13% выработки ГЭС Кыргызстана)..

Расчетный приток в Приаралье по рекам Сырдарья и Амударья средний за период 2007-2025 гг для сценария “В” приводится на рисунке 4. На рисунке показаны: средний приток по сезонам, средняя соленость речной воды по сценарию “В” и превышение данных величин над аналогичными, полученными по сценарию “А”, а также варианты стабилизации уровня воды в Северном Аральском море и сбросы в Большой Арал.

Предполагается, что по сценарию “В” благодаря проводимой политике водосбережения на уровне государств, будут достигнуты следующие показатели эффективности использования воды: удельное водопотребление на орошение составит 9,4 тыс.м³/га; удельное водопотребление для населения составит 0,08 тыс.м³/чел/год. При этом предполагается, что: (а) темпы роста населения уменьшаются и снизятся к 2020 г. до 0,98 % в год, (б) комплекс мероприятий по сокращению водопотребления для

ирригации позволит увеличить площадь орошаемых земель до 8,5 млн.га. Прирост орошаемых земель в основном предполагается после 2010 года. При намеченных рубежах эффективности использования воды в различных секторах экономики, общее потребление водных ресурсов составит около 90 км³/год, на орошение - около 80 км³/год.

Согласно расчетам, стабилизация уровня воды в Северном Аральском море на отметке 47 возможна при всех сценариях притока к морю, с некоторой разницей по срокам - после 2040 года по сценарию "А" и после 2020 года по сценарию "В". Вариант подачи стока в Большое Аральское море по сценарию "А" и существующей водохозяйственной инфраструктуре Южного Приаралья приводит к удержанию отметок Восточной части на 25 м, и падению уровня воды Западной части к 2020 г до отметки 20 м. Вариант подачи воды по сценарию "В" приводит к периодическому слиянию и разделению частей Большого моря со среднемноголетней отметкой 28 м. По сценарию "В" и гипотетическому варианту, проработанному в проекте ИНТАС 0511, предлагается, что водоснабжение Западной чаши будет осуществляться через систему Амударья-Судочье-Аджибай. Восточная чаша питается только при переливах из Западного моря плюс попуски из Северного моря. В Западной чаше горизонт воды устанавливается на отметках 29...31 м, с кратковременными минимумом в 28 и максимумом в 32 м. Восточная чаша стабилизируется при 26...27 м Б.С.

Литературные источники

1. В.А.Духовный, А.Г.Сорокин, Г.В.Стулина. Нужно ли нам думать об адаптации к изменению климата в Центральной Азии. Адаптация к изменению климата: проблемы региона в свете мирового опыта. НИЦ МКВК. Ташкент, 2008, с. 14-24..
2. В.А.Духовный, А.Г.Сорокин. Оценка влияния Рогунского водохранилища на водный режим реки Амударья. НИЦ МКВК. Ташкент, 2007, 128 с.