

УДК 911.2

М.Е. Дауталиева

Многолетние колебания стока рек Северного Казахстана

В статье проанализированы многолетние изменения стока рек Ишим, Шаггинка, Тобол и Тогузак, находящиеся в Северном Казахстане, с использованием интегральных разностных кривых. Выявлены наиболее многоводные фазы: для рек Ишим и Шаггинка — 1941–1966 гг., 1983–1996 гг., для рек Тобол и Тогузак — 1941–1950 гг., 1982–1996 гг. и наиболее маловодные фазы: для рек Ишим и Шаггинка — 1933–1940 гг., 1966–1983 гг., 1997–2010 гг. и для рек Тобол и Тогузак — 1933–1940 гг., 1971–1986 гг. Выполнен анализ тенденций колебаний расходов воды исследуемых рек.

Ключевые слова: речной сток; расход воды; многолетние изменения.

Основными водными артериями на западе и в средней части территории исследования являются реки Тобол и Ишим, которые принадлежат бассейну Оби (бассейн Северного Ледовитого океана) и характеризуются круглогодичным стоком. Это одни из наименее обеспеченных водными ресурсами бассейны, что связано с неблагоприятными климатическими условиями формирования стока, в том числе с большими потерями на испарение летом. Для этих рек характерно только одно сравнительно короткое, но очень высокое весеннее половодье, во время которого по рекам стекают талые снеговые воды. Реки Северного Казахстана отличаются большой изменчивостью величины стока в различные годы, что связано с колебаниями размеров зимних стокообразующих осадков [1; 4; 5].

Неравномерность сезонного и годового стока рек Ишим и Тобол существенно влияет на планирование водопотребления в этом интенсивно развивающемся регионе. Основной характеристикой, позволяющей судить о ресурсах поверхностных вод, является норма годового стока и цикличность его колебаний.

Исходными материалами для исследования многолетних колебаний рек Ишим и Тобол служили данные о годовом стоке в створах с продолжительностью периода наблюдений более 60 лет, что позволяет говорить о репрезентативности анализируемых данных.

Расчеты для бассейна реки Ишим проводились по данным створов у г. Астана — 72 года, с. Каменного Карьера — 64 года и г. Петропавловска — 77 лет, для бассейна реки Тобол створы у с. Гришенка — 72 года, г. Костанай — 78 лет, СВХ им. Дзержинского — 61 год, а также для бассейнов рек: Шаггинка у с. Павловка — 70 лет, и Тогузак у с. Тогузак — 71 год.

Одним из методов выявления циклов колебания стока является анализ разностных интегральных кривых (РИК). РИК — это суммарная кривая отклонений годовых значений стока от среднего его значения за весь период наблюдений. Она строится путем суммирования отклонений модульных коэффициентов от середины, то есть ее ординаты вычисляются как $\sum (K - 1)$. Модульные коэффициенты определяются по формуле:

$$K_i = \frac{M_i}{M_{cp}}, \quad (1)$$

где M_i — значение исследуемого ряда в i -году наблюдений; M_{cp} — среднее многолетнее значение характеристики за весь период наблюдений.

Таким образом, ординаты кривой дают на конец каждого i -го года нарастающую сумму отклонений годовых модульных коэффициентов — K от среднего многолетнего значения ($K = 1$). Для того чтобы можно было сопоставить многолетние колебания стока разных рек, производится исключение влияния временной изменчивости стока, отражаемой коэффициентом вариации (изменчивости) ряда наблюдений (Cv), т. е. $\sum \frac{(K - 1)}{Cv}$. Метод является

более наглядным и наиболее распространенным [2].

Важной особенностью многолетних колебаний годового стока рек Северного Казахстана является цикличность, то есть наблюдается тенденция к группировке лет повышенной или пониженной водности. Как видно из рисунка 1, колебания годового стока характеризуются последовательным чередованием лет (или групп лет) различной водности. В результате анализа РИК годового стока рек Ишим, Шаггинка, Тобол и Тогузак по основным переломным точкам были выделены маловодные и многоводные фазы стока как малой, так и большой продолжительности. Поскольку водность отдельных лет или очень коротких фаз на некоторых реках может носить случайный характер, основные переломные годы были установлены по совокупности кривых. Анализ РИК позволил установить некоторые общие закономерности многолетних колебаний годового стока рек Ишим, Шаггинка, Тобол и Тогузак, которые приводятся ниже.

Сопоставление данных о годовом стоке рек Северного Казахстана (см. рис. 1–2) показало, что колебания в целом совпадают. Анализ совмещенных разностных интегральных кривых (РИК) годового стока реки показывает, что для исследуемых рек можно выделить один основной полный законченный цикл с 40-х годов до середины 80-х, внутри длительного цикла имеются отдельные кратковременные циклы. Для рек Ишим и Шаггинка продолжительность полных циклов составляет 40–58 лет, для рек Тобол и Тогузак — 40–50 лет.

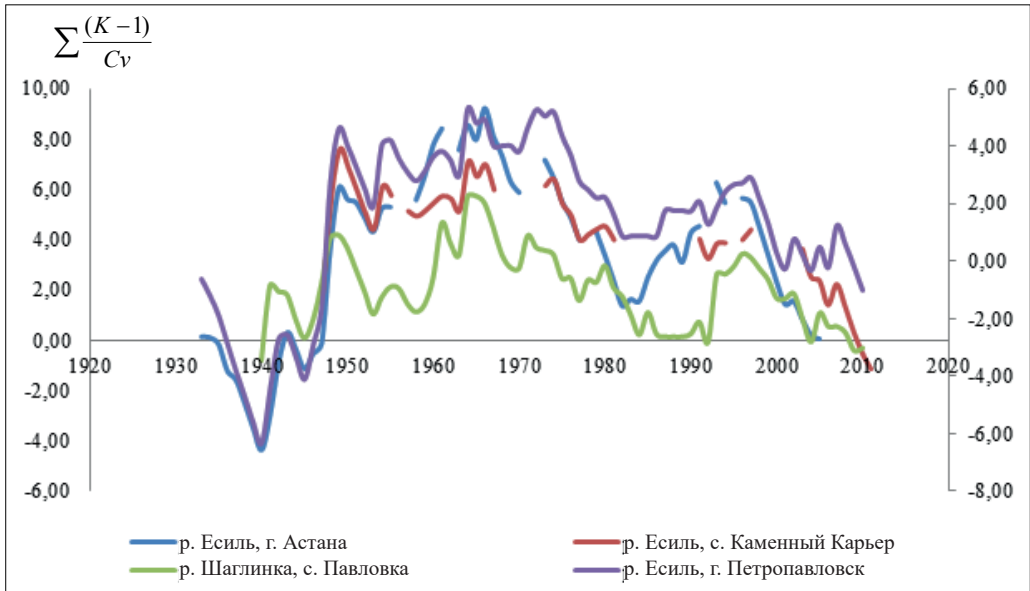


Рис. 1. Разностные интегральные кривые бассейна реки Ишим

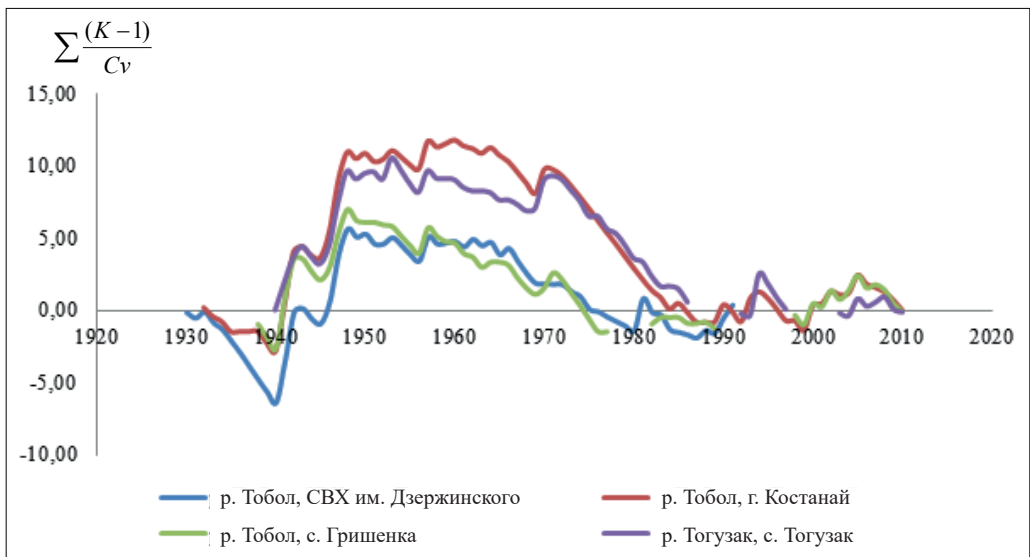


Рис. 2. Разностные интегральные кривые бассейна реки Тобол

С помощью РИК выделены наиболее многоводные фазы: для рек Ишим и Шаглинка — 1941–1966 гг., 1983–1996 гг., для рек Тобол и Тогузак — 1941–1950 гг., 1982–1996 гг., и наиболее маловодные фазы: для рек Ишим и Шаглинка — 1933–1940 гг., 1966–1983 гг., 1997–2010 гг. и для рек Тобол и Тогузак — 1933–1940 гг., 1971–1986 гг., и некоторое уменьшение в последнее 10-летие (рис. 1–2).

Из рисунков 1 и 2 видно, что на всех постах наблюдается затяжная маловодная фаза на рубеже 60–70-х гг. В этот период на территории Северного Казахстана отмечается заметная тенденция возрастания среднегодовых

температур. Особенно существенен рост температуры воздуха в холодный период года, что приводит к более быстрому сходу снежного покрова [3: с. 130]. Также в 60–70-х гг. XX века был сооружен каскад водохранилищ, из них наиболее крупными на реке Ишим являются: Астанинское (Вячеславское), Петропавловское и Сергеевское, на реке Тобол — Верхнетобольское и Каратомарское.

Для оценки тенденций колебаний расходов воды рядов с продолжительным периодом наблюдений широко используется метод линейного тренда [6]. Линейный тренд гидрологического ряда рассчитывался по уравнению прямой $y(t) = a + b \cdot t$ (с помощью свойств таблиц и диаграмм *Microsoft Office*). Параметр b определяет интенсивность изменения, и при его положительном значении отмечается тренд возрастания, при отрицательном — убывания. Решение уравнения дает координаты прямой, отражающей основную тенденцию динамики данных наблюдений, которая может быть нанесена на хронологический график колебания гидрологических характеристик.

Трендовый анализ годового стока показал, что по всем постам отмечается незначительное уменьшение расходов воды, то есть незначимый отрицательный тренд (табл. 1). Об этом свидетельствуют уравнения линий тренда (где k — тангенс угла наклона линий тренда к оси времени), которые приведены в таблице 1.

Таблица 1

Гидрологический створ	Уравнения линии тренда расходов воды
р. Ишим – с. Астана	$y = -0,036x + 6,442$
р. Ишим – с. Каменный Карьер	$y = -0,134x + 42,81$
р. Шагlinka – с. Павловка	$y = -0,005x + 1,247$
р. Ишим – г. Петропавловск	$y = -0,185x + 64,12$
р. Тобол – с. Гришенка	$y = -0,009x + 7,255$
р. Тобол – г. Костанай	$y = -0,073x + 15,17$
р. Тогузак (Тогузак) – с. Тогузак	$y = -0,001x + 2,955$
р. Тобол – СВХ им. Дзержинского	$y = -0,002x + 1,015$

Для многолетних колебаний годового стока изучаемых рек характерно чередование маловодных и многоводных периодов водности.

В целом выявлена тенденция незначительного уменьшения расходов воды, которое происходит за счет уменьшения водности половодья (табл. 2).

Таблица 2

Чередование маловодных и многоводных периодов водности рек Северного Казахстана

Гидрологический створ	Уравнения линии тренда расходов воды за фазу водного режима		
	Зимняя межень	Половодье	Летне-осенняя межень
р. Ишим – с. Астана	$y = 0,026x - 0,174$	$y = -419x + 39,21$	$y = 0,025x + 0,419$
р. Ишим – с. Каменный Карьер	$y = -0,023x + 3,575$	$y = -2,864x + 27,8$	$y = -0,097x + 15,80$

Гидрологический створ	Уравнения линии тренда расходов воды за фазу водного режима		
	Зимняя межень	Половодье	Летне-осенняя межень
р. Шаглинка – с. Павловка	$y = 0,001 x + 0,056$	$y = -0,046 x + 7,053$	$y = 0,003 x + 0,198$
р. Ишим – г. Петропавловск	$y = 0,169 x + 0,520$	$y = -1,292 x + 28,9$	$y = 0,050 x + 24,24$
р. Тобол – с. Гришенка	$y = 0,011 x + 0,492$	$y = -0,302 x + 50,4$	$y = 0,006 x + 0,583$
р. Тобол – г. Костанай	$y = 0,100 x - 0,492$	$y = -0,02 x + 92,33$	$y = 0,070 x + 2,26$

Выводы

Важной особенностью многолетних колебаний годового стока рек Северного Казахстана является цикличность, то есть наблюдается тенденция группировки лет повышенной или пониженной водности. Колебания годового стока характеризуются последовательным чередованием лет (или групп лет) различной водности.

На всех постах наблюдается затяжная маловодная фаза на рубеже 60–70-х гг. В этот период на территории Северного Казахстана отмечается заметная тенденция возрастания среднегодовых температур. Особенно существенен рост температуры воздуха в холодный период года, что приводит к более быстрому сходу снежного покрова [3: с. 130].

Выявлена тенденция незначительного уменьшения расходов воды, что происходит за счет уменьшения высоты половодья.

Однако, учитывая тот факт, что бассейны исследуемых рек являются наименее обеспеченными водными ресурсами по Республике Казахстан, даже незначительное уменьшение расходов может привести к ухудшению водообеспеченности и в целом геоэкологической ситуации в бассейнах рек.

Литература

1. Арефьева В.А., Кузнецов Н.Т. Краткая характеристика поверхностных вод Северного Казахстана // Природное районирование Северного Казахстана. М.; Л.: 1960. С. 73–81.
2. Бураков Д.А., Гордеев И.Н. Гидрологические расчеты в природообустройстве: методические указания к практическим занятиям / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2010. 46 с.
3. Дауталиева М.Е. Анализ тенденций изменения температурного режима Северного Казахстана за 70 лет // Наука, образование и духовность в контексте концепции устойчивого развития: материалы всероссийской научно-практической конференции (24–25 ноября 2016 г.): в 4 ч. / под общ. ред. М.К. Петрова. Ч. 2. Ухта: УГТУ, 2017. С. 130–133.

4. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 455 с.
5. Тюменев С.Д. Водные ресурсы и водообеспеченность территории Казахстана. Алматы: КазНТУ, 2008. 270 с.
6. Burn D.H., Hag Elnur M.A. Detection of hydrologic trends and variability // J. Hydrol. 2002. 255, 107–122 pp.

Literatura

1. Aref'eva V.A., Kuznecov N.T. Kratkaya xarakteristika poverxnostny'x vod Severnogo Kazaxstana // Prirodnoe rajonirovanie Severnogo Kazaxstana. M.; L. 1960. S. 73–81.
2. Burakov D.A., Gordeev I.N. Gidrologicheskie raschety' v prirodobustrojstve: metodicheskie ukazaniya k prakticheskim zanyatijam / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2010. 46 s.
3. Dautaliev M.E. Analiz tendencij izmeneniya temperaturnogo rezhima Severnogo Kazaxstana za 70 let // Nauka, obrazovanie i duxovnost' v kontekste koncepcii ustojchivogo razvitiya: materialy' vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii (24–25 noyabrya 2016 g.): v 4 ch. / pod obshh. red. M.K. Petrova. Ch. 2. Uxta: UGTU, 2017. S. 130–133.
4. Kuzin P.S. Klassifikaciya rek i gidrologicheskoe rajonirovanie SSSR. L.: Gidrometeoizdat, 1960. 455 s.
5. Tyumenev S.D. Vodny'e resursy' i vodoobespechennost' territorii Kazaxstana. Almaty': KazNTU, 2008. 270 s.
6. Burn D.H., Hag Elnur M.A. Detection of hydrologic trends and variability // J. Hydrol. 2002. 255, S. 107–122.

M.E. Dautaliev

Long-Term River Flow Fluctuations in Northern Kazakhstan

The article analyzes the long-term changes in the runoff of the rivers Ishim, Shaglyнка, Tobol and Toguzak located in Northern Kazakhstan, using integral difference curves. The most abundant phases were identified: for the rivers Ishim and Shaglyнка — 1941–1966, 1983–1996, for the rivers Tobol and Toguzak — 1941–1950, 1982–1996 and the least low-water phases: for the rivers Ishim and Shaglyнка — 1933–1940, 1966–1983, 1997–2010 and for the Tobol and Toguzak rivers — 1933–1940, 1971–1986. The analysis of the trend of water flow fluctuations in the studied rivers is performed.

Keywords: river runoff; water consumption; perennial changes.