



УДК 556.51.914.7 (470.56)
DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.33.112>

Современные тенденции внутригодового распределения речного стока в бассейне реки Урал

Ж. Т. Сивохиц, В. М. Павлейчик

Институт степи УрО РАН, г. Оренбург, Россия

Аннотация. Представлены результаты анализа многолетних региональных тенденций внутригодового распределения речного стока в бассейне р. Урал. Исследования проведены на основе стандартных методов статистического анализа с использованием значений среднемесячных, максимальных и минимальных величин стока. Рассмотрена многолетняя динамика выявленных параметров стока с учетом фаз различной водности. Установлено, что водный режим рек исследуемого бассейна характеризуется устойчивой тенденцией сокращения доли весеннего стока и увеличения доли меженного стока, особенно в зимний период. Рост доли зимнего стока обусловлен увеличением частоты положительных зимних аномалий, величины значений и продолжительности зимних оттепелей. Результаты исследования подтверждают значительную трансформацию внутригодового стока рек бассейна р. Урал, аналогичную и для других рек европейской территории России. Несмотря на общность выявленных тенденций, для рек рассматриваемого бассейна характерной остается крайне неравномерная многолетняя и внутригодовая динамика стока – специфическая особенность рек казахстанского типа водного режима. Наиболее отчетливо данные тенденции выявлены для рек, водосборы которых находятся в более аридных условиях стокоформирования. В этих условиях повышаются риски возникновения проблем устойчивого использования водных ресурсов степных регионов, что требует повышения эффективности водопользования во всех секторах экономики.

Ключевые слова: речной сток, водный режим, степная зона, трансформация стока.

Для цитирования: Сивохиц Ж. Т., Павлейчик В. М. Современные тенденции внутригодового распределения речного стока в бассейне реки Урал // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2020. Т. 33. С. 112–123. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.33.112>

Введение

Исследование водного режима рек (закономерных колебаний во времени уровня и расхода воды) имеет важное фундаментальное и прикладное значение для степных регионов, характеризующихся низкой водообеспеченностью, особенно в маловодные годы. Пространственно-временная изменчивость водного режима осложняет организацию экономически эффективного и экологически безопасного использования водных ресурсов рек степной зоны.

Согласно результатам многочисленных исследований, за последние три десятилетия заметно увеличился годовой сток крупнейших российских рек, а также приток речных вод в Северный Ледовитый океан и Каспийское мо-

ре. Увеличению водных ресурсов способствовало повышение общей увлажненности большей части территории Российской Федерации [Проблемы формирования и оценки ... , 2010; Influence of global ... , 2014; Савичев, Решетько, Моисеева, 2016]. Кроме того, для большинства крупных рек России наблюдаются сходные трансформации внутригодового распределения стока, характеризующиеся увеличением стока зимней межени и сокращением расходов весеннего половодья. Данные тенденции подтверждаются исследованиями водного режима рек Волги, Дона и Урала [Дмитриева, Маскайкина, 2013; Современные изменения минимального ... , 2014; Dzhamalov, Frolova, Telegina, 2015; Природно-климатические и антропогенные ... , 2016]. Вместе с тем для бассейна р. Урал выявлены региональные особенности водного режима, обусловленные природно-зональной и геолого-геоморфологической неоднородностью водосборной территории [Изменения стока в бассейне ... , 2018; Problems of dependable water ... , 2017].

Общеизвестно, что связь между водностью года и распределением стока рек по сезонам в большинстве случаев не обнаруживается, в частности годы одинаковой водности могут иметь различный характер распределения стока по сезонам [Alekseevskii, Lebedeva, Sokolovskii, 2007; Roderick, Farquhar, 2011; How will climate ... , 2013; Future variability of droughts ... , 2013]. Отметим, что для реализации задач по устойчивому использованию водных ресурсов наиболее благоприятным является относительно равномерное внутригодовое распределение стока [Kunkel, Pielke, Changon, 1999; Water depletion ... , 2016].

Материалы и методы исследования

В проведенном исследовании использованы многолетние статистические данные гидрологических наблюдений Государственного водного кадастра (Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши) по девяти гидрологическим постам, расположенным в российской части бассейна р. Урал (рис. 1; табл. 1).

Наиболее продолжительный ряд анализируемых данных составил 91 год для р. Урал (Оренбург), 78 лет для постов на р. Урал (Кизильское) и р. Сакмара (Татарская Карагала), для других водотоков – от 45 до 64 лет. Тенденции внутригодового распределения стока оценивались на основе данных среднемесячных расходов, абсолютных (максимальных и минимальных) показателей как в многолетнем аспекте, так и с учетом фаз различной водности. Стандартными методами статистического анализа определялись степень однородности рядов данных и теснота связей между ними. Для построения кривых обеспеченности максимальных расходов использовались стандартные методики [Практикум по гидрологии ... , 1988].

Результаты исследования и их обсуждение

Основная доля стока (в среднем около 65–70 %) рек исследуемого бассейна приходится на весенний сезон, что является характерной чертой рек с казахстанским типом водного режима. Анализ многолетней динамики речного стока по отдельным сезонам года показал, что для водного режима рек

бассейна р. Урал характерны определенные сезонные трансформации, в первую очередь проявляющиеся в сокращении доли весеннего стока и в увеличении доли стока маловодных сезонов (летне-осенней и зимней межени).

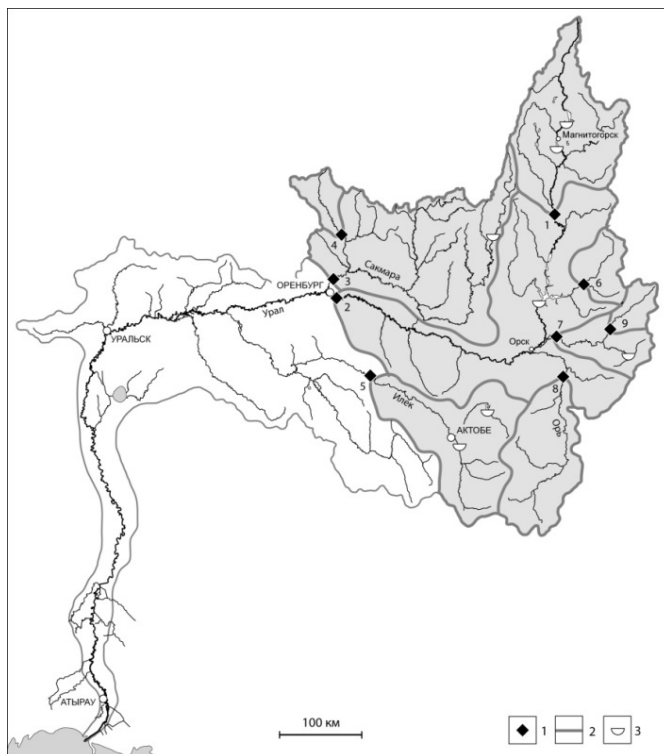


Рис. 1. Бассейн р. Урал и расположение гидрологических постов: 1 – гидропосты; 2 – границы частных водосборов, 3 – крупные водохранилища

Таблица 1

Общая характеристика гидропостов в бассейне р. Урал

Река (пункт)	Период наблюдений	Площадь водосбора, км ²	Отметка нуля поста, м	Средний годовой расход, м ³ /с	Максимум суточных расходов, м ³ /с	Минимум суточных расходов, м ³ /с
Урал (Кизильское)	1940–2014	17200	289	30,8	2420 (04.04.1947)	0,74 (25.07.1984)
Урал (Оренбург)	1927–2018	82300	81,6	101,7	10100 (02.05.1942)	11,6 (13.08.1977)
Сакмара (Сакмара, Татарская Каргала)	1940–2018	29600	86,9	139,6	4500 (05.05.1942)	13,5 (03.09.2010)
Салмыш (Буланово)	1960–2014	2580	122,2	8,3	651 (09.04.1970)	0,98 (10.10.2011)
Илек (Веселый)	1951–2018	17200	123,9	21,4	3110 (15.04.1957)	0,4 (28.07.1975)

Окончание табл. 1

Река (пункт)	Период наблюдений	Площадь водосбора, км ²	Отметка нуля поста, м	Средний годовой расход, м ³ /с	Максимум суточных расходов, м ³ /с	Минимум суточных расходов, м ³ /с
Суундук (Майский)	1970–2014	4020	248,6	4,7	1020 (12.04.1985)	0,046 (31.08.1975)
Б. Кумак (Новоорск)	1971–2014	7250	203,1	11,2	1350 (19.04.1994)	0,38 (31.07.1987)
Орь (Истемес)	1956–2014	13000	208,3	6,1	736 (17.04.1957)	0,005 (10.09.1979)
Жарлы (Адамовка)	1951–2014	2490	264,5	3,9	1550 (15.04.1994)	0,009 (22.07.1969)

Изменение внутригодового стока отчетливо отражается показателем, представляющим собой соотношение значений средних расходов маловодных сезонов (летне-осенней и зимней межени, Q_{VI-XI}/Q_{XII-II}), его многолетней динамикой (рис. 2). Дополнительно на рисунке приведены линии средних значений за характерные периоды и в целом за рассматриваемый период, а также график линейного тренда. По данному показателю выделяются два принципиально разных периода. Первый (1927–1958 гг.) отличается выдающимися расходами в летний сезон и достаточно низкими в зимний. Во втором периоде (1959–2018 гг.) амплитуды межгодовых вариаций и различий в стоке маловодных сезонов значительно сократились, что свидетельствует об определенном выравнивании долей летне-осеннего и зимнего стока. Несмотря на то что в 1990–2000-х гг. на реках бассейна р. Урал отмечалась фаза высокой водности, внутригодовой сток не претерпевал существенных колебаний по рассматриваемым сезонам года. Определенное выравнивание годового гидрографа стока р. Урал, несомненно, связано с сооружением плотины и заполнением крупнейшего в исследуемом бассейне Ириклинского водохранилища. Вместе с тем тенденции сокращения вариаций стока маловодных периодов наблюдается и на других, не зарегулированных, реках бассейна (реки Салмыш, Суундук, Жарлы, Орь и др.), что подтверждает ведущую роль погодно-климатических условий в формировании водного режима рек бассейна р. Урал.

В ходе исследований выявлено, что трансформация внутригодового стока за многолетний период в бассейне р. Урал пространственно неоднородна и обусловлена местными (физико-географическими) условиями стокоформирования (рис. 3). Так, наиболее явное изменение долей сезонного стока отмечается для рек, водосборы которых находятся в более засушливых условиях формирования стока (реки Илек, Орь, Кумак – южные степи). В то же время расположение бассейнов рек в пределах лесных и лесостепных низкогорий Южного Урала (реки Сакмара, Большой Ик и др.) обеспечивает отсутствие четких внутригодовых трансформаций в многолетней динамике стока.

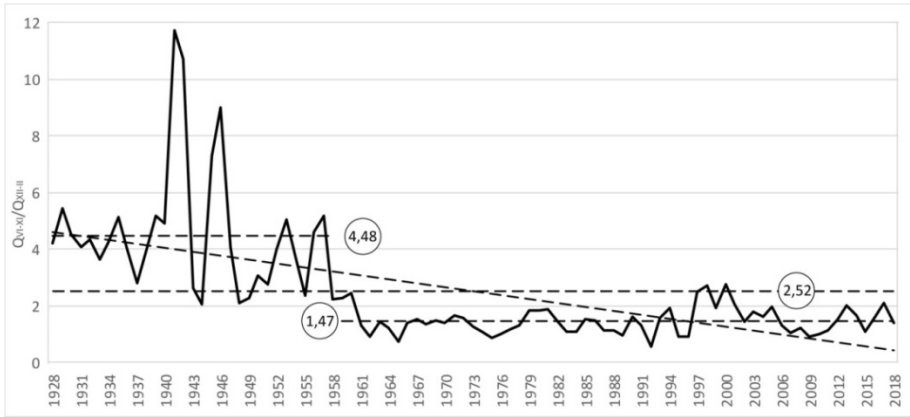


Рис. 2. Соотношение средних расходов (m^3/c) за летне-осенний и зимний периоды (пост Урал – Оренбург, двухлетнее скользящее)

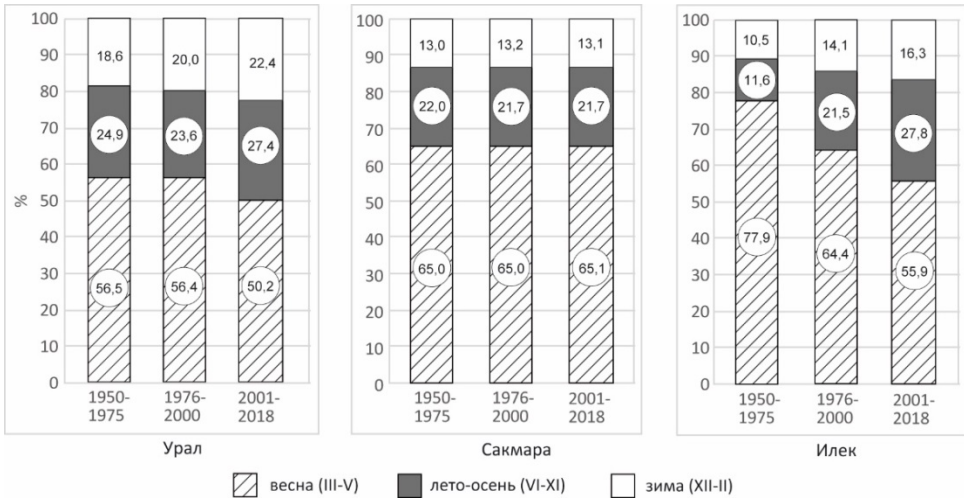


Рис. 3. Изменение доли речного стока в бассейне р. Урал в отдельные сезоны года

Основная причина увеличения доли зимнего стока – положительная динамика частоты и продолжительности зимних оттепелей, характерная как для территории исследуемого бассейна, так и для большей части территории Европейской России. В результате увеличения доли жидких осадков в зимний период создаются благоприятные условия для дополнительного инфильтрационного питания подземных вод и закономерного увеличения стока рек [Проблемы формирования и оценки ... , 2010; Dzhamalov, Frolova, Telegina, 2015].

Пространственно-временные колебания стока рек исследуемого бассейна проявляются и во внутригодовом аспекте, в формировании экстремальных гидрологических явлений – маловодья или многоводья. В связи с этим изучение современных тенденций внутригодового распределения стока степных рек актуально для оценки стабильности гидроэкологической обстановки и решения задач гарантированного водоснабжения в лимитирующие сезоны.

Максимальный сток. Многолетняя вариативность максимального стока обусловлена взаимодействием разнообразных факторов: запаса воды в снежном покрове, количества атмосферных осадков и термического режима в период снеготаяния, степени увлажнения почвенно-грунтового профиля, дружности половодья и др.

Для большинства рек европейской территории России (ЕТР) весеннее половодье является регулярно повторяющимся гидрологическим экстремумом, отражающим особенности естественной внутригодовой изменчивости водного режима. Как уже отмечалось, характерной природно-зональной чертой рек бассейна р. Урал является значительная доля стока, приходящаяся на период весеннего половодья. Для крупных рек (Урал, Сакмара) доля весеннего стока составляет в среднем 60–65 % годового стока, для средних и малых рек – 75–80 %. Вариации максимальных расходов воды рек Урал и Сакмара, в зависимости от водности года, отражены в кривых обеспеченности, свидетельствующих в целом об однотипном распределении данных величин (рис. 4).

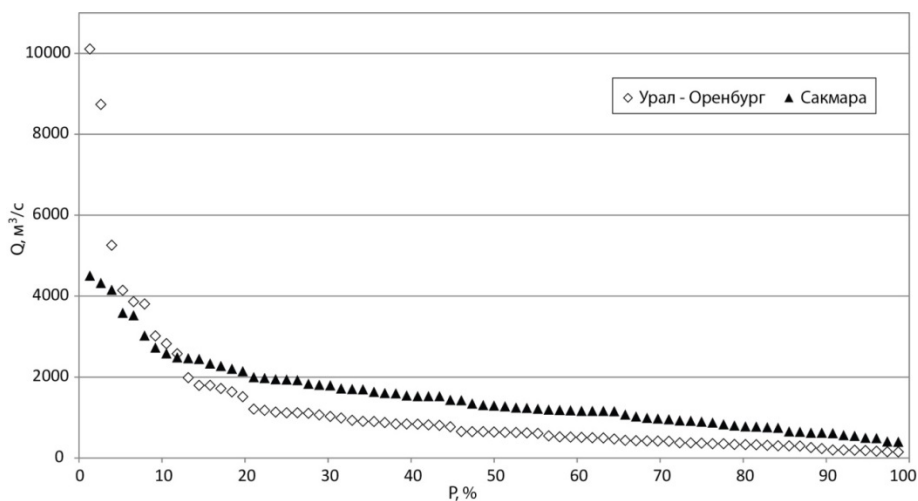


Рис. 4. Кривые обеспеченности максимальных расходов рек Урал (Оренбург) и Сакмара (Татарская Каргала) (1940–2018 гг.)

Вместе с тем отчетливо наблюдается практически постоянное превышение максимальных расходов р. Сакмара при значительно меньшей водосборной площади, что подтверждает высокую степень обусловленности величин весеннего стока от местных физико-географических условий. Еще одна характерная черта водного режима рек бассейна р. Сакмара – стабильное многолетнее распределение весеннего стока, более устойчивое к вариациям погодно-климатических условий, чем для рек степных равнинных водосборов. Таким образом, очевидно, что пространственная специфика гидрологических максимумов на реках бассейна р. Урал довольно неоднородна и во многом определяется зональным распределением гидроклиматических условий в сочетании с физико-географическими особенностями водосборов.

В целом развитие паводковой ситуации в период весеннего половодья является характерной особенностью водного режима рек степной зоны. Кроме того, в отдельные годы наблюдаются и летние паводки, обусловленные выпадением выдающихся дождевых осадков. Исходя из особых условий формирования дождевого паводка, их наибольшая интенсивность (высота и максимальные расходы) характерны для рек, водосборы которых расположены на возвышенных территориях. В частности, развитие летних паводков отмечено для верховий р. Урал и притоков – рек Большой и Малый Кизил (табл. 2). Летние максимумы могут значительно превышать величину речного стока в период весеннего половодья.

Таблица 2

Максимальные расходы воды ($\text{м}^3/\text{с}$) в периоды
весенних и летних паводков в бассейне р. Урал

Река (пост)	1984		1992		2013	
	Весна	Лето	Весна	Лето	Весна	Лето
Урал (Верхнеуральск)	14,8 (21.04)	18,9 (14.08)	–	–	43,0 (03.05)	123,0 (10.08)
Урал (Кизильское)	23,4 (18.04)	39,5 (21.08)	58,6 (01.05)	62,2 (28.07)	248 (12.04)	2160 (11.08)
Малый Кизил (Муракаево)	9,55 (23.04)	43,7 (12.08)	–	–	34,1 (30.04)	322,0 (09.08)
Большой Кизил (Бурангулово)	5,11 (21.04)	73,5 (11.08)	–	–	7,14 (19.04)	86,4 (10.08)
Большая Уртазымка (Сосновка)	3,95 (06.04)	8,57 (10.08)	–	–	–	–

Необходимо отметить, что достоверное прогнозирование интенсивности дождевых паводков и их последствий является практически неосуществимым вследствие большого числа факторов и их индивидуальных сочетаний, не повторяющихся во времени [Закономерности гидрологических процессов, 2012]. В итоге стихийный характер летних паводков может наносить значительный ущерб инфраструктуре населенных пунктов, расположенных в зоне затопления.

Минимальный сток характеризует наименьшую водность рек в фазы летне-осенней и зимней межени, когда в питании рек степной зоны преобладают грунтовые воды (табл. 3). Вариативность минимального стока обусловлена в первую очередь непостоянством метеорологических факторов – осадков, температуры и влажности воздуха, суммарного испарения [Комлев, 2002].

Продолжительность периода минимального стока определяется прежде всего устойчивостью межени. Зимняя межень зависит от длительности периода с отрицательными температурами, а летне-осенняя – от интенсивности атмосферных осадков. Несмотря на выявленную тенденцию роста доли зимнего стока, характерным для водного режима рек бассейна р. Урал (преимущественно средних и малых водотоков) остается превышение минимальных летне-осенних расходов над зимними (в среднем на 50 %). Для многих рек исследуемого бассейна в период максимального истощения стока наблюдаются явления пересыхания или промерзания (нулевой сток), которые являются завершающим моментом маловодной фазы.

Таблица 3

Среднегодовые расходы минимальной обеспеченности в створах рек бассейна р. Урал

Река (пункт)	Расход воды, м ³ /с			
	75 %	80 %	90 %	95 %
Урал (Кизильское)	15,2	13,6	10,2	8,0
Урал (Оренбург)	52,3	49,5	36,2	31,9
Сакмара (Татарская Каргала)	97,9	82,6	70,1	58,8
Салмыш (Буланово)	5,5	5,1	4,3	3,6
Илек (Веселый)	11,9	10,9	8,3	5,1
Суундук (Майский)	2,0	1,9	1,1	0,9
Б. Кумак (Новоорск)	4,6	3,2	1,8	1,5
Орь (Истемес)	2,7	2,0	0,5	0,3
Жарлы (Адамовка)	2,2	1,6	0,8	0,5

Многолетняя динамика стока в период зимней межени для рек бассейна р. Урал оценена по среднемесячным значениям (рис. 5). Полученные результаты свидетельствуют о росте значений минимального стока; данная тенденция выявлена для большинства рек бассейна независимо от водности и продолжительности рядов наблюдений. Так, в период с 1950 по 1982 г. водный режим средних и малых рек исследуемого бассейна характеризуется отсутствием положительной динамики расходов зимнего стока, в дальнейшем отмечается устойчивая тенденция к росту значений лимитирующего сезона с максимальной динамикой в период с 1991 по 2010 г.

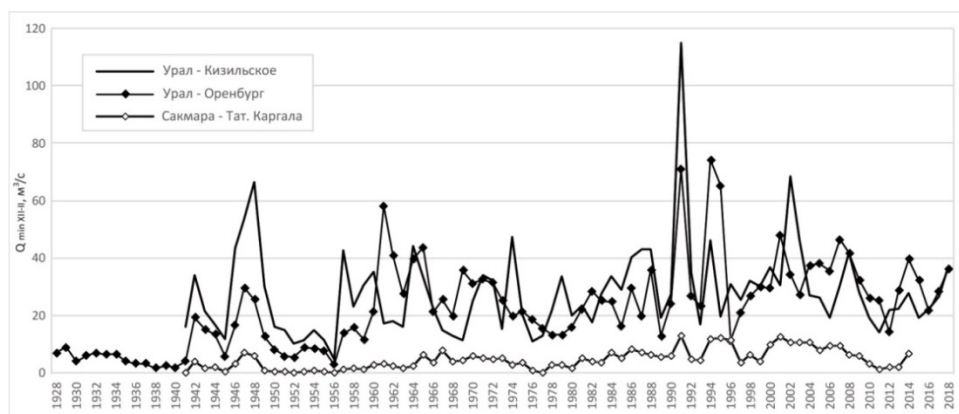


Рис. 5. Динамика зимних минимальных среднемесячных расходов рек бассейна р. Урал

Крупные реки (в первую очередь Урал) отличаются более равномерным ростом значений речного стока в период зимней межени, за исключением отдельных экстремальных лет. Также отметим, что установленные тенденции к увеличению зимнего стока на реках исследуемого бассейна не имеют синхронного характера. Отдельные совпадения фиксируются в экстремальные по значениям зимнего стока годы независимо от направленности тренда (восходящий или нисходящий). Таким образом, полученные результа-

ты подтверждают современную тенденцию внутригодового распределения стока, характерную для рек ЕТР и сопровождающуюся увеличением водности в зимний период. Вместе с тем в отличие от общей тенденции перераспределения стока, обусловленной трансформацией погодно-климатических условий на макрорегиональном уровне, асинхронность стока отдельных рек является следствием неоднородности условий формирования стока.

Отдельно подчеркнем, что с позиции использования водных ресурсов (регулирование стока, орошение) важен анализ абсолютных минимумов в период открытого русла реки. Выявлено, что наступление периода абсолютного минимума для рек бассейна р. Урал не является общим как по продолжительности, так и по датам наступления. На реках Урал, Салмыш и Орь абсолютный минимум периода открытого русла наблюдается в августе-сентябре, для р. Сакмара наиболее характерны осенние минимумы (сентябрь, более 70 % случаев), для р. Жарлы – летние минимумы (июль-август – 60 %). С учетом существенной изменчивости речного стока, свойственной рекам степной зоны, значения абсолютных минимумов также будут крайне вариативны.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что для бассейна р. Урал характерны современные тенденции изменения водного режима, наблюдаемые на европейской территории России. В частности, выявлено, что на фоне общих изменений водного режима, проявляющихся в трансформации сезонного стока (увеличение доли зимнего периода), в исследуемом бассейне произошло определенное выравнивание зимнего и летне-осеннего меженных стоков, что обусловлено перестройкой погодно-климатических условий на макрорегиональном уровне. Кроме того, определенный вклад в трансформацию водного режима вносит регулирование стока крупными водохранилищами (в первую очередь Ириклинским на р. Урал), которые выполняют функцию поддержания оптимального объема и уровня с учетом предполоводной подготовки. Отметим, что пространственно-временные колебания речного стока являются фактором, потенциально лимитирующим структуру и объемы водопотребления в пределах регионов исследуемого бассейна. В итоге для обеспечения комплексного использования водных ресурсов необходимо учитывать современные тенденции внутригодового распределения стока в бассейне р. Урал.

Исследование выполнено в рамках темы государственного задания ИС УрО РАН № АААА-А17-117012610022-5 и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-00447.

Список литературы

Дмитриева В. А., Маскайкина С. В. Изменчивость водного режима в верховьях Донского бассейна в современный климатический период // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2013. № 1. С. 17–21.

Закономерности гидрологических процессов / под ред. Н. А. Алексеевского. М. : ГЕОС, 2012. 736 с.

Изменения стока в бассейне р. Урал / Д. В. Магрицкий, В. М. Евстигнеев, Н. М. Юмина, П. А. Торопов, А. Ж. Кенжебаева, Г. С. Ермакова // Вестник Московского университета. Серия 5, География. 2018. № 1. С. 90–101.

Комлев А. М. Закономерности формирования и методы расчета речного стока. Пермь : Изд-во Пермского университета, 2002. 163 с.

Практикум по гидрологии, гидрометрии и регулированию стока / под ред. Е. Е. Овчарова. М. : Агропромиздат, 1988. 224 с.

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.

Проблемы формирования и оценки изменений водных ресурсов и водообеспеченности России / И. А. Шикломанов, В. Ю. Георгиевский, В. И. Бабкин, Ж. А. Балонишников // Метеорология и гидрология. 2010. № 1. С. 23–33.

Савичев О. Г., Решетько М. В., Моисеева Ю. А. Методика реконструкции зонального водного стока в Западной Сибири в голоцене // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327, № 5. С. 87–96.

Современные изменения минимального стока на реках бассейна р. Волга / М. В. Болгов, Е. А. Коробкина, М. Д. Трубецкова, М. К. Филимонова, И. А. Филиппова // Метеорология и гидрология. 2014. № 3. С. 75–85.

Alekseevskii N. I., Lebedeva M. Yu., Sokolovskii D. K. Sources of alimentionation and variability of their contribution to river runoff formation in European Russia // Water Resources. 2007. Vol. 34, N 1. P. 1–13. <https://doi.org/10.1134/S0097807807010010>

Water depletion: an improved metric for incorporating seasonal and dry-year water scarcity into water risk assessments / K. A. Brauman, B. D. Richter, S. Postel, M. Malsy, M. Florke // Elem. Sci. Anth. 2016. N 4. P. 000083.

Dzhamalov R. G., Frolova N. L., Telegina E. A. Winter runoff variations in European Russia // Water Resources. 2015. Vol. 42, N 6. P. 758–765. <https://doi.org/10.1134/S0097807815060032>

Kunkel K. E., Pielke R. A., Changon S. A. Temporal fluctuations in weather and climate extremes that cause economic and human health impacts: a review // Bull. Am. Meteorol. Soc. 1999. P. 1077–1098.

Future variability of droughts in three Mediterranean catcments / J. A. Lopez-Bustins, D. Pascual, E. Pla, J. Retana // Nat. Hazards. 2013. P. 1405–1421.

Roderick M. L., Farquhar G. D. A simple framework for relating variations in runoff to variations in climatic conditions and catchment properties // Water Resour. Res. 2011. N 47. P. 1–11.

How will climate change modify river flow regimes in Europe? / C. Schneider, C. L. R. Laize, C. Acreman, M. Florke // Hydrol. Earth Syst. Sci. 2013. Vol. 17, N 1. P. 325–339.

Problems of dependable water use in the transboundary Ural River basin / Zh. T. Sivokhip, V. M. Pavleichik, A. A. Chibilev, Yu. A. Padalko // Water Resources. 2017. Vol. 44, N 4. P. 673–684. <https://doi.org/10.7868/S0321059617040162>

Influence of global climate changes on hydrological regime of rivers in the South West Siberia / A. T. Zinoviev, V. P. Galakhov, E. D. Kosheleva, O. V. Lovtskaya // Eurasian journal of mathematical and computer applications. 2016. Vol. 3, N 1. P. 47–54.

Current Trends in Annual Distribution River Flow of the Ural River Basin

Zh. T. Sivokhip, V. M. Pavleichik

Institute of the Steppe UB RAS, Orenburg, Russian Federation

Abstract. The results of the analysis of long-term regional trends of the intra-annual distribution of river flow in the river Ural are presented. A database on the discharge of 9 rivers has been compiled, including information on the monthly average, maximum and minimum flow

rates. The duration of the data series is 45–78 years; the maximum number of observations reaches 91 years for the Ural River (Orenburg). To identify the dynamics of seasonal runoff, standard methods of statistical analysis and classical methods adopted in hydrology (supply curves, differential-integral curves, etc.) were used. The long-term dynamics of the intra-annual distribution of river runoff is considered taking into account phases of different water content. It was established that the water regime of the rivers of the studied basin is characterized by a stable tendency to reduce the proportion of spring runoff and increase the proportion of low-flow runoff, especially in winter. It was revealed that despite the presence of large artificial reservoirs on the rivers of the studied basin (including the Irikhinsk reservoir of long-term regulation), the weather-climatic factor in the formation of river flow and the transformation of intra-annual flow remains the leading one. The increase in the share of winter runoff is due to an increase in the frequency of positive winter anomalies, the values and duration of winter thaws. The results of the study confirm a significant transformation of the annual flow of the rivers of the river basin. Ural, similar for other rivers in the European territory of Russia. Despite the commonality of the revealed trends, the extremely irregular long-term and intra-annual flow dynamics remain characteristic of the rivers of the basin under consideration, a specific feature of the rivers of the Kazakhstan type of water regime. These trends are most clearly identified for rivers whose catchments are in arid conditions of runoff formation (Ilek, Or, Kumak rivers, etc.), less clearly for the main river (Urals). At the same time, under favorable conditions for runoff formation (forest and forest-steppe lowlands of the Southern Urals, which perform a barrier-cyclone function), there is an almost complete absence of intra-annual transformations for the entire period under consideration. This applies to river basins – the right tributaries of the river Ural (r. Sakmara, Big Ik, etc.). The results obtained indicate an increase in the risks of problems in the use of water resources of the steppe regions, which requires increasing the efficiency of water use in all sectors of the economy.

Keywords: river runoff, water regime, steppe zone, runoff transformation.

For citation: Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M. Current Trends in Annual Distribution River Flow of the Ural River Basin. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2020, vol. 33, pp. 112-123. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.33.112> (in Russian)

References

- Bolgov M.V., Korobkina E.A., Trubetskova M.D., Filimonova M.K., Filippova I.A. Sovremennyye izmeneniya minimal'nogo stoka na rekakh basseyna riv. Volga [Modern changes in the minimum flow on the rivers of the Volga river basin]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and hydrology], 2014, no. 3, pp. 75-85. (in Russian)
- Georgiadi A.G., Koronkevich N.I., Kashutina E.A., Barabanova E.A. Prirodno-klimaticheskiye i antropogennyye izmeneniya stoka Volgi i Dona [Natural and climatic and anthropogenic changes in the flow of the Volga and the Don]. *Fundamentalnaya i prikladnaya klimatologiya* [Fundamental and Applied Climatology], 2016, no. 2, pp. 55-78. (in Russian)
- Dmitriyeva V.A., Maskaykina S.V. Izmenchivost vodnogo rezhima v verkhov'yakh Donskogo basseyna v sovremennyy klimaticheskiy period [Variability of the water regime in the upper Don basin in the modern climatic period]. *Vestnik Voronezh. Gos. univer. Seriya Geografiya. Geoekologiya* [Bulletin of Voronezh State University. Series Geography. Geocology], 2013, no. 1, pp. 17-21. (in Russian)
- Alekseyevskiy N.A. (ed.) *Zakonomernosti gidrologicheskikh protsessov* [Regularities of hydrological processes]. Moscow, GEOS Publ., 2012, 736 p. (in Russian)
- Komlev A.M. *Zakonomernosti formirovaniya i metody rascheta rechnogo stoka* [Regularities of formation and methods of calculation of runoff]. Perm, Perm Univ. Publ., 2002, 163 p. (in Russian)
- Magritskiy D.V., Evstigneyev V.M., Yumina N.M., Toropov P.A., Kenzhebayeva A.Zh., Yermakova G.S. Izmeneniya stoka v basseyne r.Ural [Changes in runoff in the Ural basin]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser.5. Geografiya*. [Bulletin of Moscow University. Ser. 5. Geography]. 2018. no. 1. pp. 90-101. (in Russian)

Ovcharova E.E. (ed.) *Praktikum po gidrologii, gidrometrii i regulirovaniyu stoka* [Workshop on hydrology, hydrometry and flow regulation]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1988, 224 p. (in Russian)

Savichev O.G., Reshetko M.V., Moiseeva Yu.A. Sposob rekonstruktsii zonalnogo vodotoka v Zapadnoy Sibiri v golotsene [Method of reconstruction of zonal water flow in Western Siberia in the Holocene]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzheneriya georesursov* [News of Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources], 2016, vol. 327, no. 5, pp. 87-96. (in Russian)

Shiklomanov I.A., Georgiyevskiy V.Yu., Babkin V.I., Balonishnikova Zh.A. Problemy formirovaniya i otsenki izmeneniy vodnykh resursov i vodoobespechennosti Rossii [Problems of formation and assessment of changes in water resources and water supply in Russia]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology], 2010, no. 1, pp. 23-33. (in Russian)

Alekseevskii N.I., Lebedeva M.Yu., Sokolovskii D.K. Sources of alimentation and variability of their contribution to river runoff formation in European Russia. *Water Resources*. 2007, vol. 34, no. 1, pp. 1-13. <https://doi.org/10.1134/S0097807807010010>

Brauman K.A., Richter B.D., Postel S., Malsy M., Florke M. Water depletion: an improved metric for incorporating seasonal and dry-year water scarcity into water risk assessments. *Elem. Sci. Anth.*, 2016, no. 4, pp. 000083.

Dzhamalov R.G., Frolova N.L., Telegina E.A. Winter runoff variations in European Russia. *Water Resources*, 2015, vol. 42, no. 6, pp. 758-765. <https://doi.org/10.1134/S0097807815060032>

Kunkel K.E., Pielke R.A., Changon S.A. Temporal fluctuations in weather and climate extremes that cause economic and human health impacts: a review. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 1999, pp. 1077-1098.

Lopez-Bustins J.A., Pascual D., Pla E., Retana J. Future variability of droughts in three Mediterranean catchments. *Nat. Hazards*, 2013, pp. 1405-1421.

Roderick M.L., Farquhar G.D. A simple framework for relating variations in runoff to variations in climatic conditions and catchment properties. *Water Resour. Res.*, 2011, no. 47, pp. 1-11.

Schneider C., Laize C.L.R., Acreman C., Florke M. How will climate change modify river flow regimes in Europe? *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2013, vol. 17, no. 1, pp. 325-339.

Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M., Chibilev A.A., Padalko Yu.A. Problems of dependable water use in the transboundary Ural River basin. *Water Resources*, 2017, vol. 44, no. 4, pp. 673-684. <https://doi.org/10.7868/S0321059617040162>

Zinoviev A.T., Galakhov V.P., Kosheleva E.D., Lovtskaya O.V. Influence of global climate changes on hydrological regime of rivers in the South West Siberia. *Eurasian journal of mathematical and computer applications*, 2016, vol. 3, no. 1, pp. 47-54.

Сивохин Жанна Тарасовна

кандидат географических наук
Институт степи УрО РАН
Россия, 460000, г. Оренбург,
ул. Пионерская, 11
e-mail: sivohip@mail.ru

Sivokhip Zhanna Tarasovna

Candidate of Sciences (Geography)
Institute of the Steppe UB RAS
11, Pionerskaya st., Orenburg, 460000,
Russian Federation
e-mail: sivohip@mail.ru

Павлейчик Владимир Михайлович

кандидат географических наук
Институт степи УрО РАН
Россия, 460000, г. Оренбург,
ул. Пионерская, 11
e-mail: pavleychik@rambler.ru

Pavleichik Vladimir Mihaylovich

Candidate of Sciences (Geography)
Institute of the Steppe UB RAS
11, Pionerskaya st., Orenburg, 460000,
Russian Federation
e-mail: pavleychik@rambler.ru