

Современные изменения максимального стока рек бассейна реки Урал

Ж. Т. Сивохиц✉, В. М. Павлейчик

*Институт степи УрО РАН, Российская Федерация,
(460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11)*

Аннотация. Цель – выявить пространственно-временные особенности изменения параметров максимального стока в бассейне реки Урал.

Материалы и методы. В качестве исходных данных для анализа многолетней динамики доли стока весеннего половодья приняты ряды гидрологических наблюдений по 12 гидропостам. Выбор гидропостов основан на различиях физико-географических условий стокообразования и степени антропогенного воздействия на речной сток. Выводы о пространственных особенностях и тенденциях изменения максимального стока в исследуемом бассейне сформулированы на основе методов статистического анализа данных с учетом порогового года изменения водности (1978).

Результаты и обсуждение. Многолетние изменения стока весеннего половодья рек бассейна реки Урал характеризуется определенными пространственными различиями. Минимальная доля в годовом объеме стока характерна для верховий реки Урал и его крупных притоков (рек Сакмара, Большой Кизил и др.).

Наиболее значительным сокращением доли стока весеннего половодья характеризуются реки с зарегулированным режимом. Взаимосвязь между уменьшением доли весеннего половодья в годовом объеме стока и сокращением средних и абсолютных значений максимальных расходов установлена, прежде всего, для зарегулированных участков рек (Урал – Оренбург; Илек – Веселый) и отдельных водотоков с условно-естественным режимом (Урал – Верхнеуральск; Орь – Истемес; Салмыш – Буланово).

Выводы. Установлено, что для рек исследуемого бассейна свойственны современные тенденции изменения максимального стока, наблюдаемые на Европейской территории России. Выявлена трансформация сезонного распределения стока в сторону увеличения доли меженных стоков (особенно зимнего) и сокращения доли стока весеннего половодья. В итоге, изменения внутригодового распределения речного стока обуславливают определенное выравнивание гидрографа годового стока рек с казахстанским типом водного режима.

Ключевые слова: внутригодовое распределение стока, весеннее половодье, современные тенденции, степная зона.

Источник финансирования: Исследование выполнено в рамках государственной темы ИС УрО РАН № АААА–А21–121011190016–1 «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем».

Для цитирования: Сивохиц Ж. Т., Павлейчик В. М. Современные изменения максимального стока рек бассейна р. Урал // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2024, № 2, с. 88-96. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/2/72-80>

ВВЕДЕНИЕ

Одним из актуальных направлений исследований, связанных с оценкой динамики водных ресурсов рек степной зоны, является изучение текущих тенденций во внутригодовом распределении речного стока с учетом современных изменений климата. Сезонная специфика параметров речного стока обусловлена взаимодействием климатических факторов и местных физико-географических условий. Согласно результатам многочисленных исследований, устойчивой тенденцией внутригодового распределения стока рек Европейской территории России является сокращение доли стока весеннего половодья и увеличение доли меженного стока, что обуславливает выравнивание годового гидрографа [1, 2, 3, 5, 9, 10, 12, 13]. Основная причина данной трансформации

– существенный многолетний рост значений приземной температуры воздуха в холодный сезон с закономерным увеличением частоты оттепелей и расходов зимней межени [2, 4]. Устойчивый рост температуры воздуха зимнего сезона также обусловил значительное сокращение числа лет, когда происходит формирование «запирающего слоя» в почвенно-литогенном профиле. Соответственно, в период весеннего половодья сокращается поверхностный сток и возрастает инфильтрационное питание грунтовых вод и, как следствие, увеличение подземного питания водотоков в меженный период [6].

Существенное значение в увеличении расходов меженных периодов оказывает регулирование стока рек водохранилищами. Как известно, главным следствием многолетнего регулирования является срезка пика



весеннего половодья, смещение сроков наступления максимальных расходов и повышение расходов воды в меженные периоды.

Как отмечалось выше, устойчивая тенденция изменения внутригодового распределения стока установлена для большинства рек Европейской России. Наиболее заметная трансформация водного режима наблюдаются на реках, для которых доля весеннего половодья в стоке составляет более 60 % [1]. По мере истощения весеннего стока общей характеристикой становится сокращение объемов воды, вплоть до начала половодья следующего года.

К подобным водотокам относятся реки бассейна реки Урал с казахстанским и восточно-европейским (река Сакмара) типами водного режима. Большая часть водосборной площади реки Урал (более 75 %) расположена в степной зоне Южного Предуралья, Зауралья и Северного Прикаспия, а остальная – на периферии горной области Южного Урала с горнолесными и лесостепными ландшафтами. Лишь незначительный, южный сектор бассейна в пределах нижнего течения реки Урал относится к зонам полупустынь и пустынь. Таким образом, годовые и сезонные объемы стока главной реки зависят от особенностей водного режима притоков, водосборы которых находятся в различных условиях формирования стока [11].

С учетом вышесказанного, основная цель настоящего исследования – выявить пространственно-временные особенности изменения параметров максимального стока в бассейне реки Урал.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исходных данных для анализа многолетней динамики доли стока весеннего половодья приняты продолжительные ряды гидрологических наблюдений по 14 гидропостам, расположенным в бассейне реки Урал. Выбор гидропостов основан на различиях физико-географических условий стокоформирования и степени антропогенного воздействия на речной сток; сток рек Урал (Оренбург, Кушум) и Илек (Веселый) зарегулирован водохранилищами многолетнего регулирования. Анализ пространственных особенностей изменения параметров максимальных расходов (Q_{max}) выполнен на основе данных по 12 гидропостам.

Для рек Европейской территории России 1978 год установлен как пороговый год изменения водности [2], поэтому сравнительный анализ отдельных параметров максимального стока выполнен для двух периодов, сопоставимых по продолжительности – 1950-1977 годы (28 лет); 1978-2008 годы (31 год) и за весь период наблюдений.

Выводы о пространственных особенностях и тенденциях изменения максимального стока в исследуемом бассейне сформулированы на основе методов статистического анализа данных. Проверка однородности (стационарности) рядов максимальных расходов проведена с помощью классических методов – критериев Стьюдента и Фишера. Для проверки ряд разбивался на 2 выборки по дате нарушения водного режима (мно-

голетнее регулирование) или на 2 периода одинаковой продолжительности. Рассчитаны коэффициенты линейного тренда (a) и оценена их статистическая значимость через коэффициент детерминации (R^2) и для двух уровней достоверности – $p < 0,01$ (1 %) и $p < 0,05$ (5 %). Степень общности многолетних изменений стока весеннего половодья в бассейне реки Урал выявлена на основе корреляционного анализа связей между рядами величин максимальных расходов. Для получения расчетных значений гидрологических характеристик максимального стока для заданной обеспеченности была использована формула С.Н. Крицкого – М.Ф. Менкеля $p = (m/(n+1)) * 100$ % [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Многолетняя динамика стока весеннего половодья – результат взаимодействия разнообразных явлений и процессов, происходящих на водосборе. Решающую роль в формировании половодного стока играет комбинация действующих факторов – запасы воды в снежном покрове, атмосферные осадки и термический режим в период снеготаяния и половодья, увлажнение почвы, интенсивность и дружность снеготаяния и др. Важно отметить, что процессы стокоформирования в последние десятилетия происходят в условиях нестационарного климата, что выражается в появлении направленной тенденции на определенном временном отрезке или в резком (скачкообразном) изменении параметров стока [7].

Многолетние изменения стока весеннего половодья рек исследуемого бассейна характеризуется определенными пространственными различиями (рис. 1). Исходя из полученных данных, минимальная доля в годовом объеме стока характерна для верховий реки Урал (Верхнеуральск, Кизильское), реки Большой Кизил (Верхнее Абдряшево), реки Сакмара (Акьюлово, Татарская Каргала) и ее главных притоков – рек Большой Ик, Салмыш. В среднем для рек бассейна доля половодья составляет 57-62 % с незначительным сокращением (1-2 %) в современном (1978-2020 гг.) периоде. В то же время обращает внимание увеличение абсолютных величин весеннего стока рек с горнолесными условиями стокоформирования (Сакмара, Большой Кизил, Большой Ик), главным образом за счет выдающихся расходов в отдельные годы современного периода (1993, 1994, 2000, 2001, 2005, 2007). Максимальная доля весеннего стока (75-80 %) зафиксирована для рек юго-восточного сектора бассейна – Суундук, Большой Кумак, Орь, Жарлы. Наиболее значительным сокращением доли стока весеннего половодья характеризуются реки с зарегулированным режимом – Урал (Оренбург, Кушум), Илек (Веселый).

Устойчивая тенденция уменьшения доли весеннего стока сопровождается сокращением максимальных расходов, в том числе со статистически значимыми трендами для рек Урал, Илек, Салмыш и Орь (табл. 1). Трендовая составляющая (R^2) превышает 10 % и равна в створе реки Урал (Оренбург) – 13 %, реки Салмыш – 14 %, реки Илек – 19 %, реки Орь – 21 %.

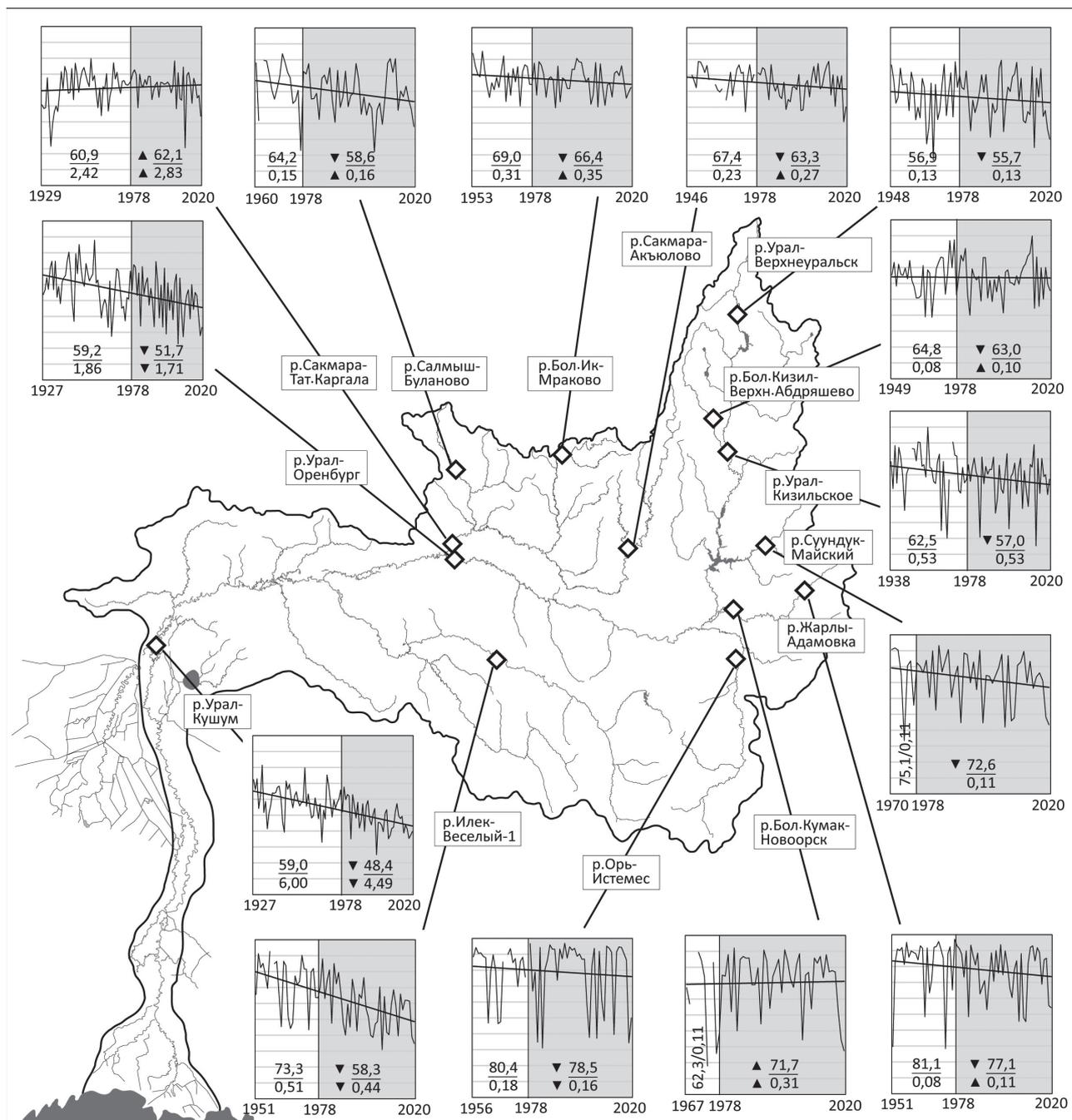


Рис. 1. Многолетняя динамика доли стока весеннего половодья (IV-V) рек бассейна реки Урал (ось X – годы и периоды, ось Y – 100 %; числитель – средние значения доли стока за периоды, %, знаменатель – средний объем стока за периоды, млн м³)

[Fig. 1. Long-term dynamics of the share of spring flood runoff (IV-V) rivers of the Ural River basin (X – years and periods, Y – 100 %; numerator - average values of the share of runoff for periods, %, denominator - average volume of runoff for periods, million m³)

Также установлено нарушение однородности в многолетних рядах максимальных расходов большинства рек исследуемого бассейна по критериям Стьюдента или Фишера. Согласно результатам оценки, только в трех (из 12) створах значения максимальных расходов стационарны и по среднему, и по дисперсии (верхнее течение – Большой Кизил, Сакмара (Акьюлово) и Большой Ик). Нестационарны по дисперсии ряды рек Урал (верховье), Сакмара (Каргала) и притоки реки

Урал, преимущественно юго-восточного сектора водосборной территории (Жарлы, Большой Кумак). Полностью нестационарны ряды максимальных расходов рек Урал (Оренбург), Илек (Веселый), Салмыш (Буланово) и Орб (Истемес).

Корреляционный анализ связей между рядами величин максимальных расходов по отдельным створам позволил выявить степень общности многолетних колебаний половодного стока в бассейне реки Урал (табл. 2).

Таблица 1

Статистические параметры максимальных расходов ($\text{м}^3/\text{с}$) весеннего половодья в бассейне реки Урал
 [Table 1. Statistical parameters of maximum discharge ($\text{м}^3/\text{с}$) of spring flood in the Ural River basin]

№ п/п	Река – створ / River - post	Период / Period	а, $\text{м}^3/\text{с}/10 \text{ лет} /$ $\text{m}^3/\text{s}/10 \text{ year}$	р	Однородность ряда по критерию / Homogeneity of the series according	
					Фишера / Fischer's	Стьюдента / Стьюдента
1	Урал – Верхнеуральск	1936-2020	-4,4	>0,05	-	+
2	Урал – Кизильское	1936-2020	-25,3	>0,05	-	+
3	Урал – Оренбург	1940-2020	-249,9	<0,01	-	-
4	Сакмара – Акьюлово	1944-2020	-4,7	>0,05	+	+
5	Сакмара – Каргала	1940-2020	-72,2	>0,05	-	+
6	Б. Кизил – Абдряшево	1949-2020	2,3	>0,05	+	+
7	Б. Ик – Мраково	1948-2020	-1,7	>0,05	+	+
8	Салмыш – Буланово	1958-2020	-28,2	<0,05	-	-
9	Б. Кумак – Новоорск	1967-2020	-40,7	>0,05	-	+
10	Жарлы – Адамовка	1951-2020	0,65	>0,05	-	+
11	Орь – Истемес	1948-2020	-41,9	<0,01	-	-
12	Илек – Веселый	1951-2020	-96,0	<0,01	-	-

Примечание* а – коэффициент линейного тренда, р – уровень значимости
 [Note* a is the linear trend coefficient, p is the significance level]

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между максимальными расходами рек бассейна реки Урал (1972-2020 годы)
 [Table 2. Correlation coefficients between the maximum discharge of the rivers of the Ural River basin (1972-2020)]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	0,61	0,38	0,51	0,61	0,44	0,61	0,04	0,32	0,22	0,07	0,23
2		1	0,34	0,35	0,45	0,24	0,77	0,25	0,35	0,20	0,05	0,11
3			1	0,43	0,56	0,43	0,35	0,41	0,76	0,62	0,71	0,45
4				1	0,71	0,62	0,51	0,23	0,19	0,20	0,32	0,42
5					1	0,65	0,55	0,41	0,39	0,49	0,31	0,29
6						1	0,47	0,24	0,18	0,18	0,37	0,37
7							1	0,20	0,32	0,22	0,03	0,07
8								1	0,28	0,27	0,31	0,26
9									1	0,66	0,50	0,29
10										1	0,44	0,22
11											1	0,40
12												1

Примечание. 1 – Урал (Верхнеуральск); 2 – Урал (Кизильское); 3 – Урал (Оренбург); 4 – Сакмара (Акьюлово); 5 – Сакмара (Каргала); 6 – Большой Ик (Мраково); 7 – Большой Кизил (Верхнее Абдряшево); 8 – Салмыш (Буланово); 9 – Жарлы (Адамовка); 10 – Большой Кумак (Новоорск); 11 – Илек (Веселый); 12 – Орь (Истемес)

[Note. 1 – Ural (Verkhneuralsk); 2 – Ural (Kizilskoye); 3 – Ural (Orenburg); 4 – Sakmara (Akyulovo); 5 – Sakmara (Kargala); 6 – Bolshoy Ik (Mrakovo); 7 – Bolshoy Kizil (Verkhneye Abdryashevo); 8 – Salmsh (Bulanovo); 9 – Zharly (Adamovka); 10 – Bolshoy Kumak (Novoorsk); 11 – Ilek (Vesely); 12 – Or (Istemes)]

В отличие от годового стока рек исследуемого бассейна, корреляционная связь между величинами максимальных расходов менее тесная, что еще раз доказывает сложный многофакторный процесс формирования стока весеннего периода. Согласно проведенным расчетам, наиболее тесная связь установлена для верховий реки Урал (Верхнеуральск, Кизильское) и притоков Сакмара, Большой Кизил – коэффициент корреляции находится в диапазоне 0.6-0.7. Умеренной связью (0.5-0.6) между стоком весеннего половодья характеризуются реки, водосборы которых занимают

равнины степного Зауралья (Большой Кумак с притоком Жарлы). Отсутствие или слабая корреляционная связь зафиксирована для реки Орь (0.1-0.5).

Динамика основных параметров максимального стока бассейна реки Урал представлена в таблице 3.

В первую очередь необходимо отметить повсеместное сокращение изменчивости стока весеннего половодья (кроме реки Жарлы). В целом, максимальные значения коэффициента вариации характерны для рек юго-восточного сектора исследуемого бассейна – Орь, Жарлы, Большой Кумак, что объясняется сходны-

Основные параметры максимального стока (IV-V) в бассейне реки Урал
 [Table 3. The main parameters of the maximum flow (IV-V) in the Ural River basin]

Река-створ / River - post	Периоды / Periods	Q, м/с средний, (максимальный) / Q, m/s average, (maximum)	C _v	Расход воды в годы различной обеспеченности, % / Discharge in years of exceedance probability, %		
				5	10	15
Урал - Верхнеуральск	1948-1977	95,5 (218)	0,76	264	229	218
	1978-2008	74,7 (155)	0,47	137	125	92
	1948-2020	82,7 (218)	0,71	229	141	125
Урал – Оренбург	1940-1977	1536,3 (10100)	1,45	8730	4140	3800
	1978-2008	906,1 (3010)	0,78	2570	1980	1710
	1940-2020	1125,4 (10100)	1,46	4140	2820	1790
Сакмара – Каргала	1940-1977	1570,4 (4500)	0,71	4320	3580	3020
	1978-2008	1614,6 (2720)	0,39	2580	2440	2330
	1940-2020	1510,0 (4500)	0,59	3580	2580	2140
Илек – Веселый	1951-1977	669,7 (3110)	0,91	3110	1340	1020
	1978-2008	471,6 (1180)	0,64	1050	1010	803
	1951-2020	495,9 (3110)	0,94	1180	1010	736
Орь – Истемес	1956-1977	317,4 (801)	0,79	801	736	631
	1978-2008	152,7 (414)	0,57	279	257	235
	1956-2020	225,5 (801)	0,89	725	554	414
Салмыш – Буланово	1960-1977	249,8 (732)	0,73	732	651	469
	1978-2008	176,8 (388)	0,57	321	321	307
	1960-2020	190,9 (732)	0,72	469	335	318
Б. Кумак - Новоорск	1967-1977	305,9 (1210)	1,18	-	-	-
	1978-2008	402,4 (1350)	0,85	1310	956	924
	1967-2020	343,9 (1350)	0,97	1210	956	737
Б. Кизил – Верхне-Абдря- шево	1949-1977	54,1 (179)	0,70	135	111	96
	1978-2008	62,6 (135)	0,55	135	100	96
	1949-2020	60,5 (179)	0,66	135	101	96
Жарлы - Адамовка	1951-1977	288,5(825)	0,77	825	720	516
	1978-2008	357,7 (1560)	1,05	1100	1060	629
	1951-2020	318,1 (1560)	0,94	1060	724	600
Б. Ик - Мраково	1948-1977	284,0 (872)	0,63	872	458	450
	1978-2008	328,8 (844)	0,47	697	496	416
	1940-2020	290,6 (872)	0,57	697	458	416

ми условиями формирования стока, определяющими однотипный отклик на изменение погодных условий в период снеготаяния. Для крупных рек, водосборы которых охватывают горнолесные ландшафты (Сакмара, Большой Ик, Большой Кизил, Салмыш) вариации максимального стока менее значимы.

Сопоставление расчетных величин максимальных расходов различной обеспеченности (см. табл. 3) показало сокращение расходов редкой повторяемости (P=5%). Максимальное сокращение (60-70%) зафиксировано для створов зарегулированных участков рек – Урал – Оренбург) и Илек – Веселый. Для других рек (вне зависимости от географического положения створа) сокращение расчетных величин редкой повторяемости (P=5%) стока весеннего половодья составило от 20% (Большой Ик) до 40% (Сакмара) и 65% (Орь).

Природно-зональная специфика формирования стока весеннего половодья в бассейне реки Урал подтверждается многолетней динамикой максимальных расходов воды (см. табл. 3, рис. 2).

Взаимосвязь между уменьшением доли весеннего половодья в годовом объеме стока и сокращением средних и абсолютных значений максимальных расходов установлена, прежде всего, для зарегулированных участков рек (Урал – Оренбург; Илек – Веселый) и отдельных водотоков с условно-естественным режимом (Урал – Верхнеуральск; Орь – Истемес; Салмыш – Буланово). В то же время, часть рек исследуемого бассейна демонстрируют рост средних значений максимальных расходов, преимущественно это водотоки горнолесной части (Большой Ик, Большой Кизил, Сакмара). Обращает внимание, что для большинства исследуемых рек

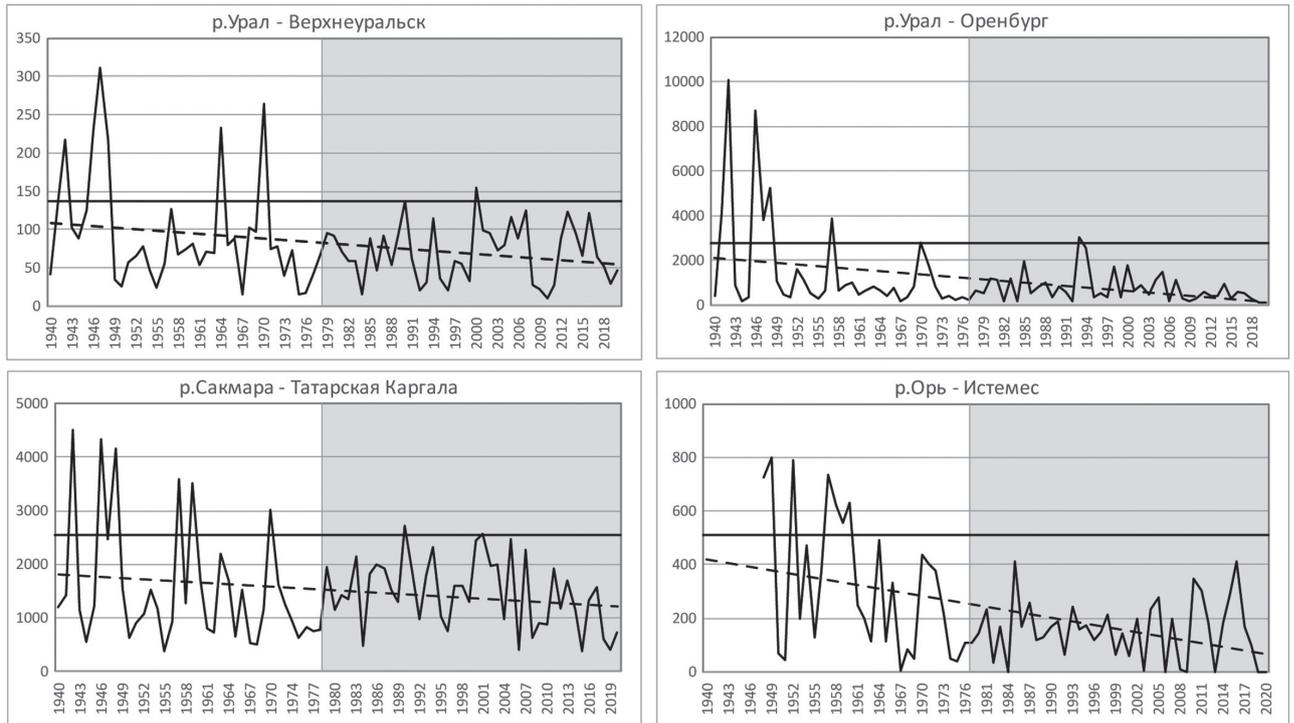


Рис. 2. Многолетняя динамика максимальных расходов (m^3/c) в бассейне реки Урал (сплошная линия – максимальные расходы 10%-ной обеспеченности; пунктирная – линейный тренд за период 1940-2020)
 [Fig. 2. Long-term dynamics of maximum discharge (m^3/s) in the Ural River basin (solid line – maximum expenditures of 10% exceedance probability; dotted line – linear trend for the period 1940-2020)]

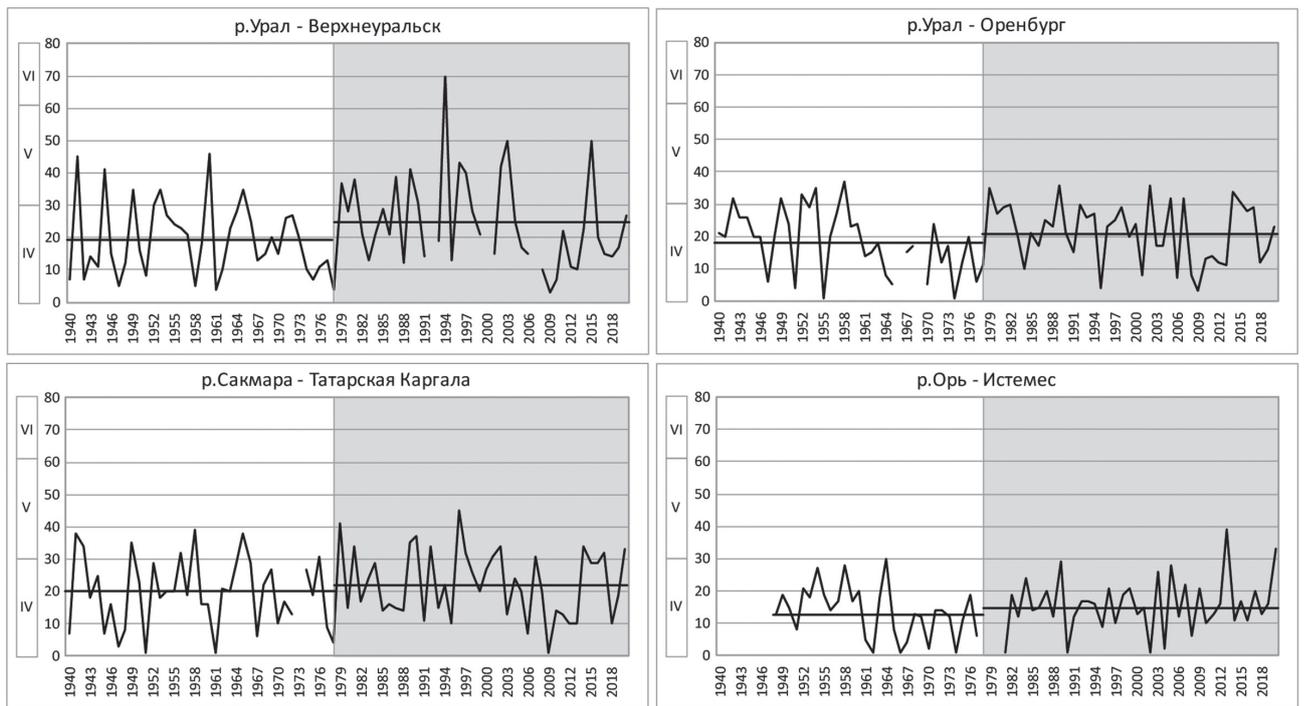


Рис. 3. Многолетняя динамика наступления дат максимальных расходов весеннего половодья в бассейне реки Урал. Средние значения дат за периоды (ось Y – месяцы и последовательность дней, начиная с 1 апреля)
 [Fig.3. The long-term dynamics of the onset of the dates of the maximum discharge of the spring flood in the Ural River basin. Average values of dates for periods (Y – months and a sequence of days starting from April 1)]

экстремальный расход воды (абсолютный максимум) наблюдался в период до 1978 года (реки Урал и Сакмара – 1942 год; Орь – 1949; Илек и Б. Кизил – 1957 год).

В период 1978-2020 годов также наблюдались годы экстремальной водности (1985, 1986, 1993, 1994), общие для большинства рек бассейна реки Урал.

Современные тенденции в трансформации внутригодового стока находят отражение в смещении дат наступления максимумов весеннего половодья на более поздние сроки (рис. 3).

Даты наступления максимальных расходов на реках бассейна реки Урал зависят от природно-зонального положения и расчлененности рельефа на водосборах, запасов снега и непосредственно от погодных условий, установившихся в период активного снеготаяния. Таким образом, реки бассейна вносят разновременный и существенно отличающийся по объемам вклад в формирование волны половодья на разных участках главной реки.

В среднем течении первое увеличение расходов связано с предполоводной сработкой Ириклинского водохранилища, обычно осуществляемой с начала марта. В дальнейшем, в формировании половодной волны участвует приток с южной части бассейна (реки Илек, Орь, Утва), далее – притоки с южного склона Общего Сырта и степного Зауралья. Последняя волна половодья приходится на реку Сакмара и ее притоки, запаздывающая к устьевой части обычно на 5-7 и более дней и формирующая второй (нередко с максимальными показателями) пик половодья на главной реке, как ниже места впадения реки, так и выше устья (Урал-Оренбург) в результате подпора. Также отметим, что продолжительность половодья зависит от водности половодного периода – в частности, в маловодные годы в створе Урал-Оренбург продолжительность весеннего половодья составляет в среднем 25 суток, в годы с экстремально высокими паводками – около 38 суток.

Ниже приведены краткие сведения о характере половодья в створе Урал-Оренбург за период 1950-2020 годы на основе среднесуточных данных. Начало половодья варьировало с 12 марта (1965) по 19 апреля (1979), но в большинстве случаев укладывалось в двухнедельный промежуток – с 29 марта по 12 апреля. Примерно такой же разброс дат фиксируется и для дат с максимальными расходами – с 31 марта (1974) по 7 мая (1958 и 2002). Продолжительность периода с начала паводка до даты максимума расходов в среднем составила 18 дней, всего периода половодья – 35 дней, в обоих случаях особых различий по этому показателю для периодов 1940-1977 и 1978-2020 годы не отмечалось, в отличие от максимальных расходов (снизились за соответствующие периоды с 994,5 до 772,2 м³/с) и дат их наступления (сместились с 28 марта на 1 апреля).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований установлено, что рекам бассейна реки Урал в целом свойственны современные тенденции изменения максимального стока, наблюдаемые на Европейской территории России. Выявлено, что в последние десятилетия отмечается повсеместная трансформация сезонного распределения стока

в сторону увеличения доли меженных стоков (особенно зимнего) и сокращения доли стока весеннего половодья. В итоге, изменения внутригодового распределения речного стока обуславливают определенное выравнивание гидрографа годового стока и трансформируют основные параметры водного режима рек казахстанского типа. В то же время, несмотря на общий характер данной тенденции, установлено, что в наименьшей степени трансформации внутригодового распределения стока подвержены реки, водосборы которых охватывают зональные лесостепные и горнолесные ландшафты (реки Сакмара, Большой Кизил, Большой Ик).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеевский Н.И., Лебедева М.Ю., Соколовский Д.К. Источники питания и изменчивость их вклада в формировании стока рек Европейской территории России // *Водные ресурсы*, 2007, т. 34, № 1, с. 5-17.
2. Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Телегина Е.А. Изменение зимнего стока рек Европейской части России // *Водные ресурсы*, 2015, т. 15, № 6, с. 581-588.
3. Дмитриева В.А., Нефедова Е.Г. Гидрологическая реакция на меняющиеся климатические условия и антропогенную деятельность в бассейне Верхнего Дона // *Вопросы географии. Гидрологические изменения*, 2018, № 145, с. 285-297.
4. Закономерности гидрологических процессов / Под ред. Н.А. Алексеевского. М.: ГЕОС, 2012. 736 с.
5. Изменения стока в бассейне р. Урал / Д.В. Магрицкий, В.М. Евстигнеев, Н.М. Юмина и др. // *Вестник Московского университета. Серия 5. География*, 2018, № 1, с. 90-101.
6. Многолетние колебания и изменчивость водных ресурсов и основных характеристик стока рек Российской Федерации: научно-прикладной справочник. СПб: ООО «РИАЛ», 2021. 190 с.
7. Оценка современных изменений максимального стока рек России / В.Ю. Георгиевский, Е.А. Грек, Е.Н. Грек и др. // *Метеорология и гидрология*, 2019, № 11, с. 46-55.
8. Практикум по гидрологии, гидрометрии и регулированию стока: учебное пособие. Москва: ВО «Агропромиздат», 1998. 222 с.
9. Природно-климатические и антропогенные изменения стока Волги и Дона / А.Г. Георгиади, Н.И. Коронкевич, Е.А. Кашутина, Е.А. Барабанова // *Фундаментальная и прикладная климатология*, 2016, № 2, с. 55-78.
10. Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М., Падалко Ю.А. Изменения минимального стока в бассейне реки Урал // *Известия РАН. Серия географическая*, 2021, т. 85, № 6, с. 900-913.
11. Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А. Изменение водного режима рек бассейна реки Урал // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*, 2019, т. 488, № 5, с. 103-107.
12. Современные изменения минимального стока на реках бассейна р. Волга / М.В. Болгов, Е.А. Коробкина, М.Д. Трубецкова и др. // *Метеорология и гидрология*, 2014, № 3, с. 75-85.
13. Фролова Н.Л., Нестеренко Д.П., Шенберг Н.В. Внутригодовое распределение стока рек России // *Вестник Московского университета. Серия 5. География*, 2010, № 6, с.8-16.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 17.02.2023

Принята к публикации: 28.05.2024

Current Changes in the Maximum Runoff of the Rivers of the Ural River Basin

Zh. T. Sivokhip ✉, V. M. Pavleichik

*Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Russian Federation
(11, Pionerskaya Str., Orenburg, 460000)*

Abstract. The purpose is to reveal spatio-temporal features of changes in the parameters of maximum runoff in the Ural River basin.

Materials and methods. Series of hydrological observations for 12 gauging stations were taken as initial data for the analysis of long-term dynamics of the share of spring flood runoff. The choice of gauging stations is based on differences in the physical and geographical conditions of runoff formation and the degree of anthropogenic impact on river runoff. Conclusions about the spatial features and trends in the maximum runoff in the study basin are formulated on the basis of statistical data analysis methods, taking into account the threshold year of water content change (1978).

Results and discussion. Long-term changes in the spring flood runoff of the rivers of the Ural River basin are characterised by certain spatial differences. The minimum share in the annual volume of runoff is typical for the upper reaches of the Ural River and its large tributaries (the rivers Sakmara, Bolshoy Kizil, etc.). The most significant reduction in the share of spring flood runoff is characterised by the rivers with a regulated regime. The relationship between the reduction in the share of spring floods in the annual runoff volume and the reduction in the average and absolute values of maximum discharges has been established, first of all, for the regulated river sections (Ural – Orenburg; Ilek – Vesely) and some watercourses with a conditionally natural regime (Ural – Verkhneuralsk; Or – Istemes; Salmysh – Bulanovo).

Conclusion. It has been established that the rivers of the studied basin are characterised by current trends in the maximum runoff changes observed in the European territory of Russia. The transformation of the seasonal distribution of runoff towards an increase in the share of low water flows (especially winter runoff) and a decrease in the share of spring flood runoff has been revealed. As a result, changes in the intra-annual distribution of river runoff cause a certain alignment of the hydrograph of the annual river runoff with the Kazakhstan type of water regime.

Key words: intra-annual distribution of runoff, spring flood, current trends, steppe zone.

Funding: The study was carried out within the framework of the state theme of IS of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences No. AAAA21–121011190016–1 «Problems of steppe nature management in the context of modern challenges: optimisation of the interaction of natural and socio-economic systems».

For citation: Sivokhip Zh. T., Pavleichik V. M. Current Changes in the Maximum Runoff of the Rivers of the Ural River Basin. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografija. Geoekologija*, 2024, no. 2, pp. 88-96. (in Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/2/72-80>

REFERENCES

1. Alekseevskij N. I., Lebedeva M. Ju., Sokolovskij D. K. Istochniki pitanija i izmenchivost' ih vklada v formirovanii stoka rek Evropejskoj territorii Rossii [Sources of nutrition and variability of their contribution to the formation of river flow in the European territory of Russia]. *Vodnye resursy*, 2007, vol. 34, no. 1, pp. 5-17. (In Russ.)
2. Sovremennye izmenenija minimal'nogo stoka na rekah bassejna r. Volga [Modern changes in minimum flow on the rivers of the Volga River basin] / M. V. Bolgov, E. A. Korobkina, M. D. Trubeckova i dr. *Meteorologija i gidrologija*, 2014, no. 3, pp. 75-85. (In Russ.)
3. Prirodno-klimaticheskie i antropogennye izmenenija stoka Volgi i Dona [Natural-climatic and anthropogenic changes in the flow of the Volga and Don] / A. G. Georgiadi, N. I. Koronkevich, E. A. Kashutina, E. A. Barabanova. *Fundamental'naja i prikladnaja klimatologija*, 2016, no. 2, pp. 55-78. (In Russ.)
4. Ocenka sovremennyh izmenenij maksimal'nogo stoka rek Rossii [Assessment of modern changes in the maximum flow of Russian rivers] / V. Ju. Georgievskij, E. A. Grek, E. N. Grek i dr. *Meteorologija i gidrologija*, 2019, no. 11, pp. 46-55. (In Russ.)
5. Dzhamalov R. G., Frolova N. L., Telegina E. A. Izmenenie zimnego stoka rek Evropejskoj chasti Rossii [Changes in winter river flow in the European part of Russia]. *Vodnye resursy*, 2015, vol. 15, no. 6, pp. 581-588. (In Russ.)
6. Dmitrieva V. A., Nefedova E. G. Gidrologicheskaja reakcija na menjajushhiesja klimaticheskie uslovija i antropogennuju dejatel'nost' v bassejne Verhnego Dona [Hydrological response to changing climatic conditions and anthropogenic activity in the Upper Don basin]. *Voprosy geografii. Gidrologicheskie izmenenija*, 2018, no. 145, pp. 285-297. (In Russ.)
7. *Zakonomernosti gidrologicheskikh processov* [Regularities of hydrological processes] / pod red. N. A. Alekseevskij. Moscow: GEOS, 2012. 736 p. (In Russ.)
8. Izmenenija stoka v bassejne r. Ural [Changes in the flow in the basin of the Ural river] / D. V. Magrickij, V. M. Evstigneev, N. M. Jumina i dr. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografija*, 2018, no. 1, pp. 90-101. (In Russ.)

© Sivokhip Zh. T., Pavleichik V. M., 2024

✉ Zhanna T. Sivokhip, e-mail: sivohip@mail.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

9. *Mноголетние колебания и изменчивость водных ресурсов и основных характеристик стока рек Российской Федерации: научно-прикладной справочник* [Long-term fluctuations and variability of water resources and the main characteristics of the flow of rivers of the Russian Federation: scientific and applied reference]. SPb: ООО «RIAL», 2021. 190 p. (In Russ.)

10. Практикум по гидрологии, гидromетрии и регулированию стока: учебное пособие [Workshop on hydrology, hydrometry and flow regulation: textbook]. Moscow: VO «Agropromizdat», 1998. 222 p.

11. Sivokhip Zh. T., Pavleichik V. M., Padalko Ju. A. Изменения минимального стока в бассейне реки Урал [Changes in the minimum flow in the Ural River basin]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*, 2021, vol. 85, no. 6, pp. 900-913. (In Russ.)

Сивохип Жанна Тарасовна

кандидат географических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института степи УрО РАН, г. Оренбург, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-5704-0554, e-mail: sivokhip@mail.ru

Павлейчик Владимир Михайлович

кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник Института степи УрО РАН, г. Оренбург, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-2846-0442, e-mail: vmpavleychik@gmail.com

12. Sivokhip Zh. T., Pavleichik V. M., Chibiljov A. A. Изменение водного режима рек бассейна реки Урал [Changing the water regime of the rivers of the Ural River basin]. *Doklady Rossijskoj akademii nauk. Nauki o Zemle*, 2019, vol. 488, no. 5, pp. 103-107. (In Russ.)

13. Frolova N. L., Nesterenko D. P., Shenberg N. V. Внутригодовое распределение стока рек России [Intra-annual distribution of river flow in Russia]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*, 2010, no. 6, pp. 8-16. (In Russ.)

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 17.02.2023

Accepted: 28.05.2024

Zhanna T. Sivokhip

Cand. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof., Leading Researcher of the Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-5704-0554, e-mail: sivokhip@mail.ru

Vladimir M. Pavleichik

Cand. Sci. (Geogr.), Leading Researcher of the Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-2846-0442, e-mail: vmpavleychik@gmail.com