

УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАССЕЙНОВ РЕК АМУДАРЬЯ И СЫРДАРЬЯ ПО ВАРИАНТАМ РАЗВИТИЯ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

А.Г. Сорокин, А.С. Никулин, Д.А. Сорокин

В представленных ниже результатах моделирования на модели управления бассейном Аральского моря (ASBMM) по оценке будущего распределения и использования водных ресурсов в регионе на основе прогноза климатических изменений и различных сценариев развития стран Центральной Азии (период 20 лет) освещаются вопросы:

- Анализ влияния изменений климата на формирование водных ресурсов и водопотребление в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи.
- Моделирование режимов формирования и распределения трансграничного стока рек бассейнов Амударьи и Сырдарьи между странами и Приаральем. Учет климатических изменений.
- Анализ результатов численных расчетов по 20 летнему ряду. Оценка изменения притока воды в Приаралье по рекам Амударья и Сырдарья для выбранного климатического сценария и вариантов развития региона.

1. Анализ влияния изменений климата на формирование водных ресурсов и водопотребление в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи

Влияние изменения климата на характер функционирования водохозяйственных систем бассейнов Амударьи и Сырдарьи может проявляться как через изменение условий формирования водных ресурсов, так и через изменение режима водопотребления. Данные процессы имеют взаимосвязь и во многом будут определять условия будущего развития региона.

Целью наших исследований является оценка возможных изменений в формировании водных ресурсов и водопотреблении на ближайшую перспективу (20 лет), которая не рассматривается нами как прогноз, поскольку оценка самих климатических условий будущего носит ориентировочный характер.

1.1 Влияние климата на формирование водных ресурсов бассейнов рек Амударьи и Сырдарьи

По данным экспертов [1, 2, 5] основными причинами изменений режимов естественных водных ресурсов бассейнов рек Сырдарьи и Амударьи на перспективу, вызываемых ожидаемым потеплением климата, являются тенденции увеличения температуры воздуха и изменения осадков (твердые, жидких). Важным фактором формирования стока рек ледниково-снегового и снегово-ледникового питания является состояние ледников и их реакция на изменение климатических параметров (имеющая инерционный характер).

При оценке влияния климатических факторов на формирование водных ресурсов существенное значение играет тип питания рек. Можно отметить следующие особенности.

Река Нарын может быть отнесена к рекам ледниково-снегового питания. Значительна доля ледниково-снегового питания реки Зеравшан. В питании основных притоков Амударьи – Вахша и Пянджа преобладает сток за счет таяния высокогорных снегов и ледников. Притоки Амударьи – Кафирниган и Сурхандарья относятся к рекам снегово-ледникового питания, но с более выраженной снеговой составляющей и более ранним сосредоточением паводка по сравнению с реками Пяндж и Вахш. Река Карадарья относится к рекам снегово-ледникового питания, однако роль ледников и снежников в формировании ее стока существенна только для части ее притоков (Каракульджа, Тар). В формировании притоков в Чарвакское и Андижанское водохранилища заметную роль

играют талые воды нижних ярусов и дожди. Река Ахангаран относится к рекам снегово-дождевого питания.

По рекомендациям САНИГМИ [1] в качестве основных климатических сценариев, используемых при оценочных расчетах изменения стока рек в бассейнах Сырдарьи и Амударьи, следует признать три сценария: (1) сценарий, рассчитанный по модели ISHAM4 (Germany, Max Planck Institute), (2) сценарий, рассчитанный по модели HadCM2, являющейся второй версией модели UKMO (UK, Hadley Centre), (3) региональный сценарий (IS92ab).

Согласно данным сценариям реки бассейнов Сырдарьи и Амударьи характеризуются на ближайшую перспективу (20 лет) как тенденциями к незначительному увеличению стока, так и уменьшению. Анализ данных показывает, что в целом по региону на ближайшую перспективу значительных изменений речного стока не произойдет, можно ожидать изменение межгодового колебания стока, при незначительном уменьшении нормы (не более чем на 10%). С потеплением ожидается изменение вклада составляющих формирования стока рек – увеличение ледниковой и дождевой, уменьшение талой снеговой. Ожидается сдвиг начала таяния снежного покрова.

Следует отметить, что существующие в научной литературе оценки влияния изменения климата на формирование водных ресурсов региона Центральной Азии часто публикуются в порядке обсуждения. К таким оценкам можно отнести работу Е.Г.Иванова и др. [5] посвященную бассейну р. Сырдарьи. Данная работа интересна с методической точки зрения и дает некоторые ориентиры по изменению нормы стока на 2020 год для рек Нарын (приток к Токтогульскому водохранилищу), Карадарья (приток к Андижанскому водохранилищу), Чирчик (приток к Чарвакскому водохранилищу), то есть точно по схеме, используемой нами при моделировании процессов формирования и распределения стока в бассейне Сырдарьи (модель ASBMM).

Приведем некоторые данные из этой работы и используем их для ориентировочных расчетов по оценке водных ресурсов бассейна Сырдарьи на перспективу (2020 год). В таблице 1 приводятся оценки среднего многолетнего стока рек бассейна (км³/год) на уровни 2000 и 2020 годов, а также процент уменьшения стока к 2020 году по сравнению с 2000 годом.

Таблица 1 | Стока рек бассейна Сырдарьи (км³/год) на расчетные уровни 2000 и 2020 гг. [5]

Приток по рекам в водохранилища	2000 год	2020 год	% уменьшения
Токтогульское	10,1	7,35	28
Андижанское	3,12	2,03	35
Чарвакское	5,52	4,50	18

Если учесть, что температура воздуха (t^0) по данной оценке [5] возрастает с 2000 года по 2020 год для бассейна реки Нарын на $0,8^0$, для бассейна реки Карадарья на $0,7^0$, для бассейна реки Чирчик на $0,7^0$, то можно рассчитать значения градиентов падения норм стока на 1 градус. Градиенты падения стока рек (в % уменьшения стока на 1^0 падения температуры воздуха) составят: для бассейна Нарына 35%, для бассейна Карадарья 50%, для бассейна Чирчика 36%, а в целом по бассейну Сырдарьи 35%.

Данные градиенты были использованы для переноса климатических тенденций регионального сценария (IS92ab) на изменение водности рек бассейна Сырдарьи (табл. 2).

Таблица 2 | Оценка годового стока рек бассейна Сырдарьи на уровне 2020 года

Показатель	Нарын	Карадарья	Чирчик
Увеличение температуры воздуха с 2000 по 2020 год по сценарию IS92ab (в градусах)	0.4	0.4	0.1
Градиенты падения норм на 1 градус (в % уменьшения стока)	35	50	36
Уменьшение норм годового стока с 2000 по 2020 год (в % от нормы)	14	20	4
Годовой сток рек на уровне 2000 года (км ³ /год) [5]	10.1	3.1	5.5
Уменьшение годового стока рек с 2000 по 2020 год (км ³ /год)	1.4	0.6	0.2
Годовой сток рек на уровне 2020 года (км ³ /год)	8.7	2.5	5.3

Таким образом, по данной оценке к 2020 году следует ожидать уменьшение норм годового стока основных рек бассейна Сырдарьи в размере 2.2 км³. Сравнение таблиц 1 и 2 показывает, что результаты наших расчетов отличаются от оценки, опубликованной в работе [5] и дают более низкие значения речного стока. К сожалению, выполнить подобные ориентировочные расчеты для бассейна Амударьи из-за отсутствия данных не представляется возможным.

Следует отметить, что рассматриваемые оценки имеют ряд недостатков. Главная из них – оценка изменения стока дается только на момент времени к концу расчетного периода (2020 год), вопрос о динамике стока за 2000–2020 годы остается открытым. Предикторами перспективных гидрологических изменений выступает в основном лишь температура воздуха.

В разделе 2 описывается подход НИЦ МКВК к решению данной задачи, основанный на комплексном применении концепции цикличности колебаний гидрологических рядов, учитывающих климатические изменения.

1.2. Влияние климата на формирование водопотребления

Предмет исследований – оценка влияния изменчивости температуры воздуха и атмосферных осадков на показатели водопотребления в бассейнах рек Сырдарья и Амударья. В качестве показателей водопотребления, изменяющихся под воздействием климатических факторов, рассматриваются оросительные нормы и соответствующие им требуемые объемы водозабора на орошение.

Данные показатели используются в социально-экономической модели комплекса ASBMM [3] и наряду с требованиями на воду других отраслей, формируют суммарный требуемый водозабор для каждой страны региона, в том числе из трансграничных рек. Последняя составляющая взаимосвязана с гидрологической моделью ASBMM [6, 7] и корректируется (урезается) в зависимости от располагаемых водных ресурсов, которые в свою очередь также зависят от изменчивости температуры воздуха и атмосферных осадков.

В тоже время, потребный водозабор на перспективу определяется социально-экономическими показателями, которые планирует достичь каждое государство. Они непосредственно связаны (для сельскохозяйственного сектора) с планируемыми величинами площадей орошения и урожайностью культур, которая является функцией водообеспечения (подачи воды по нормам), а также той же температуры воздуха и атмосферных осадков.

Такое взаимодействие показателей, оценивающих формирование стока и его распределение по требованиям, позволяет подойти к управлению водными ресурсами в комплексе, когда речная сеть и водохозяйственные районы рассматриваются как единое целое, исключая грубые ошибки при оценочных расчетах на перспективу.

Можно утверждать, что растения в состоянии жить только в определенных пределах температуры и влажности воздуха. Вызываемое потеплением увеличение продолжительности вегетационного периода для большинства районов региона может привести к

улучшению условий формирования, роста и созревания, прежде всего, хлопчатника и росту его урожайности. В тоже время для некоторых районов рост температуры (при отсутствии достаточных осадков) может привести к снижению влажности воздуха и увяданию растений. Чрезмерные осадки также могут уменьшить урожайность культур, поскольку высокая влажность воздуха приводит к замедлению роста растений. С изменением температуры воздуха и осадков изменятся оросительные нормы сельхозкультур. Рост температуры воздуха может привести к росту норм, а увеличение осадков – к их уменьшению. Все будет зависеть от величин изменения температуры воздуха и осадков, их соотношения и территориального распределения.

Для оценочных исследований влияния изменения климата на урожайность сельхозкультур и оросительные нормы необходимо специальное моделирование данных процессов. Но поскольку в рамках данного проекта такие работы не предусмотрены, оценка выполнена по ранее проведенным исследованиям [2, 4, 5]. Основу оценок составляют результаты расчетов по программе ФАО 'CROPWAT' [4].

Экспертные оценки [2, 4, 5] проводимые для региона, показывают, что при потеплении следует ожидать незначительное увеличение продолжительности вегетационного периода, рост весенних и осенних температур воздуха. Обращает на себя внимание то, что при переходе от предгорных районов к равнинным территориям происходит некоторое снижение интенсивности роста температуры. На фоне общего потепления холодного периода для равнинных территорий может наблюдаться сохранение или даже некоторое снижение температуры теплого периода. Однако можно предположить, что существующие в последние годы тенденции к росту температуры в ближайшей перспективе не могут исчезнуть, так как климатические системы обладают свойством инерционности в своем развитии. В хронологическом ходе осадков и увлажненности явные тренды не выявляются, однако и здесь большинство экспертов говорят о возможном незначительном росте осадков.

Поскольку по большинству 'мягких' климатических сценариев на ближайшую перспективу ожидается незначительное повышение температуры воздуха во все сезоны года и одновременное увеличение осадков для зон распределения стока, однозначно сделать вывод о росте (или снижении) оросительных норм невозможно.

По данным работы [5] к 2020 году суммарное испарение в вегетационный период по районам Ферганской долины, ЧАКИПА и Среднего течения Сырдарьи не изменится.

Иная оценка приводится в работе [4]. При неблагоприятных климатических сценариях (УКМО, СССР) расчеты по модели 'CROPWAT' показывают увеличение оросительных норм для разных культур региона на 25-45% (здесь УКМО – модель Метеорологического бюро Соединенного Королевства Великобритании, СССР – модель Канадского климатического центра). Однако данные модели не могут быть взяты за основу при оценке на ближайшую перспективу, поскольку предполагают повышение температуры воздуха на 6–7 градусов и уменьшение осадков на 10%, что не соответствует современному представлению о росте температуры и осадков.

Более приемлемые результаты получаются при расчетах на модели 'CROPWAT', основанных на региональном климатическом сценарии. По сравнению с базовой нормой для бассейна Амударьи по этому сценарию следует ожидать роста требуемого водопотребления на 3%, а для бассейна Сырдарьи – его уменьшения на 4%. Однако и эта оценка основывается на несколько завышенных величинах увеличения температуры воздуха (на 1,5–2,5 градуса) и осадков.

Корректируя эту оценку для роста температуры на 0.5 градуса (последняя версия регионального сценария - IS92ab) получим лишь незначительный рост водопотребления по региону к 2020 году (не более 1%).

Используя оросительные нормы в социально-экономической модели ASBMM можно оценить требуемое водопотребление по странам, в разрезе бассейнов, рек, в увязке трансграничного и местного стока (см. разделы 2 и 3).