

Учет влияния изменений климата при моделировании стока рек бассейна Аральского моря

Сорокин А.Г.

Анализ существующих моделей изменения климата и водных ресурсов бассейна Аральского моря на ближайшую (2030 год) и отдаленную перспективы (2050 год, конец столетия) позволяет отметить следующее.

1. Климатические характеристики бассейна Аральского моря хуже воспроизводятся глобальными климатическими моделями, чем региональными, поскольку требуют учета множества региональных особенностей [Агальцева Н.А., Болгов М.В и др, 2011]; тоже самое можно отметить и для гидрологических характеристик (объемов стока рек и их изменчивости).

2. Наиболее надежным инструментом для моделирования физических процессов, определяющих климатические изменения, считаются трехмерные численные модели общей циркуляции – МОЦ [Агальцева Н.А., 2002]. Климатические модели используют различные исходные данные и сценарии эмиссии парниковых газов, и показывают различные результаты, - поэтому, в условиях значительной неопределенности в оценках, на региональном уровне (бассейн Аральского моря), как правило, отбирается несколько сценариев и моделей; строятся региональные климатические сценарии методом усреднения результатов моделей ведущих мировых климатических центров - HadCM3, Hadley Centre, Великобритания; ECHAM4, Max Planck Institute, Германия и др. [Агальцева Н.А., Болгов М.В и др., 2011].

3. Климатические сценарии строятся в соответствии со сценариями эмиссии парниковых газов МГЭКИК, которые характеризуют изменения средних значений к 2030, 2050 год и т.д. Сценарии эмиссии строятся на различных предположениях о динамике социально-экономических факторов и, соответственно, различных уровней выбросов парниковых газов. Сценарии год от года уточняются и публикуются в специальных отчетах. В последнее время выделяют следующие семейства таких сценариев: B2 (умеренный, более влажный вариант), A2 (более сухой вариант), A1B и др. В одном из последних исследований - Региональном исследовательском проекте “Вода в Центральной Азии”(САВа, 2014 г) климатические изменения приняты по региональному сценарию REMO 0406 (University of Wurzburg) – проекции для ЦА сценария среднего потепления, основанного на A1B, и рассчитанного по модели общей циркуляции ECHAM 5.

4. В качестве основного инструмента расчета стока рек бассейна Аральского моря используется математическая модель формирования стока САНИГМИ, позволяющая оценивать роль и вклад разных источников питания в

сток рек [Денисов М.В., Агальцева Н.А., Пак А.В., 2000]; модель рассчитывает сток рек на основе сценарных оценок климата (температура, осадки), и поэтому соответствует (повторяет) тренды и колебания климата. Существует опыт использования и других гидрологических моделей в бассейне Аральского моря: WASA (German Research Centre for GeoSciences, проект CAWa), HBV-Chirchik (проект RiverTwin, www.cawater-info.net/projects/) и др.. Разработанная в НИЦ МКВК модель HBV-Chirchik – это адаптированная к условиям Чирчик-Ахангаран-Келесского бассейна версия модели HBV-IWS [Y.Hundecha, A.Bardossy., 2004].

5. Альтернативным подходом к гидрологическим моделям САНИГМИ, WASA, HBV является опыт моделирования стока рек с использованием исторических циклов-рядов, откорректированных на будущее по фактору климатических изменений. Данный подход, примененный в комплексе моделей ASBmm [www.asbmm.uz] и отработанный на фактических данных (включая сравнение расчетных и фактических рядов рек за 2010-2014 гг.), основан на концепции цикличности колебаний природных процессов, которая рассматривается не как простое периодическое повторение наблюдаемых явлений, а как поступательное развитие, на которое накладываются изменения, вызванные климатом; корректировка рядов происходит по коэффициентам, рассчитанным по результатам оценок модели САНИГМИ, - таким образом, в данном подходе концепция цикличности (где учтены все особенности местного формирования стока) усиливается гидрологическим моделированием.

6. Существует также подход, основанный на стохастической концепции колебаний стока, исходя из предпосылки, что процесс стока случаен, и описать его можно с помощью методов теории вероятности и математической статистики. Примером использования такого подхода являются модели для рек Вахш, Амударья, показывающие оценки в условиях большой неопределенности [Агальцева Н.А., Болгов М.В и др., 2011].

Анализ существующих сценарных оценок, выполненных по моделям для бассейна Аральского моря на 2030, 2050 гг. позволяет сделать следующие выводы.

1. При реализации “жестких” климатических сценариев (на время удвоения концентрации углекислого газа в атмосфере) ожидается значительное сокращение водных ресурсов Сырдарьи и особенно Амударьи. Например, модель УКМО (модель Метеорологического бюро Соединенного Королевства) дает снижение стока реки Сырдарьи на 15 %, а снижение стока Амударьи на 21 % [Чуб В.Е., 2000]; по другим оценкам, полученным на базе “жестких” климатических сценариев по Сырдарье ожидается сокращение на 30 %, а по Амударье на 40 % [Чуб В.Е., 2007]. Реализация таких сценариев к 2050 году маловероятна, а к 2030 году практически исключена.

2. Большинство моделей, формирующих водные ресурсы, основанных на умеренных, “мягких” климатических сценариях, не предполагают заметного снижения стока основных рек бассейна Аральского моря к 2030 году. Сценарий

A1B, спроектированный на бассейн Аральского моря, можно характеризовать следующим образом: общее потепление, изменение осадков в пределах наблюдаемых естественных колебаний. К 2030 году сокращение водных ресурсов бассейна Амударьи возможно в пределах 5-8 % от нормы [ЕАБР и ИК МКВК, 2009]; снижение водных ресурсов бассейна Сырдарьи будет находиться в пределах естественной изменчивости стока (что не исключает появление маловодных лет, аналогичных наблюдаемым ранее по годовому стоку).

3. К 2050 году влияние климата (потепление) на объем годового стока будет более заметным – сокращение водных ресурсов для Амударьи ожидается в пределах 10-15 %, для Сырдарьи в пределах 6-10 % [ЕАБР и ИК МКВК, 2009]. Для зимнего периода уровня 2050 года возможно некоторое увеличение осадков, для летнего – уменьшение на 5-15 %; более интенсивное потепление ожидается на низкогорных станциях по сравнению с высокогорными.

4. Увеличатся отклонения годового стока от средних многолетних значений – “глубина” маловодных лет может превысить наблюдаемые ранее значения; увеличится частота появления маловодных лет (с вероятностью превышения 75 % и более). Снижение объемов стока, вызванных изменениями климата (к современному климату) для лет различной водности различно: чем более маловодный год, тем % снижения выше; в таблице 1 для иллюстрации данной тенденции приводятся ожидаемые отклонения стока реки Вахш (г/п Комсомолабад) и Амударьи (г/п Керки) к 2030 и 2050 году для стока различной обеспеченности (вероятности превышения), - обработка результатов исследования сценария, представляющего собой комбинацию современного климата (50 %), сценария A1B (25 %) и B1 (25 %) [Агальцева Н.А., Болгов М.В и др, 2011].

5. Потепление вызовет во внутригодовом режиме рек сдвиги характерных дат половодья (начало, пик, продолжительность); пик половодья может быть перенесен на более ранние сроки (10-30 дней), увеличится продолжительность половодья (10-50 дней) [ЕАБР и ИК МКВК, 2009]. Летний сток будет снижаться в большей степени, чем весенний и осенне-зимний.

6. По бассейну реки Амударья существуют оценки, отличные от умеренных сценариев (при которых к 2030 году сокращение водных ресурсов составит 5-8 % от нормы, а к 2050 году 10-15 %), - в работе [Чуб В.Е., 2007] снижение вегетационного стока реки Вахш к 2030 году оценивается в 25 %, а к 2050 году в 28 %. В проекте ASBmm сценарий максимального влияния климата на сток реки Вахш характеризуется снижением вегетационного стока реки (к норме) к 2030 году на 9 %, а к 2050 году на 15 %; сток реки за октябрь-март снижается соответственно на 3 и 5 %. Оптимистичный сценарий для реки Вахш показан и в работе [Агальцева Н.А., Болгов М.В и др, 2011], близкий по оценкам к сценариям ASBmm – смотрите таблицу 1.

7. Оценка возможных изменений стока рек бассейна Аральского моря к 2030 и 2050 гг. по сценарию ASBmmm для сезонов (апрель-сентябрь, октябрь-март) приводится в таблице 2. Результаты оценок по сценарию ASBmm практически совпадают с результатами региональных исследований проекта

САВа [НИГМИ, 2014], - по сценарию REMO 0406 для основных рек Ферганской долины ожидается следующее снижение сток рек: по притоку к Токтогульскому водохранилищу снижение стока к 2030 году на 4 % (по ASBmm на 3 %), к 2050 году на 11 % (по ASBmm на 10 %); для рек бассейна Карадарьи – к 2030 году на 1-2 %, к 2050 году на 4-5%. По реке Заравшан – к 2030 году на 3 %, к 2050 году на 11 % (оценки совпадают с ASBmm).

Таблица 1

**Ожидаемое снижение стока рек Вахш и Амударья к 2030 и 2050 гг.
(в % от стока, не подверженного влиянию климата) для стока рек
Различной обеспеченности (%): обработка результатов
[Агальцева Н.А., Болгов М.В и др, 2011]**

Обеспеченность, %	Река Вахш (Камсомолабад)		Река Амударья (Керки)	
	2030 год	2050 год	2030 год	2050 год
50 (норма)	3	6	2	5
75	4	10	3	9
90	6	13	5	11
95	7	14	6	13

Таблица 2

**Ожидаемое снижение стока рек бассейна Аральского моря (ASBmm)
к 2030 и 2050 гг. для сезонов (апрель-сентябрь, октябрь-март),
в % от нормы стока**

Река	Апрель-Сентябрь		Октябрь-Март	
Бассейн реки Амударьи				
Вахш	9	15	4	9
Пяндж	6	13	3	7
Заравшан	3	11	0	5
Кафирниган	2	10	1	4
Сурхандарья	3	11	2	4
Бассейн реки Сырдарьи				
Нарын (приток к Токтогулу)	3	10	1	5
Карадарья	2	5	0	3
Чирчик	4	8	0	4
Ахангаран	2	5	1	2

Использованная литература

1. Чуб В.Е., 2000. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. Ташкент, 252 стр.
2. Денисов М.В., Агальцева Н.А., Пак А.В., 2000. Автоматизированные методы прогнозов стока горных рек Средней Азии. Ташкент, САНИГМИ, 160 стр.
3. Агальцева Н.А., 2002. Оценка влияния климатических изменений на располагаемые водные ресурсы в бассейне Аральского моря. Диалог о воде и климате: исследование случая бассейна Аральского моря, Ташкент, стр. 3-59.
4. Сорокин А.Г. и др., 2002. Управление водными ресурсами бассейнов рек Амударья и Сырдарья по вариантам развития с учетом изменения климата. Диалог о воде и климате: исследование случая бассейна Аральского моря, Ташкент, стр. 122-139.
5. Hundecha Y., Bardossy A., 2004. Modeling of the effect of land use changes on the runoff generation of a river basin through parameter regionalization of a watershed model. Journal of Hydrology 292, с 281-295.
6. Ососкова Т.А. и др., 2005. Изменение климата. ЮНЕП, Узгидромет, Ташкент.
7. Чуб В.Е., 2007. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. "Voris-Nashriyot". Ташкент, 132 стр.
8. UNDP, 2007. Вода жизненно важный ресурс для будущего Узбекистана. Публикация в поддержку Целей развития тысячелетия. Ташкент, 128 стр.
9. ЕАБР и ИК МКВК, 2009. Влияние изменения климата на водные ресурсы в Центральной Азии (сводный доклад). Алматы,
10. Агальцева Н.А., Болгов М.В и др, 2011. Оценка гидрологических характеристик в бассейне Амударьи в условиях изменения климата. Метеорология и гидрология. № 10.
11. НИГМИ, 2014. Оценка будущего состояния водных ресурсов на основе климатических сценариев REMO. Проект CAWa – 2.