

УДК 519.16.556.072

Доктор геогр. наук С.К. Давлетгалиев *

**ПРОГНОЗ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ УРАЛО-КАСПИЙСКОГО
БАССЕЙНА***ВЕЛИЧИНА СТОКА, СЦЕНАРНЫЙ ПРОГНОЗ КЛИМАТА, МЕТОД
СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ, ДОСТОВЕРНОСТЬ
РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОГНОЗА*

Рассматривается возможность прогноза водных ресурсов Урало-Каспийского бассейна на основе сценарных прогнозов климата. Для количественной оценки будущего состояния водных ресурсов с учётом возможных изменений климата использован метод статистической зависимости между стоком и метеорологическими факторами.

Урало-Каспийский водохозяйственный бассейн расположен в квадрате 41°20'...50°40' северной широты и 41°20'...58°40' восточной долготы, охватывает Западно-Казахстанскую, Мангыстаускую, Атыраускую и Актюбинскую области Республики Казахстан (РК).

Основной водной артерией района является р. Урал (Жайык), протекающая через территорию Российской Федерации (РФ) и РК. Формирование сток р. Урал в основном происходил на территории РФ. Сток р. Урал зарегулирован рядом крупных водохранилищ, имеющих суммарную емкость 4,1 км³. По наблюдаемым данным (1940...2007 гг.) из 11575 млн. м³ общего ресурса бассейна 8674 млн. м³ воды поступает из РФ по р. Урал.

В пределах РК р. Урал принимает ряд притоков, основными из которых являются Елек, Орь, Утва, Шаган, Ембулатовка. С западной части района на юг стекают реки Чижа 1-я, Чижа 2-я, Большой и Малый Узень. Область питания последних двух рек находится в Саратовской области РФ. На юге района протекают реки Ойыл, Сагиз и Эмба (Жем), не имеющие постоянного устья и теряющие на фильтрацию свои воды в песках.

Воды рек и временных водотоков района интенсивно используются для промышленного и коммунального водоснабжения, а также в сельском

* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

хозяйстве. Большое количество воды задерживается в многочисленных прудах и водохранилищах. В целом бассейн испытывает дефицит воды.

Как следует из сказанного выше, водные ресурсы бассейна в основном определяются величиной стока р. Урал – с. Кушум. Среднее значение наблюдаемого стока этой реки за 1974...2007 гг. по сравнению со средним стоком периода 1940...2007 гг. уменьшилось на 11 % [2]. Поэтому оценка возможных изменений водных ресурсов района под влиянием климатических и антропогенных факторов представляет большой интерес.

Для разработки сценарных прогнозов климата Урало-Каспийского водохозяйственного бассейна использован ансамблевый подход, основанный на моделях общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) нового поколения, разработанных в различных национальных и международных центрах и использованных для подготовки Четвёртого доклада межправительственной группы экспертов по изменению климата Казахстана [6].

Для оценки успешности модели общей циркуляции атмосферы и океана были использованы статистические характеристики поля сезонного и годового количества осадков. В результате выбраны 9 МОЦАО, которые вошли в ансамбль для разработки сценарных прогнозов изменения климата Казахстана. Вероятные изменения количества осадков и температуры приземного воздуха рассчитаны в соответствии со сценарными изменениями концентрации в атмосфере парниковых газов. По сценарию А2 («жесткий») увеличение парниковых газов будет более значительным, чем по сценарию В1 («мягкий»).

Результаты моделирования показывают, что по сценариям В1 и А2 ожидается увеличение среднемноголетнего годового количества осадков на всей территории Казахстана. Однако это увеличение незначительно: на 1...3 % в период 2006...2035 гг., 2...4 % в период 2016...2045 гг., на 4...6 % в период 2036...2065 гг. относительно базового периода 1980...1999 гг. В среднем для территории Урало-Каспийского водохозяйственного бассейна прогнозируемое увеличение годовых сумм осадков незначительное: на 2 % в период 2006...2035 гг., на 3 % в период 2016...2045 гг., на 2 % и 4 % в период 2036...2065 гг., по сценариям В1 и А2 соответственно. В зимний период в целом по территории бассейна ожидается увеличение количества осадков по двум сценариям и во все исследуемые периоды. В среднем по бассейну увеличение осадков составит 4...5 % в период 2006...2035 гг., 6...8 % в период 2016...2045 гг., 9...13 % в период 2035...2065 гг. [6].

Для количественной оценки будущего состояния водных ресурсов с учётом возможных изменений климата использован метод статистической зависимости между стоком и метеорологическими факторами. В качестве таких факторов использованы сеточные архивные данные осадков и температуры воздуха за 1961...2002 гг., подготовленные сотрудниками кафедры метеорологии КазНУ им. аль-Фараби [6]. Гидрологической основой прогноза водных ресурсов являются материалы, приведенные в [1, 2, 4, 5].

Исследована зависимость годового стока р. Урал у с. Кушум и суммарного притока воды из РФ по р. Урал от годовой суммы осадков и среднегодовой температуры воздуха по данным наблюдений за 1961...2002 гг. Зависимость стока от суммы осадков оценивается соответственно коэффициентами корреляции, равными 0,44 и 0,42, от средней температуры – 0,01 и 0,02, т.е. установлена слабая зависимость среднего годового стока от годовой суммы осадков и отсутствие таковой между годовым стоком и среднегодовой температурой воздуха.

Выявлена удовлетворительная зависимость весеннего стока за апрель – май (IV...V) р. Урал – с. Кушум от суммы зимних осадков $\sum X_{XI-III}$ и показателя осеннего увлажнения почвы. В качестве такого показателя может быть принята сумма осадков за осенние месяцы сентябрь – октябрь, т.е. установлена возможность применения зависимости в виде:

$$Q_{IV-VI} = f\left(\sum X_{XI-III}, \sum X_{IX-X}\right). \quad (1)$$

Теснота зависимости (1) характеризуется коэффициентом корреляции, равным 0,67, а качество связи оценивается отношением $\sigma/\sigma = 0,74$. Такая зависимость считается пригодной для составления прогнозов стока [3]. Полученную зависимость можно использовать для определения величины годового стока р. Урал – с. Кушум по известной величине весеннего стока, т.е. по связи:

$$Q_{Г} = f(Q_{IV-VI}). \quad (2)$$

Зависимость (2) оценивается коэффициентом корреляции, равным 0,98.

Поскольку водные ресурсы Урало-Каспийского водохозяйственного бассейна (ВХБ) определяются суммой естественного стока р. Урал у с. Кушум и стока рек, впадающих в р. Урал в пределах РК, необходимо было установить зависимость суммарного стока от метеорологических факторов. Удалось установить прямую зависимость суммарного стока рек (m^3/c), впадающих в р. Урал, от зимних осадков и показателя увлажнённости почвы ($r = 0,70$):

$$Q_{\Gamma} = f\left(\sum X_{XI-III}, \sum X_{IX-X}\right). \quad (3)$$

Таким образом, прогноз суммарного стока рек Урало-Каспийского ВХБ сводится к прогнозу весеннего стока р. Урал – с. Кушум по уравнению

$$Q_{IV-VI} = 1,94\sum X_{XI-III} + 1,43\sum X_{IX-X} - 654 \quad (4)$$

и определению годового стока этой реки по выражению

$$Q_{\Gamma} = 0,274Q_{IV-VI} + 61,2. \quad (5)$$

Далее, определялся суммарный сток рек, непадающих в р. Урал по уравнению:

$$Q_{\Gamma} = 0,54\sum X_{XI-III} + 0,66\sum X_{IX-X} - 32,2. \quad (6)$$

Суммарный сток Урало-Каспийского ВХБ вычисляется по сумме стока, полученного по формулам (5) и (6).

Прогноз составлен для двух сценариев развития климата: В1 (мягкий) и А2 (жесткий). Сумма осадков, характеризующая климат периодов 2006...2035гг., 2016...2045 г. и 2036...2065 гг., получена по результатам научных работ кафедры метеорологии КазНУ им. аль-Фараби. Прогнозы даны для среднего года 30-летних периодов, т.е. на 2020 г., 2030 г. и 2050 г. Результаты расчёта представлены в табл.

Таблица

Ожидаемые водные ресурсы Урало-Каспийского ВХБ с учётом зимних осадков и осеннего увлажнения почвы (в числителе в м³/с, в знаменателе – в млн. м³)

Река – пункт	Год			Сценарий климата
	2020	2030	2050	
Урал – с. Кушум	<u>366</u> 11543	<u>378</u> 11922	<u>351</u> 11070	В1
	<u>386</u> 12174	<u>384</u> 12111	<u>391</u> 12332	А2
Реки не впадающие в р. Урал	<u>48,2</u> 1520	<u>50,3</u> 1586	<u>47,3</u> 1492	В1
	<u>48,6</u> 1533	<u>51,2</u> 1615	<u>52,3</u> 1650	А2
Суммарный сток Урало-Каспийского ВХБ	<u>414</u> 13057	<u>428</u> 13499	<u>398</u> 12553	В1
	<u>432</u> 13625	<u>435</u> 13720	<u>443</u> 13972	А2

По данным табл. ожидается постепенное увеличение водных ресурсов Урало-Каспийского бассейна, в том числе стока р. Урал – с. Кушум

и суммарного стока рек, не являющихся притоками р. Урал к 2020 и 2030 гг. по двум сценариям развития климата. К 2050 г. по сценарию В1 водные ресурсы будут немного уменьшаться, а по сценарию А2 продолжится рост водных ресурсов.

Увеличение водных ресурсов к 2020 г. по сценарию В1 составляет 1,7...2,0 % относительно нормы периода 1974...2007 гг. и многолетнего периода 1940...2007 гг., к 2030 г. эти величины соответственно составят 5,20...5,40 %, по сценарию А2 увеличение стока к указанным годам в среднем составит 6,3...7,0 %.

Таким образом, оценка водных ресурсов Урало-Каспийского бассейна, с учётом возможных изменений климата, показывает постепенное их увеличение по мере увеличения зимних осадков. Достоверность результатов прогноза во многом зависит от точности прогноза осадков. Методика прогноза стока, учитывающая лишь влияние осадков, но не учитывающая основного показателя потепления климата – температуры воздуха, является приближённой. При построении эмпирической зависимости стока от метеорологических факторов влияние температуры воздуха количественно оценить не удалось.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гальперин Р.И., Давлетгалиев С.К., Молдахметов М.М., Махмудова Л.К., Чегринкец А.Г. Водные ресурсы Казахстана. Оценка, прогноз, управление. Том VII. Ресурсы речного стока Казахстана. Книга 1. Возобновляемые водные ресурсы поверхностных вод Западного и Восточного Казахстана. – Алматы: Институт географии, 2012. – 665 с.
2. Давлетгалиев С. К. Поверхностные водные ресурсы Жайык-Каспийского бассейна в границах Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. – 2010. – № 1. – С. 56-66.
3. Наставление по службе прогнозов. Разд. 3. Служба гидрологических прогнозов. Часть 1 Прогнозы режима вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 192 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 12, вып. 2. Урало-Эмбинский район – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 511 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том. 12, вып. 3. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан, Актюбинская область. – Л.: Гидрометеоздат, 1962. – 192 с.

6. Сальников В.Г., Турулина Г.К., Таланов Е.А., Полякова С.Е., Долгих С.А., Петрова Е.Е. Климат Казахстана – основа формирования водных ресурсов. – Алматы: Институт географии, 2012. – С. 143-152.

Поступила 22.01.2015

Геогр. ғылымд. докторы С.К. Давлетғалиев

ЖАЙЫҚ-КАСПИЙ АЛАБЫНЫҢ СУ РЕСУРСТАРЫН БОЛЖАУ

Климаттың сценарийлік болжамдарының негізінде Жайық-Каспий алабының су ресурстарын болжау мүмкіндігі қарастырылған. Климаттың мүмкін болатын өзгерістерін ескере отырып, су ресурстарының келешектегі күйін сандық тұрғыдан бағалау үшін ағынды мен метеорологиялық факторлар арасындағы статистикалық тәуелділік әдісі қолданылған.