

УДК 556.16(282.247.42)

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГОДОВОГО И СЕЗОННОГО СТОКА ВОДЫ РЕК В БАССЕЙНЕ Р. УРАЛ

### REGULARITIES, CHARACTERISTICS AND CAUSES OF THE RIVERS IN THE URAL RIVER CATCHMENT ANNUAL AND SEASONAL WATER FLOW VARIABILITY

**Магрицкий Дмитрий Владимирович**  
кандидат географических наук, доцент,  
доцент кафедры гидрологии суши,  
Московский государственный  
университет имени М.В. Ломоносова  
magdima@yandex.ru

**Кенжебаева Айымгуль Жолдасбайкызы**  
младший научный сотрудник,  
Филиал ТОО «Институт географии»  
aiymgul\_92@bk.ru

**Аннотация.** Трансграничную реку Урал и ее притоки отличает большая межгодовая и внутригодовая изменчивость стока, крайне неравномерное распределение водных ресурсов в бассейне. В условиях аридного климата на большей части бассейна реки, его значимых изменений с конца 1970-х гг., огромных потребностей в чистой и пресной воде со стороны населения, промышленности и сельского хозяйства это создает предпосылки для появления водного дефицита. Решением этой вопроса активно занимаются с середины XX в., создавая водохранилища, пруды, каналы переброски стока и оросительные системы. Но, по мере климатических изменений и с приобретением рекой статуса трансграничного объекта, проблемы нехватки воды, справедливого использования речного стока вновь обострились. Успешное их решение требует вначале научного осмысления сложившейся гидрологической ситуации, ее причин, выявления и описания существующих связей, закономерностей и т.п. Приводимые в статье результаты такого исследования получены авторами на основе самых последних и полных данных по стоку рек в бассейне Урала, климатическим характеристикам, хозяйственному водопользованию и т.п. Благодаря им удалось оценить вклад климатических и антропогенных факторов в изменения основных характеристик стока Урала и его главных притоков, обосновать границы характерных многолетних периодов, рассчитать для них основные параметры, в целом выявить и описать закономерности и тенденции многолетних колебаний годового и сезонного стока, максимальных и минимальных расходов воды, изменения элементов водного режима реки и др. Получены важные аналитические зависимости. Рассмотрена трансформация стока на нижнем в нижнем течении р. Урал. Многие результаты получены впервые.

**Ключевые слова:** Урал, реки, сток, водный режим, многолетняя изменчивость, водохозяйственная деятельность, климатические изменения.

**Magritsky Dmitry Vladimirovich**  
Candidate of geographical sciences,  
Assistant professor, Assistant professor  
of Department of Land Hydrology,  
Lomonosov Moscow State University  
magdima@yandex.ru

**Kenzhebayeva Aiyimgul Zholdasbaikyzy**  
Junior research fellow,  
Branch of Institute of Geography  
aiymgul\_92@bk.ru

**Annotation.** The transboundary Ural River and its tributaries are distinguished by large year to year and within year runoff variability, extremely uneven water resources distribution in basin. In the conditions of arid climate (throughout the most part of river catchment), significant changes of it since 1970s years, the huge requirement of pure and fresh water by population, industry and agriculture, it determines the existence of permanent or recurrent water deficit. This problem had been grappling with since the middle of the 20th century by the construction of reservoirs, ponds, flow transportation channels and irrigation systems. But as climate changes and as the river became a transboundary object, the problems of water deficit and equitable river runoff usage by Russia and Kazakhstan were again exacerbated. Their successful solution at first requires scientific understanding of current hydrological situation and its causes, recognition and description of connection, regularities, etc. The findings of such research, giving in that article, were obtained by authors on the base of the last and full data on river runoff in the Ural catchment, climatic characteristics, domestic water use, etc. Due to it, it was able to assess the climatic and anthropogenic factors contribution to the changes of the Ural and its main tributaries' main flow characteristics, to justify the bounds of specific long-term periods and to calculate the main parameters for them, generally to recognize and describe the regularities and tendencies of long-term fluctuations of annual and seasonal flow, maximal and minimal water discharge, change of river water regime elements, etc. Important analytical dependences between flow characteristics were obtained. The transformation of actual and normative-natural water runoff on the downstream of the Ural River was analyzed. Lots of the results were obtained for the first time.

**Keywords:** Ural, rivers, runoff, water regime, long-term variability, water management, climatic changes.

Река Урал (Жайык) течет по территории России и Казахстана (рис. 1). Она относится к категории трансграничных рек со всеми присущими для подобных водных объектов проблемами совместного эффективного и безопасного использования водных ресурсов. Длина реки 2428 км; площадь бассейна 237 тыс. км<sup>2</sup> (по некоторым данным 231 тыс. км<sup>2</sup>), а вместе с бессточными территориями Урало-Эмбинского междуречья ~380–400 тыс. км<sup>2</sup> [1, 2]. В пределах Уральского водохозяйственного округа, т.е. России, длина р. Урал составляет 1446 км, площадь бассейна 1249 тыс. км<sup>2</sup> [3]. В бассейне, по оценкам авторов и по состоянию на 2015 г., живет ~3,95 млн чел., находятся промышленные центры Магнитогорск, Новотроицк, Орск, Оренбург, Уральск, Атырау и Актобе, много предприятий обрабатывающей и добывающей промышленности, масштабное сельскохозяйственное производство и 360 тыс. га орошаемых земель [4]. Река имеет важное рыбохозяйственное значение, в частности для сохранения поголовья осетровых [5, 6, 7].



Рисунок 1 – Бассейн р. Урал:

1 – крупные города и промышленные центры; 2 – метеорологические станции; 3 – гидрологические посты (нумерация постов разъяснена в тексте); 4 – реки и каналы; 5 – граница бассейна; 6 – государственная граница

Значительная часть бассейна р. Урал относится к районам с недостаточным и крайне недостаточным увлажнением [8, 9]. Саму реку и многие ее притоки отличает высокая внутри- и межгодовая изменчивость стока, крайне сложный и нестабильный водный режим, ухудшение качества воды [3, 10, 1, 11, 2, 12, 13]. В результате, потребности населения и хозяйства в пресной и чистой воде часто превышают водно-ресурсные возможности реки и ее притоков; не редкость наводнения и гидрологические засухи [1, 14, 15, 6, 13]. В устьевой области реки ситуация усугубляется крупномасштабными и быстрыми изменениями уровня Каспийского моря [16].

Реализация в XX и начале XXI столетий целого комплекса водохозяйственных мероприятий не окончательно решила «водные проблемы» региона, но заметно изменила гидрологический режим р. Урал и большинства ее притоков, имела ряд негатив-

ных экологических последствий [17, 1, 18, 11, 6, 19]. Неопределенность в отношении будущего состояния реки, устойчивости и безопасности использования ее водных, биологических и водно-транспортных ресурсов усугубляют современные климатические изменения в регионе и неблагоприятные гидроклиматические прогнозы на будущее [20]. Это требует не только мониторинга текущей гидрологической ситуации, но и объективного анализа наблюдающихся гидрологических изменений, выявления в них соответствующих тенденций и пространственно-временных закономерностей, знания как причин и географии этой изменчивости, так и вклада каждого из факторов в фиксируемые изменения. Необходимы также актуализированные и достоверные оценки основных характеристик речного стока с учетом изменившихся условий его формирования и транзита. Недавние масштабные и комплексные исследования авторов в отношении водного стока позволили получить новые научно-прикладные результаты, относящиеся как к бассейну и реке в целом, так и к части в пределах нижнего участка.

## 1. Материалы и методы исследований

Для достижения задач исследования использовались, в первую очередь, данные гидрометеорологического и водохозяйственного мониторинга. Сведения по расходам воды были отобраны за весь период наблюдений (вплоть до 2014 г.). Были выбраны 13 гидрологических постов (г/п), расположенных как на самой реке Урал, так и на ее основных притоках (рис. 1). Главные из них – это посты в г. Верхнеуральск (с 1936 г.; № 8 на рис. 1), с. Кизильское (с 1926 г.; № 7), пос. Березовский (с 1948 г.; № 6), г. Оренбург (с 1927 г.; № 5), с. Кушум (с 1912 г.; № 4), пос. Тополи (с 1936 по 1972 г.; № 3), пос. Махамбет (с 1972 г.; № 2) и г. Атырау (с 1950 г.; №1) на р. Урал, с. Истемес (с 1956 г.; № 11) на р. Орь, с. Каргала (с 1920 г.; № 10) на р. Сакмара, пос. Веселый № 1 (с 1951 г.; № 9) на р. Илек. Источником данных стали справочные издания [21, 22–24] и интернет-ресурсы [<https://gmvo.skniivh.ru>].

В качестве *опорного поста* и *закрывающего створа* р. Урал авторами выбраны с. Кушум (в 732 км от моря по [21, 22] и 846 км по космическому снимку 2016 г. в GoogleEarth) и пос. Махамбет (145 и 172 км). Кушум ближе всего к границе между зонами формирования и расходования речного стока и, по сути, учитывает почти весь сток, поступающий с водосбора в русловую сеть, за исключением той его части, которую забирает Кушумский канал. Последний отделяется от р. Урал в 2 км выше по течению и проложен по руслу древнего одноименного дельтового рукава. Кроме того, г/п Кушум имеет самый продолжительный и почти без пропусков ряд стоковых измерений. Ближе всего к морю и за пределами дельты р. Урал находится стоковый пост г. Атырау (в прошлом – г. Гурьев; 27 и 47 км). Но он имеет непродолжительный период наблюдений за стоком, с многочисленными пропусками, расположен в зоне влияния подпорных и сгонно-нагонных явлений. Поэтому единственный пригодный стоковый пост между с. Кушум и г. Атырау – это пос. Махамбет, открытый в 1973 г. взамен г/п Тополи. Считается, что ряды наблюдений за расходами воды на постах Тополи и Махамбет образуют единое целое, хотя расстояние между постами составляет ~55 км. Кроме того, из-за естественных потерь и хозяйственного забора воды годовой сток реки от верхнего к нижнему посту уменьшается примерно на 0,45 км<sup>3</sup>/год. Также меняются значения других гидрологических характеристик.

Оценка водных ресурсов р. Урал и стока в Каспийское море, в т.ч. с приведением к естественным условиям, потребовала не только данных стоковых измерений в нижнем течении р. Урал, на притоке р. Сакмара (считается, что его водный режим слабо нарушен хозяйственной деятельностью), на канале Кушум и рукаве Баксай, но и итогов водно-балансовых наблюдений в дельте Урала [25, 26], привлечения материалов по антропогенным изменениям речного стока, по русловым водным балансам [22, 4, 27, 28, 29, 30, 31], некоторых допущений в отношении величины и характера водопользования в 1910–1930-х гг., обоснования и построения эмпирических зависимостей между измеренными на постах Каргала, Кушум, Тополи, Махамбет и Гурьев расходами воды.

Анализ многолетней изменчивости сезонных и годовых величин приземной температуры воздуха ( $T$ ) и сумм атмосферных осадков ( $P$ ), сумм положительных темпера-

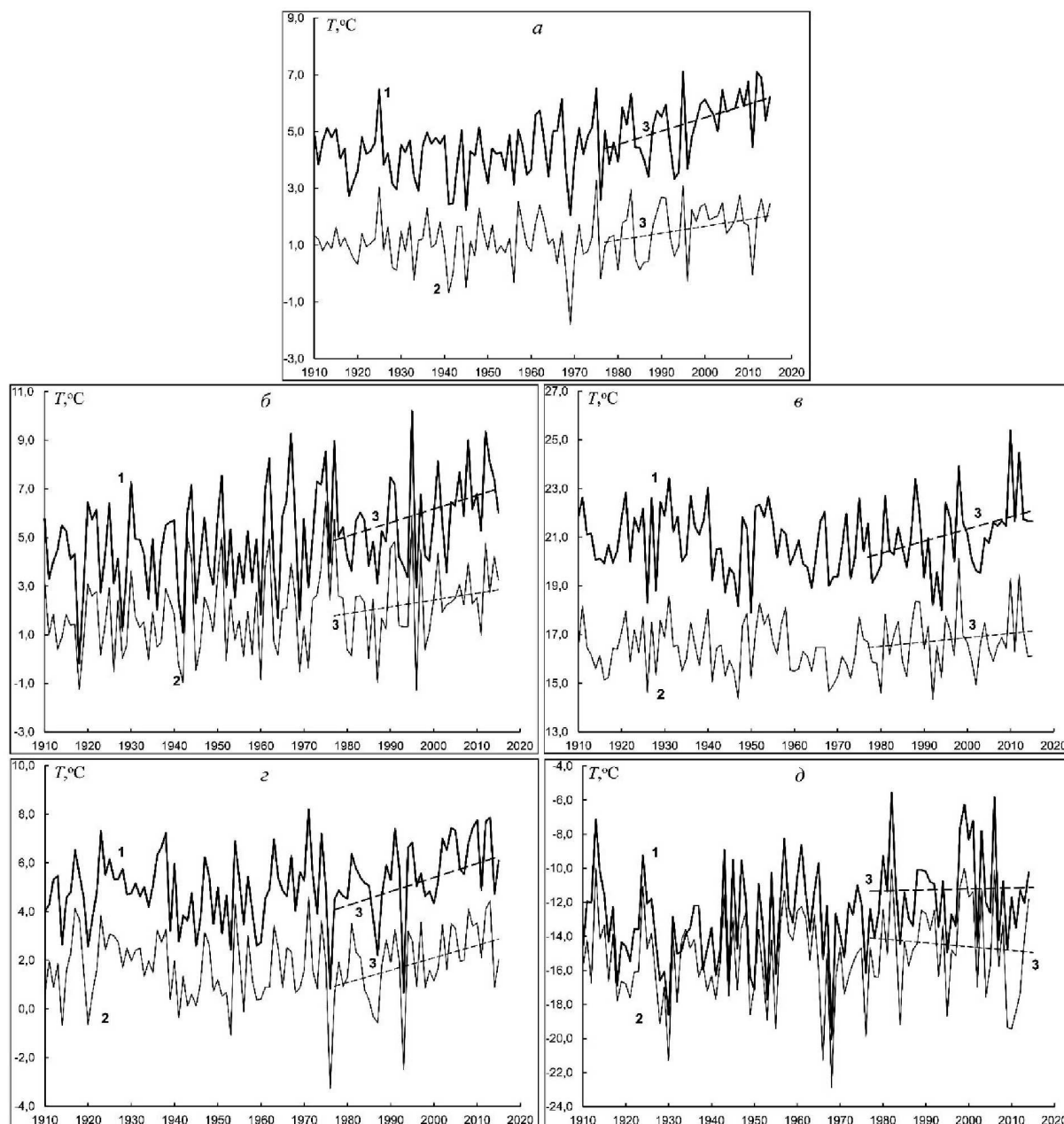
тур за холодный период года ( $\sum T_+$ ) проводился с привлечением данных сетевых наблюдений Росгидромета, находящихся в прямом доступе на портале ВНИГМИИ МЦД [<http://meteo.ru/data>], а также на основе результатов глобального объективного анализа данных NASA [<http://data.giss.nasa.gov/gistemp>]. Территория бассейна р. Урал обеспечена наблюдениями на 11 сетевых метеостанциях, однако для анализа климатических тенденций не все они подходят из-за многочисленных пропусков в рядах, или по причине их малой длины. Поэтому были отобраны лишь 6 метеостанций: Верхнеуральск (53°53' с.ш. и 59°12' в.д.), Зилаир (52°13' и 57°24'; № 12 на рис. 1), Оренбург (51°41' и 55°06'), Актобе (50°18' и 57°12'), Уральск (51°12' и 51°18') и Атырау (47°06' и 51°42'). Метеостанции равномерно покрывают территорию бассейна, расположены на высотах от –23 (м/с Атырау) до 522 м (м/с Зилаир), среднее расстояние между ними варьирует в диапазоне 70–100 км. Этого вполне достаточно, поскольку для средних сезонных значений температуры величина радиуса корреляции (критерия приемлемости расстояния между метеостанциями) на равнинной территории составляет 300–400 км, а для сезонных сумм осадков 150–200 км [32, 33]. Для горных районов она меньше. Несмотря на горные массивы Южного Урала, коэффициент корреляции ( $r$ ) между средними температурами воздуха высокий, даже для максимально удаленных друг от друга метеостанций: для м/с Атырау и Верхнеуральск, при расстоянии между ними в 915 км,  $r$  равен 0,69–0,78. Для многолетних рядов с осадками приемлемые коэффициенты корреляции ( $r > 0,7$ ) наблюдаются лишь у соседних метеостанций, например, Оренбурга и Зилаира. Для оценки величины и анализа многолетней изменчивости осадков были взяты однородные ряды с исправленными месячными суммами осадков с того же сайта ВНИГМИИ МЦД и за период с 1936 г. При коррекции исходных величин осадков авторами этих данных были устранены основные систематические ошибки измерений [34, 35], образовавшиеся при замене дождемера на осадкомер Третьякова (первая половина 1950-х гг.) и изменении числа сроков измерений (как это было в 1966 и 1986 гг.), при ветровом недоучете твердых осадков, потерях осадков на смачивание цилиндра и испарение.

Главными методами обработки и анализа исходных гидрометеорологических данных стали, во-первых, стандартные гидрологические расчеты согласно рекомендациям СП 33-101-2003 [36], и подходы к обработке рядов гидрологических наблюдений, изложенные в [37]. Использовались также инструменты графической интерпретации данных, в частности разностные и суммарные интегральные кривые, статистические зависимости, графики многолетнего хода гидрометеорологических характеристик. Во-вторых, привлекались статистические методы анализа многолетних рядов с помощью критериев Фишера ( $F$ -test) и Стьюдента ( $t$ -test) применительно к коррелированной во времени и асимметричной гидрологической информации, критериев Андерсена ( $t(A)$ ) и числа серий ( $t(u)$ ), ранговой корреляции Спирмена (SpearmanRCC). В-третьих, использованы водно-балансовые, интегральные, статистические и др. методы проверки многолетних рядов на нарушение условий формирования и транзита речного стока хозяйственной деятельностью. Часть статистического анализа выполнена в программах Гидрорасчеты, MSExcel 2013 и Statistica 10. На основе непрерывного ряда среднесуточных расходов воды на постах Кушум и Махамбет для каждого года впервые определены даты начала и окончания половодья, летне-осенней и зимней межени, объемы стока за эти сезоны ( $W_{л}$ ,  $W_{ло}$  и  $W_3$ ).

## 2. Антропогенные и климатически обусловленные изменения условий формирования и вдольруслового транзита стока р. Урал

### 2.1. Климатические изменения в бассейне

Текущее потепление началось в бассейне р. Урал в 1970-х гг., переход к современному режиму повторяемости температурных аномалий в 1977–1980 гг. (рис. 2). Особенно заметно потепление проявилось с середины-конца 1990-х гг. Раньше всего рост температур воздуха зафиксирован для весны (с 1972 г. и даже раньше) и осени (с начала 1960-х гг.).

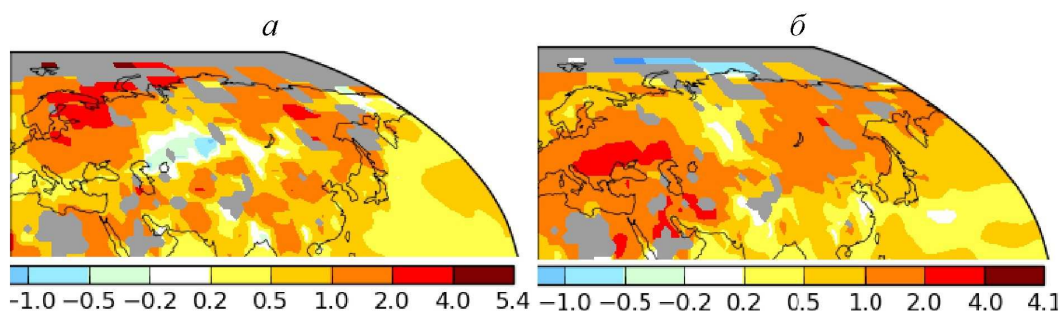


**Рисунок 2 – Многолетние изменения среднегодовой (а), средней за весенний (б), летний (в), осенний (г) и зимний (д) сезоны температур воздуха на метеостанциях Оренбург (1) и Верхнеуральск (2) с линейными трендами за 1977–2015 гг. (3)**

Величина потепления возрастает к средним и южным частям бассейна. В XXI в. потепление весной, летом и осенью не только сохранилось, но и по отдельным пунктам продолжилось. Для летнего сезона оно стало, по сути, статистически значимым. В отношении календарного зимнего сезона в последние 10 лет наблюдается некоторое снижение температур воздуха, как отголосок таких же и даже более масштабных процессов в Западной Сибири и на севере Казахстана в последние 10–15 лет. Их можно объяснить изменением характера атмосферной циркуляции из-за потепления Арктики, приведшего к ослаблению западного переноса воздушных масс, увеличению повторяемости блокирующих процессов и, в частности, к усилению азиатского антициклона. В летний период эти же процессы инициируют устойчивый и статистически значимый рост средней температуры (рис. 3). Тем не менее, если сравнивать температуры воздуха современного периода с температурами стандартного базового периода (в климатологии это 1961–1990 гг.), то по-прежнему положительные аномалии наиболее высокие зимой. Далее следуют летний, осенний и весенний сезоны. Из 7 экстремально теплых зим за всю историю метеонаблюдений на м/с Оренбург (130 лет) 5 было отмечено

в последние 35 лет; экстремально холодных зим в бассейне Урала не отмечалось уже 45 лет. В XXI в. не было зафиксировано ни одного «экстремально холодного» лета, в то время, как «экстремально теплые» наблюдались 5 раз. На этом основании можно сделать вывод о том, что потепление – факт, и повторяемость экстремально теплых событий возрастает. В итоге на метеостанции Верхнеуральск температурные аномалии в 1978–1994 и 1995–2015 гг. – составили, в сравнении с 1961–1990 гг.:

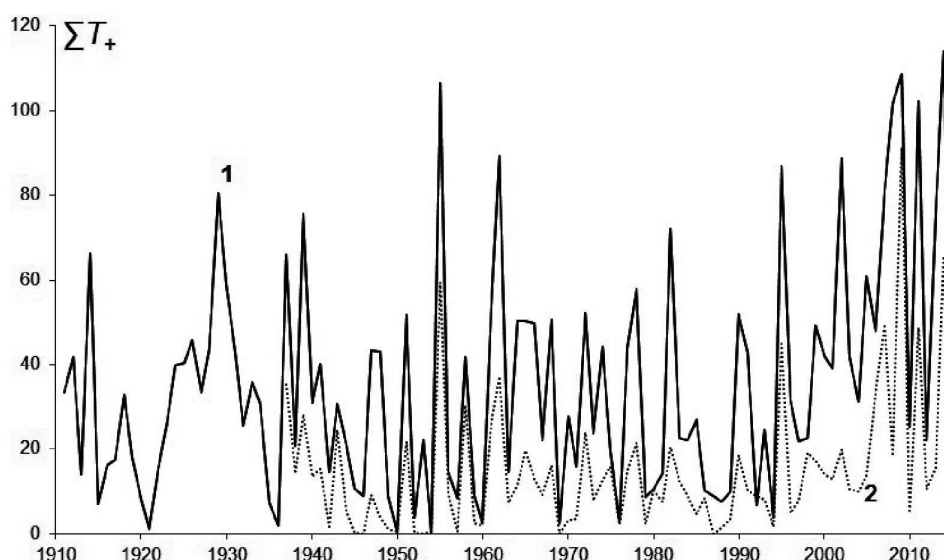
- 0,2 и 0,7 °С (год), –0,4 и 0,5 °С (весна), 0,2 и 0,7 °С (лето), 0 и 1 °С (осень), 1 и 0,7 °С (зима);
- в Оренбурге – 0 и 1,1 °С, –0,6 и 1 °С, –0,2 и 1,1 °С, –0,1 и 1,1 °С, 0,9 и 1,2 °С;
- в Уральске – 0,1 и 1,1 °С, –0,4 и 1,1 °С, –0,2 и 1,2 °С, –0,1 и 0,9 °С, 1,1 и 1,2 °С.



**Рисунок 3 – Аномалии температур зимой (а) и летом (б) за период 2007–2015 гг. по сравнению с базовым (1961–1990 гг.)**

полученные по данным стационарных наблюдений [<http://data.giss.nasa.gov/gistemp>]. Серые области – отсутствие данных.

Дополнительным доказательством происходящих в бассейне Урала климатических изменений, влияющих на условия формирования речного стока и характеристики водного режима реки, служит резкое увеличение с середины 1990-х гг. суммы положительных температур воздуха за холодный период (рис. 4). В [2] его границы определены с 1 ноября по 31 марта. Он важен как для накопления снежных и водных ресурсов и прохождения весеннего половодья, так и формирования запасов подземных вод, питающих реку в межень. На м/с Оренбург отклонение суммы положительных температур в 1995–2015 гг. от условий базового периода составило +27 °С; на м/с Верхнеуральск +13,4 °С. Особенно экстремальные по продолжительности оттепели были в 2002 и 2008 гг.



**Рисунок 4 – Многолетний ход сумм положительных температур воздуха за холодный период года (с 1 ноября по 31 марта) на м/с Оренбург (1) и Верхнеуральск (2)**

Для атмосферных осадков ситуация не столь простая, в том числе по причине сложного рельефа рассматриваемой территории, естественной значительной неравномерности в распределении осадков по территории и во времени, а также из-за инструментальных погрешностей. Годовое количество осадков составляет в верховьях ре-

ки около 500–600 мм [8, 2], в низовьях – от 300 до 200 мм и менее [9]. Большая часть осадков преимущественно выпадает в теплое время года, но сток формируют, главным образом, осадки холодного периода, накапливающиеся в бассейне в виде снежного покрова. Порядка 80% летних осадков являются ливневыми, правда не формирующих значимых паводков на главной реке в ее низовьях. В течение 1–2 месяцев подряд иногда наблюдается полное отсутствие осадков. Максимальные запасы воды в снеге варьируют от 30 мм на юге до 150–200 мм на Южном Урале [2].

В конце 1970-х – начале 1980-х гг. в большинстве пунктов отмечен рост осадков (рис. 5). Он был связан, в первую очередь, с увеличением летних, осенних и зимних осадков. Подобный рост был и на водосборе Волги [38], но в бассейне Урала его величина меньше. В середине 1990-х и в 2000-х гг. тенденции по сезонным суммам осадков в некоторой мере изменились либо условия увлажнения приблизились к средним показателям, тогда как весной возросшее количество осадков сохранилось, а в некоторых пунктах выросли еще. Это бы благоприятствовало весеннему половодью, если бы не увеличение повторяемости и мощности оттепелей в холодный период (см. выше). Разнонаправленные тенденции в многолетнем ходе сумм сезонных осадков определили в последние 20 лет некоторое снижение их годовой величины.

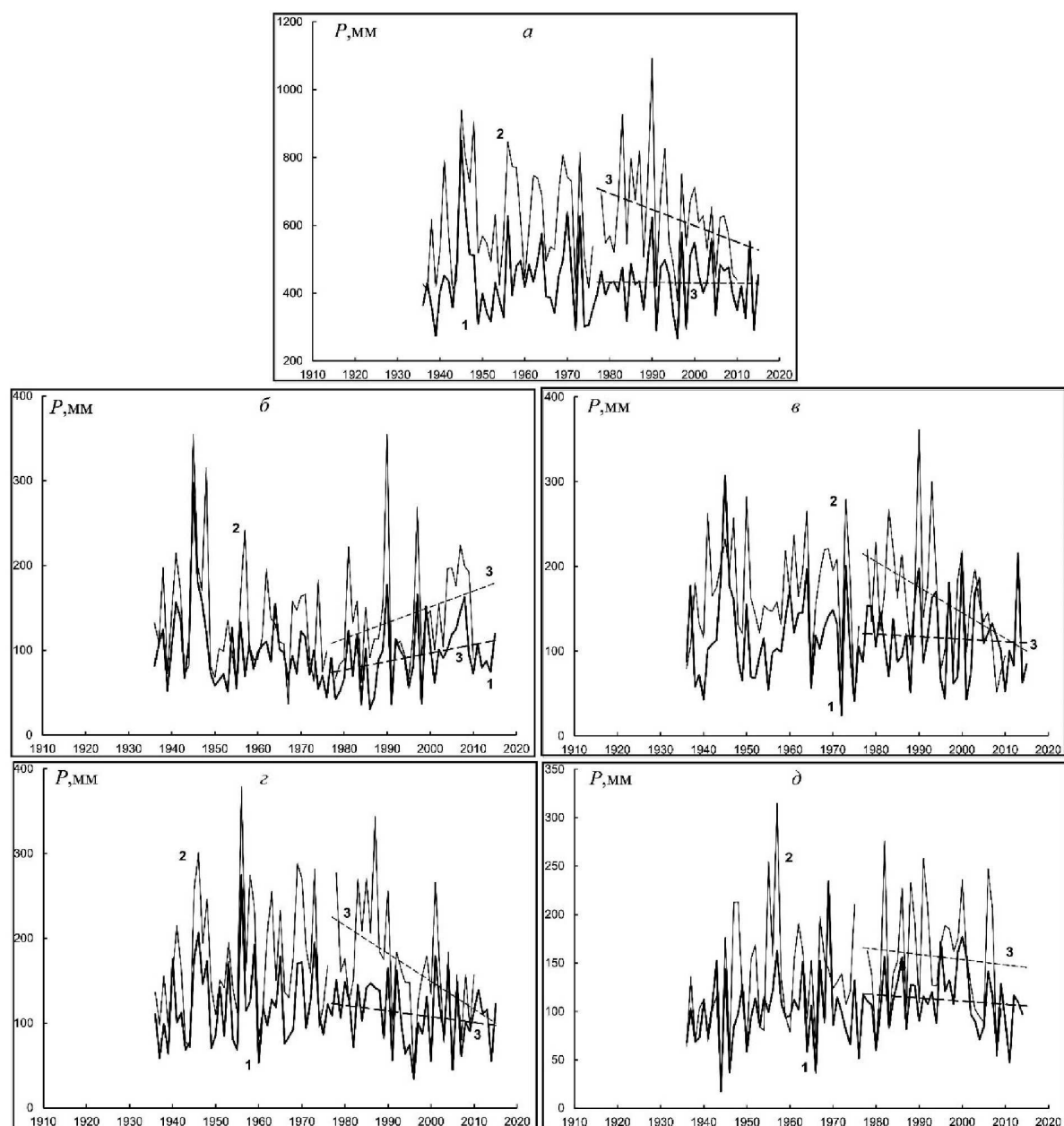


Рисунок 5 – Многолетние изменения годовой (а), за весенний (б), летний (в), осенний (z) и зимний (д) сезоны сумм осадков на метеостанциях Оренбург (1) и Зилаир (2) с линейными трендами (3)

В итоге на м/с Верхнеуральск отклонения сумм осадков в 1978–1994 и 1995–2010 гг. составили соответственно:

- 8,9 и –33,3 мм (Год), 0,1 и 15,3 (Весна), 8,8 и –39,3 (Лето), –1 и –6,3 (Осень), 0,5 и 0,3 мм (Зима);
- в Оренбурге – минус 0,5 и –8,3, –5 и 17,7, 5,4 и –10,5, –4,1 и –25,7, 2,5 и 11,4 мм;
- на Зилаир – 22,9 и –88,3, –3,6 и 24,2, 11 и –55,5, 0,5 и –68,3, 12,2 и 4,8 мм.

Другим важным следствием изменения слоя осадков стало снижение его коэффициента вариации.

## **2.2. Хозяйственная деятельность и аспекты ее влияния на водные ресурсы**

Водохозяйственные мероприятия, повлиявшие на сток и режим р. Урал, включали создание в бассейне многочисленных прудов и водохранилищ, позволявших регулировать речной сток, формировать запасы пресных вод и выполнять ряд других важных функций, а также сооружение многочисленных водозаборных и водосбросных сооружений, каналов и обширной мелиоративной сети. Помимо мер прямого воздействия, на сток и водный режим реки заметное, но опосредованное влияние оказало антропогенное преобразование поверхности бассейна, влекущее изменение условий стокоформирования на его склонах и поступления дождевых, снеготалых и подземных вод в речную сеть.

К концу 1980-х гг. на р. Урал и его притоках функционировало свыше 90 малых, среднего размера и больших водохранилищ общей площадью и объемом 671 км<sup>2</sup> и 4,5 км<sup>3</sup> [39]. В настоящее время в бассейне 18 крупных и средних водохранилищ [13]. Существенно больше в бассейне прудов [2, 12, 13]. По оценкам Института степи УрО РАН – их не менее 3100. Самое крупное из водохранилищ – Ириклинское на главной реке (рис. 1). Оно расположено в Оренбургской области, на расстоянии 1810 км от моря; наполнялось с апреля 1958 г. по май 1966 г., осуществляет сезонное и многолетнее регулирование стока. Его площадь при нормальном подпорном уровне 260 км<sup>2</sup>. Из них 254 км<sup>2</sup> – это затопленные земли. Полный и полезный объемы соответственно 3,26 и 2,76 км<sup>3</sup>.

На порядок меньше по размеру Верхнеуральское и Магнитогорское водохранилища [39]. Они также на р. Урал. Плотина Верхнеуральского водохранилища находится в 2324 км от моря. Оно наполнялось в 1964–1966 г., осуществляет сезонно-многолетнее регулирование стока, имеет площадь 75,5 км<sup>2</sup>, полный и полезный объемы 601 и 569 млн м<sup>3</sup>. Магнитогорское водохранилище расположено в 2277 км, создано в 1939 г., предназначено для суточного регулирования, имеет площадь, полный и полезный объемы в 31,6 км<sup>2</sup>, 174–189 и 32 млн м<sup>3</sup>. К большим водохранилищам также относят Актюбинское (с 1980, или с 1988 г.?) на р. Илек объемом ~245 млн м<sup>3</sup>, площадью 35,7 км<sup>2</sup>, Каргалинское (с 1975 г.) на р. Каргала объемом ~280 млн м<sup>3</sup>, площадью 28,5 км<sup>2</sup>. Канал Кушум питает Кировское (39,1 км<sup>2</sup> и 62 млн м<sup>3</sup>), Битикское (53 км<sup>2</sup> и 107 млн м<sup>3</sup>) и Донгелекское (31,4 км<sup>2</sup> и 57,4 млн м<sup>3</sup>) водохранилища [17].

Согласно «Схеме комплексного использования и охраны водных объектов в российской части бассейна р. Урал» (2010–2011 г.и.), или СКИОВО, к 2020-м гг. планируется строительство новых водохранилищ, реконструкция существующих и рост объемов аккумулируемых в водохранилищах речных вод на 0,8–0,9 км<sup>3</sup>. В 2005 и 2010 гг. в бассейне р.Сакмары уже построены Сакмарское (5,8 км<sup>2</sup> и 30,6 млн м<sup>3</sup>) и Аскардовское (6,3 км<sup>2</sup> и 32 млн м<sup>3</sup>) водохранилища. Это вместе с возросшим водопотреблением в бассейне способно перевести Сакмару в разряд рек с нарушенным водным режимом [6, 40].

Появление водохранилищ сопровождалось, во-первых, единовременным и безвозвратным забором вод на заполнение мертвого объема (~0,8 км<sup>3</sup>), водонасыщение ложа – от ~0,02 км<sup>3</sup> [41] до 0,4 км<sup>3</sup> [42]. Во-вторых, с водохранилищ и подтопленных земель ежегодно дополнительно испаряется от 0,12 до 0,2 км<sup>3</sup> воды в год [43, 4]. Общее же испарение объективно выше – от ~0,26 км<sup>3</sup>/год на уровень 1975 г. [42] до ~0,45 км<sup>3</sup>/год, по приближенным оценкам авторов. В-третьих, регулирование максимального стока водохранилищами способствует ежегодному сокращению водопотерь в нижнем бьефе в раз- мере от 0,4 [42] до 0,14 км<sup>3</sup>/год [44]. Таким образом, негативное влияние водохранилищ



на водные ресурсы р. Урал в действительности не так велико, как принято думать. Чего нельзя сказать о водопотреблении. Однако водохранилища и многочисленные пруды значимо влияют на сток конкретных лет и отдельные элементы внутригодового режима реки. К сожалению, роль прудов в таком контексте достоверно количественно не оценена.

Заметный рост водопотребления в бассейне Урала произошел во второй половине 1950-х и в 1960-х гг. (рис. 6). Он объясняется заполнением Ириклинского и Верхнеуральского водохранилищ; ростом забора свежей воды Магнитогорским, Гайско-Ириклинским, Орско-Новотроицким, Медногорским и Оренбургским промышленными узлами; освоением целинных земель (в первую очередь, в 1954–1960 гг.) и сопровождавшим его увеличением объемов лиманного и регулярного орошения, забора воды в Кушумский канал (начиная с 1956 г.) (рис. 7), появлением новых и расширением существовавших населенных пунктов [45, 30]. В 1985–1990 гг. суммарный водозабор, водоотведение и безвозвратное водопотребление в бассейне Урала достигли максимальных величин в 4,69, 2,31 и 2,38 км<sup>3</sup>/год [4]. Больше всего забранной воды расходовалось на производственные нужды (58,6 %) и орошение (25,5 %). Причем соотношение между этими отраслями в российском и казахском секторах бассейна было буквально противоположным, поскольку больше всего орошаемых земель было в Казахской ССР (260 тыс. против 100 тыс. га), а промышленных предприятий и электростанций в РСФСР. На сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение, коммунально-бытовые нужды уходило соответственно 8,3 и 7,5 %.

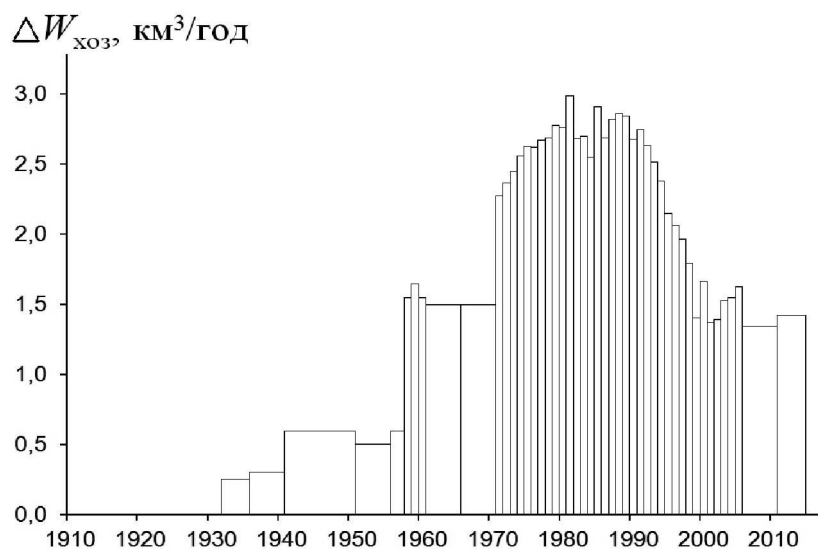


Рисунок 6 – Многолетний ход объемов антропогенного сокращения стока р. Урал до 1970 г. данные из [31]; с 1971 г. – из [22, 28] с добавлениями авторов

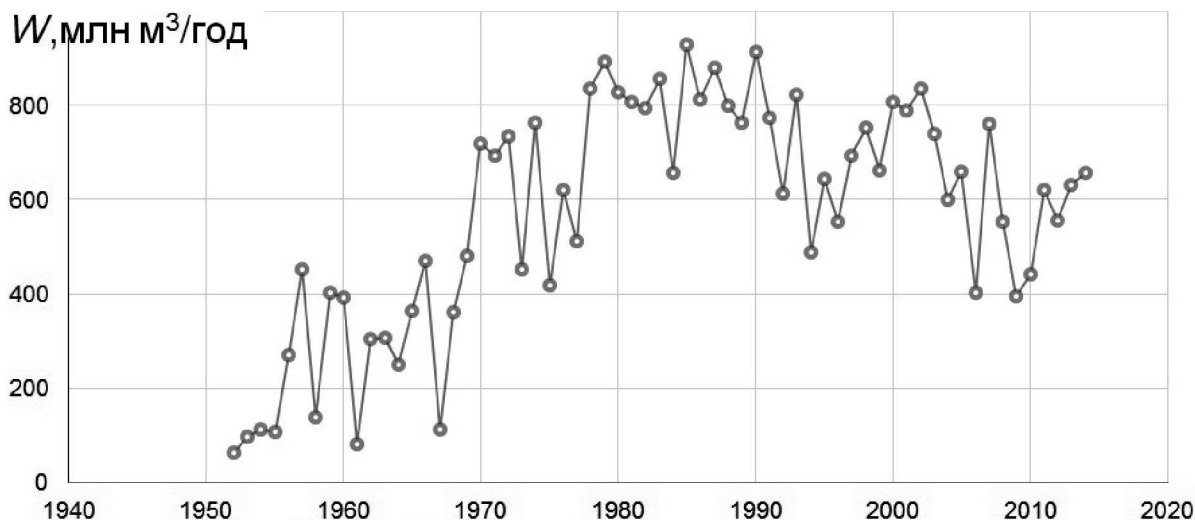


Рисунок 7 – Многолетние изменения объема поступающих в канал Кушум речных вод

В 1990-х гг. полное и безвозвратное водопотребление начало снижаться и в 1999–2007 гг. составило 2,91 и 1,11 км<sup>3</sup>/год [27, 28]. В российской части бассейна водозабор сократился с 2,8–2,9 до 2,0–2,1 км<sup>3</sup>/год, в казахстанской – с 1,7 до 0,7–0,9 км<sup>3</sup>/год [4, 27, 28]. В современный период в Казахстане 44 % забранной воды используется на регулярное и лиманное орошение (его площади сократились [27, 13]), 41 % на нужды прудового и рыбного хозяйства, 7 % для водоснабжения промышленности и теплоэнергетики [27, 28]. В российской части – 85 % на производственные нужды, 12 % на хозяйственно-питьевые, 2 % на орошение. Крупнейшим водопотребителем в бассейне была и остается Ириклинская ГРЭС (~1,65–1,75 км<sup>3</sup>). Более подробно о структуре водопотребления в бассейне сказано в СКИОВО и в работе [13]. Водопотребление в бассейне, по крайней мере, в его российской части и на промышленные нужды, в последние годы растет [3, 4].

В целом, дополнительное испарение и безвозвратное водопотребление уменьшили годовой сток реки примерно на 2,44 км<sup>3</sup>/год в 1985–1990 гг. (или ~16,5–17,5 % условно-естественного стока в эти годы) и на 1,43 км<sup>3</sup>/год в 1999–2013 гг. (~12–13 %) (рис. 6). Согласно СКИОВО, объемы водопотребления к 2020 г. планируется увеличить в российской части бассейна примерно на 10 %, по сравнению с уровнем 2010 г.

Антропогенное преобразование поверхности водосбора реки – третья группа факторов, оказывающих воздействие на сток, хотя и косвенным образом. В отношении Урала этот вопрос исследован недостаточно; неизвестно начало периода со статистически значимой величиной этого воздействия, хотя некоторые специалисты относят его к началу – середине 1950-х гг. В то же время, еще в 1767 г. в статье «О сбережениях и размножении лесов» П.И. Рычков писал о пагубном воздействии лесных вырубок на сток и уровни Урала [6, стр. 75]. В [30, 31] влияние агротехнических мероприятий на годовой сток Урала (его уменьшение в 1956–1972 гг.) оценено в створах с. Кушум и с. Тополи в 0,57 км<sup>3</sup>/год. В многоводные годы эта величина снижалась в 2 раза; к 2000 г. прогнозировалось ее удвоение. Современные исследования по этому вопросу, к сожалению, новых оценок не приводят.

Таким образом, хозяйственная деятельность начала заметно влиять на общий сток Урала примерно с середины 1950-х гг., на водный режим – с 1958 г., достигнув максимальных показателей с 1973 г. по первую половину 1990-х гг. Это подтверждают и данные анализа многолетнего хода стока и уровней воды на всем протяжении Урала и в низовьях его притоков. В последние 15–20 лет антропогенное воздействие относительно установившееся, но меньшее по величине.

### 3. Водные ресурсы р.Урал и их многолетние изменения

#### 3.1. Водные ресурсы Нижнего Урала

Бассейн Урала можно разделить на области формирования и преобладающих потерь речного стока на испарение, питание подземных вод, обводнение бывших рукавов (староречий), водоемов, «сухих депрессий» и просто степных земель. Если брать в расчет географию и характер водохозяйственной деятельности, область расходования стока составляют районы с разным уровнем интенсивности данного процесса. Она дополнительно включает некоторые территории области формирования стока, протянувшиеся вдоль р. Урал и отдельных ее притоков. Через главную реку условная граница между двумя зонами проходит ниже устья р. Барбастау (775-й км). К югу река Урал практически не имеет боковой приточности, и ее сток постепенно уменьшается, в том числе под влиянием водохозяйственных мероприятий.

Согласно новым расчетам, фактический ( $W_{ф}$ ) и условно-естественный ( $W_{ye}$ ) годовой сток воды р. Урал в начале бесприточного участка за более чем столетний период (1913–2014 гг.) равен 10,1 и ~11,1 км<sup>3</sup>/год. Из них ~95 % поступает с территории России. Эти величины согласуются с оценками других специалистов с учетом их адаптации к тем периодам, для которых они были ими получены [46, 30]. К опорному посту в с. Кушум фактический сток р. Урал снижается на 4 %, главным образом за счет отбора в Кушумский канал (рис. 7). В 1970–2014 гг., в период относительной стабилизации объемов забираемой в канал воды,  $W_{Куш.кан}$  составлял 0,7 км<sup>3</sup>/год. К замыкающим створам Тополи и

Махамбет, посту Атырау  $W_{\phi}$  уменьшается на 11,2 % (до 8,97 км<sup>3</sup>/год), 15,6 % (8,52 км<sup>3</sup>/год) и 19,5 % (8,13 км<sup>3</sup>/год), но в отдельные годы может снижаться на 20–30, 30–40 и 40–45 %. О структуре этих потерь можно судить лишь по данным за 1981–1985 гг. [23]: примерно 27 % расходовалось на испарение (за вычетом осадков), 69,5 % – безвозвратный водозабор (на тот момент 50–80 водозаборными сооружениями) и отток в староречья, 3,5 % – остальное, включая невязку руслового водного баланса. Больше всего поступало в канал, бывший рукав, Баксай (~0,092 км<sup>3</sup>/год в 1981–1985 гг.). До его канализации сток в нем напрямую зависел от  $Q$  в Урале:  $Q_{\text{Баксай}} = 0,0089$ ,  $Q_{\text{Кушум}} = 0,93$  ( $r = 0,94$ ). Потери на обводнение каналов и староречий могут быть очень большими. По О.К. Тленбекову [47], лишь на участке Тополи–Атырау в сохранившиеся рукава (староречья) Новобагатинской дельты могло уходить около 0,473 км<sup>3</sup>/год. Часть испарения происходит с пойменных озер, которые к следующей весне практически полностью исчезают. Согласно экспедиционным данным Уралгосрыба и КазНИИРХа на уровень 1960-х гг., объем этих озер на участке Тополи–Атырау достигал ~0,14 км<sup>3</sup>.

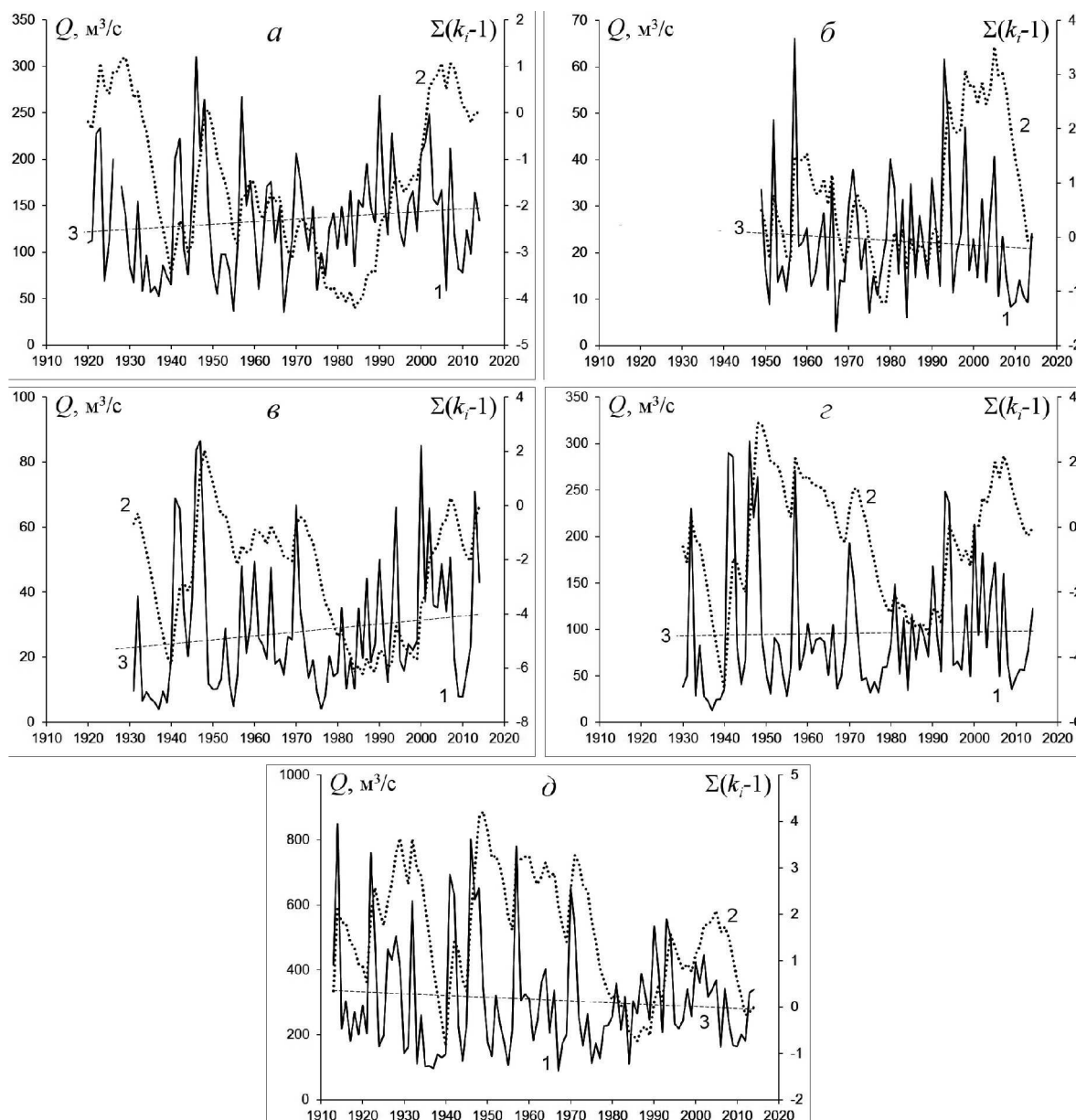
Ниже г/п Атырау начинается дельта Урала, в которой, согласно водно-балансовому мониторингу и расчетам, расходуется от 0,54 [25] до 0,40 км<sup>3</sup> воды в год [26]. Забор воды в дельте не превышает 0,1 км<sup>3</sup>/год. В итоге, в море фактически поступает ( $W_{\phi}$ ) 7,73 км<sup>3</sup>/год (или 76,5 % первоначальной величины стока р. Урал), а  $W_{ye} \approx 9,0$  км<sup>3</sup>/год (81,1 %). В [43]  $W_{\phi}$  и  $W_{ye}$  в Атырау оценены за 1915–1980 гг. в 7,8 и 10,1 км<sup>3</sup>/год, осадки в бассейне в 95 км<sup>3</sup>/год, коэффициент естественного стока в 0,11, доля подземного питания реки в 19 %. В [38] пересчитанное  $W_{ye}$  принято равным 8,87 км<sup>3</sup>/год.

В естественных условиях потери стока в низовьях были меньше, чем в период максимальной антропогенной нагрузки [20]. Так, в 1913–1957 гг.  $W_{\phi}$  и  $W_{ye}$  выше канала Кушум оценены авторами в 10,5 и 10,65 км<sup>3</sup>/год, на морском крае дельты – в 8,52 и 8,9 км<sup>3</sup>/год. В 1978–2014 гг. это уже соответственно 10,2 и 12,05 км<sup>3</sup>/год, 7,51 и 9,5 км<sup>3</sup>/год. Второй важный вывод – с территории России в Казахстан в третий (современный) период (см. п. 3.2) поступает столько же речных вод, сколько бы поступало в естественных условиях (до 1957 г.), несмотря на водопотребление в российской части бассейна. Об этом свидетельствуют и величины восстановленного стока на постах Уральск и Кушум (за 1913–1957 гг.), и показатели стока на неохваченных масштабной водохозяйственной деятельностью участках бассейна и реках (за 1930–1957 гг.). Причина – благоприятные условия увлажнения в бассейне до середины XXI в. В последние годы повышенная водность рек вновь восстанавливается. Основные потери, в том числе антропогенного генезиса, происходят именно в нижнем течении Урала, т.е. на территории Казахстана.

### 3.2. Многолетние изменения годового стока р. Урал и его притоков

Водные ресурсы рек в бассейне Урала и самой главной реки претерпели заметные климатические, а в зоне масштабной водохозяйственной деятельности антропогенные изменения. В 1930-х и 2000-х гг., но особенно в конце 1950-х гг. и во второй половине 1970-х гг. обнаружено изменение характера многолетних колебаний стока (рис. 8; табл. 1, 2). По результатам причинно-следственного, статистического и графического анализа этих колебаний и обоснования соответствующих «переломных» точек авторами выделено три характерных многолетних периода: 1) с условно-естественными условиями формирования и транзита речного стока практически у всех рек бассейна (до 1957 г. включительно); 2) нарастания водохозяйственной нагрузки регулирование стока среднего и нижнего Урала Ириклинским водохранилищем, но с относительно мало изменившимися в бассейне климатическими условиями (1958–1977 гг.); 3) максимальной водохозяйственной нагрузки и значимых климатических изменений в бассейне, начиная с 1978 г. Третий период, в свою очередь, можно разделить на 2 подпериода – до середины 1990-х гг. (примерно 1994 г. включительно) и после. В последний подпериод масштабы водохозяйственной деятельности явно уменьшились, тогда как климатические изменения усилились. Похожее деление, но с другими хронологическими границами между 2-м и 3-м периодами (переломный выбран 1991 г.), приводится в [18]. Близкое авторам деление на периоды дано в [46].

В естественных условиях многолетние колебания годового стока р. Урала и его притоков отличала колоссальная межгодовая изменчивость, по сути, одна из самых больших среди крупных рек (рис. 8). Коэффициент вариации ( $C_v$ ) среднегодовых расходов воды ( $Q_{cp}$ ) на постах Каргала, Кизильское, Оренбург и Кушум составлял тогда 0,57, 1,18, 1,07 и 0,69 (табл. 2); превышение наибольшего  $Q_{cp}$  над наименьшим ( $d$ ) – 8,5, 22,2, 24 и 8,4 раз (табл. 1). Это сам по себе фактор неустойчивого водопользования, заставляющий создавать водохранилища и пруды, осуществлять многолетнее регулирование стока и другие мероприятия.



**Рисунок 8 – Многолетние изменения годового стока рр. Сакмара (а, г/п Каргала), Илек (б, г/п Веселый №1), Урал (в, г/п Кизильское; г, г/п Оренбург; д, г/п Кушум):**  
 1 – график среднегодовых расходов воды; 2 – разностная интегральная кривая; 3 – линейный тренд

С переходом к периодам нарастания (1958–1977 гг.) и максимальной (с 1978 г.) водохозяйственной нагрузки произошло статистически значимое (по  $F$ -test) уменьшение межгодовой изменчивости стока (табл. 1, 2). Оно зафиксировано повсеместно, включая притоки и верховья с условно-естественным режимом; а также при переходе как к первому, так и ко второму периодам. Поэтому его причиной нельзя считать только антропогенный фактор, как полагает ряд специалистов [17]. В 1978–2014 гг.  $C_v$  уменьшился в 1,8–2 раза, соответственно до значений 0,32, 0,65, 0,57 и 0,35, а  $d$  – до 4,6, 11, 7,3 и 5.

Таблица 1 – Характеристики стока рек в бассейне р. Урал в разные периоды

Водоток, створ, площадь бассейна (км <sup>2</sup> )	Период	Распределение годового стока по гидрологическим сезонам*: в км <sup>3</sup> (в скобках в % годового объема)			Объем стока, км <sup>3</sup> /год	Наиб. Q <sub>сп. год</sub> Наим. Q <sub>сп. год</sub>	Средний максим. за год Q, м <sup>3</sup> /с	Средний миним. зимний Q, м <sup>3</sup> /с	Средний миним. ЛО Q, м <sup>3</sup> /с
		весна (IV–VI)	лето-осень (VII–XI)	зима (XII–III)					
р. Урал, с. Кизильское, 17200	1931–1957	0,66 (78,8)	0,16 (18,8)	0,02 (2,4)	0,84	22,2	671	0,94	4,53
	1958–1977	0,53 (67,4)	0,20 (25,8)	0,05 (6,8)	0,79	16,4	332	2,29	5,78
	1978–2014	0,64 (65,5)	0,25 (25,4)	0,09 (9,1)	0,98	11,0	406	4,95	7,38
	1930–1957	2,69 (82,9)	0,42 (12,8)	0,14 (4,3)	3,25	24,0	2180	7,93	26,1
р. Урал, г. Оренбург, 82300	1958–1977	1,53 (62,6)	0,51 (20,7)	0,41 (16,7)	2,45	6,1	696	19,8	28,6
	1978–2014	2,11 (66,6)	0,56 (17,7)	0,50 (15,7)	3,17	7,3	845	23,3	31,3
р. Урал, с. Кушум, 190000	1930–1957	7,46 (78,3)	1,55 (16,2)	0,53 (5,5)	9,54	8,4	3170	34,9	82,9
	1958–1977	6,02 (70,45)	1,66 (19,4)	0,87 (10,2)	8,55	7,4	2080	60,8	95,6
	1978–2014	6,16 (64,8)	2,16 (22,7)	1,19 (12,5)	9,50	5,0	1530	86,0	117
р. Сакмара, с. Каргала, 29600	1930–1957	2,98 (78,7)	0,54 (14,4)	0,26 (6,9)	3,78	8,5	1490	14,8	26,9
	1958–1977	2,85 (74,1)	0,65 (16,8)	0,35 (9,1)	3,85	5,8	1310	20,2	31,2
	1978–2014	3,47 (74,2)	0,75 (16,1)	0,45 (9,7)	4,70	4,6	1550	27,8	37,9
р. Орь, с. Истемес, 13000	1958–1977	0,181 (85,7)	0,009 (4,3)	0,021 (10)	0,21	25,5	255	0,14	0,49
	1978–2014	0,164 (91,1)	0,004 (2,4)	0,012 (6,5)	0,18	142	153	0,15	0,21
р. Илек, п. Веселый 1, 17200	1958–1977	0,50 (79,7)	0,05 (8,1)	0,08 (12,2)	0,63	12,4	543	0,24	2,56
	1978–2014	0,51 (70,4)	0,14 (18,8)	0,08 (10,8)	0,73	10,1	415	2,69	7,35

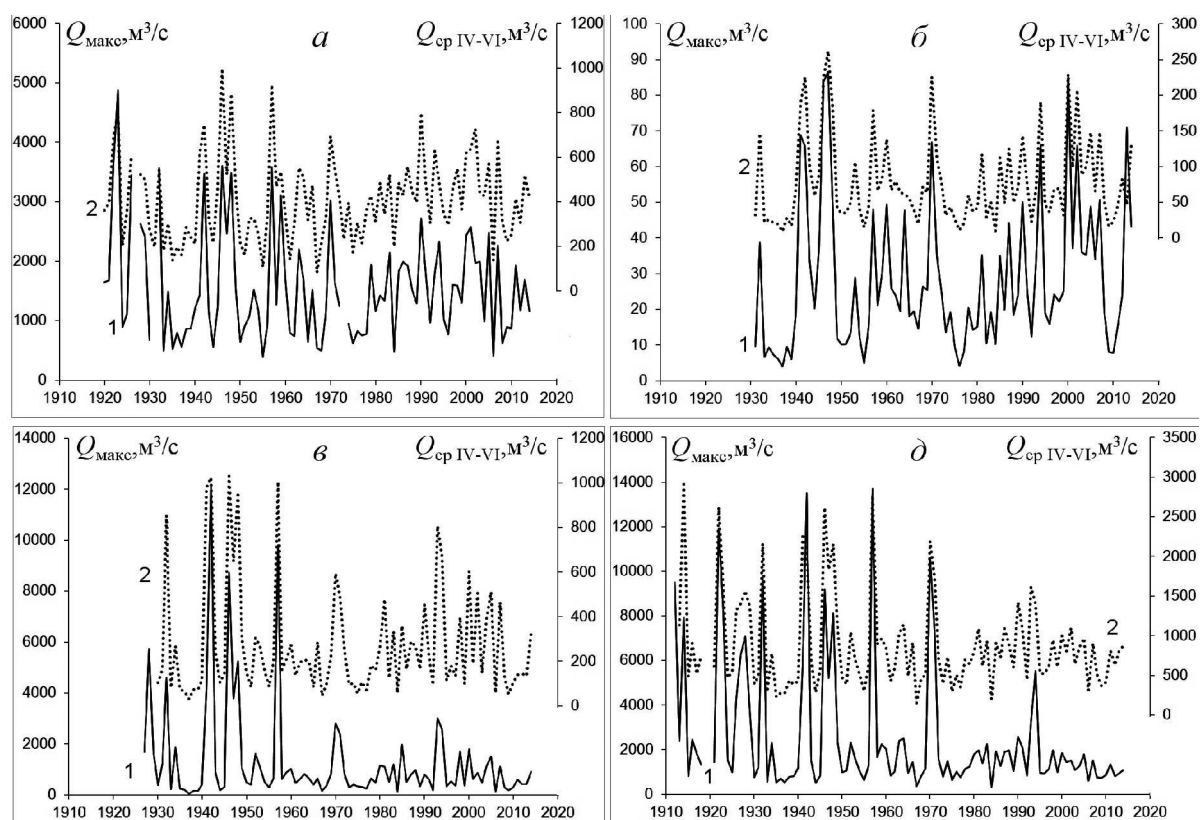
\*с дискретностью в 1 месяц

Таблица 2 – Параметры кривых обеспеченностей характеристик стока воды

Характеристика стока	Период	Среднее расчит./ принятое	C <sub>v</sub> расчит./ принятое	r (1); C <sub>q</sub> /C <sub>v</sub>	Значения расходов воды обеспеченности:									
					1	5	10	20	50	70	90	95	99	
Q <sub>ср</sub> , м <sup>3</sup> /с	г/п Кизильское													
	1931–1957	26,6/26,6 (37)	0,94/1,18	0,84; 2,3П	149	89,4	64,1	41,0	14,7	7,62	3,90	3,51	3,35	
	1978–2014	31,0/31,0 (12)	0,61/0,65 (11)	0,23; 2,3П	97,2	70,0	57,6	44,8	26,2	18,1	10,5	8,08	5,49	
Q <sub>ср</sub> , м <sup>3</sup> /с	г/п Оренбург													
	1930–1957	103/103 (26)	1,07/1,07 (24)	0,47; 2,2П	518	324	242	162	65,0	34,0	14,2	11,0	9,4	
	1978–2014	100/100 (9,5)	0,56/0,57 (14)	0,05; 2,6П	288	211	176	140	87,4	64,0	42,4	35,4	28,0	
Q <sub>ср</sub> , м <sup>3</sup> /с	г/п Кушум													
	1913–1957	330/330 (13)	0,68/0,69 (10)	0,31; 2,5П	1100	771	625	477	271	187	114	92,4	73,2	
	1978–2014	301/301 (6,8)	0,35/0,35 (14)	0,22; 1,8П	594	492	442	385	290	238	174	149	104	
Q <sub>макс</sub> , м <sup>3</sup> /с	г/п Махамбет (Тополи)													
	1958–2014	290/290 (7,1)	0,41/0,41 (7,3)	0,29; 2,2КМВ	643	511	450	381	273	219	154	129	90	
	1912–1957	3645/3530	1,05/1,24	0,13; 2,3КМВ	20550	12000	8580	5490	1910	–	–	–	–	
	1978–2014	3645/3645 (17)	1,05/1,18 (14,4)	0,13; 2,3П	20500	12200	8770	5610	2010	1050	490	470	470	
		1520/1415	0,64/0,66	0,17; 5КМВ	5170	3180	2560	1920	1160	–	–	–	–	
Q <sub>ср</sub> , м <sup>3</sup> /с	г/п Каргала													
	1913–1957	300/300 (12)	0,61/0,61 (13)	0,35; 2,5П	909	658	543	426	256	183	116	94,2	72,3	
	1978–2014	258/258 (7,5)	0,37/0,37 (13,5)	0,28; 1,5П	519	430	386	336	250	202	143	118	75,2	
Q <sub>макс</sub> , м <sup>3</sup> /с	г/п Каргала													
	1912–1957	2210/2170	0,89/1,01	0,18; 2,1КМВ	10100	6490	4940	3430	1455	–	–	–	–	
	1978–2014	2210/2210 (15)	0,89/0,96 (14,4)	0,18; 2,1П	9840	6460	4950	3490	1560	853	329	205	111	
		1030/1030 (5,7)	0,35/0,35 (11)	0,05; 1,8П	2010	1670	1500	1310	991	818	604	517	367	
Q <sub>ср</sub> , м <sup>3</sup> /с	г/п Каргала													
	1920–1957	128/128 (14,5)	0,57/0,57 (17,5)	0,51; 2,4П	361	268	225	180	113	82,4	52,7	42,7	30,8	
	1978–2014	149/149 (5,7)	0,32/0,32 (18,8)	0,13; 1,5П	275	233	212	187	145	121	90,7	77,7	55,0	
Q <sub>макс</sub> , м <sup>3</sup> /с	г/п Каргала													
	1920–2057	1740/1740 (14)	0,70/0,73 (8,2)	0,25; 2,2П	6040	4240	3430	2600	1420	928	486	348	222	
	1978–2014	1545/1545 (6,7)	0,40/0,40 (12,5)	0,05; 0,25П	3030	2580	2340	2060	1540	1210	760	549	150	

<sup>1</sup> в скобках даны относительные ошибки расчета (в %);  
 КМ – распределение Крицкого-Менкеля;  
 КМВ – усеченное распределение Крицкого-Менкеля;  
 П – распределение Пирсона III типа

Снижение  $C_v$ , за редким исключением, зафиксировано и у остальных характеристик стока – у максимальных за год расходов воды ( $Q_{\text{макс}}$ ) и объема стока половодья, минимальных расходов летне-осенней ( $Q_{\text{минЛО}}$ ) и зимней ( $Q_{\text{минЗ}}$ ) межени, объема стока за летне-осеннюю и зимнюю межени (табл. 2; рис. 9–10).

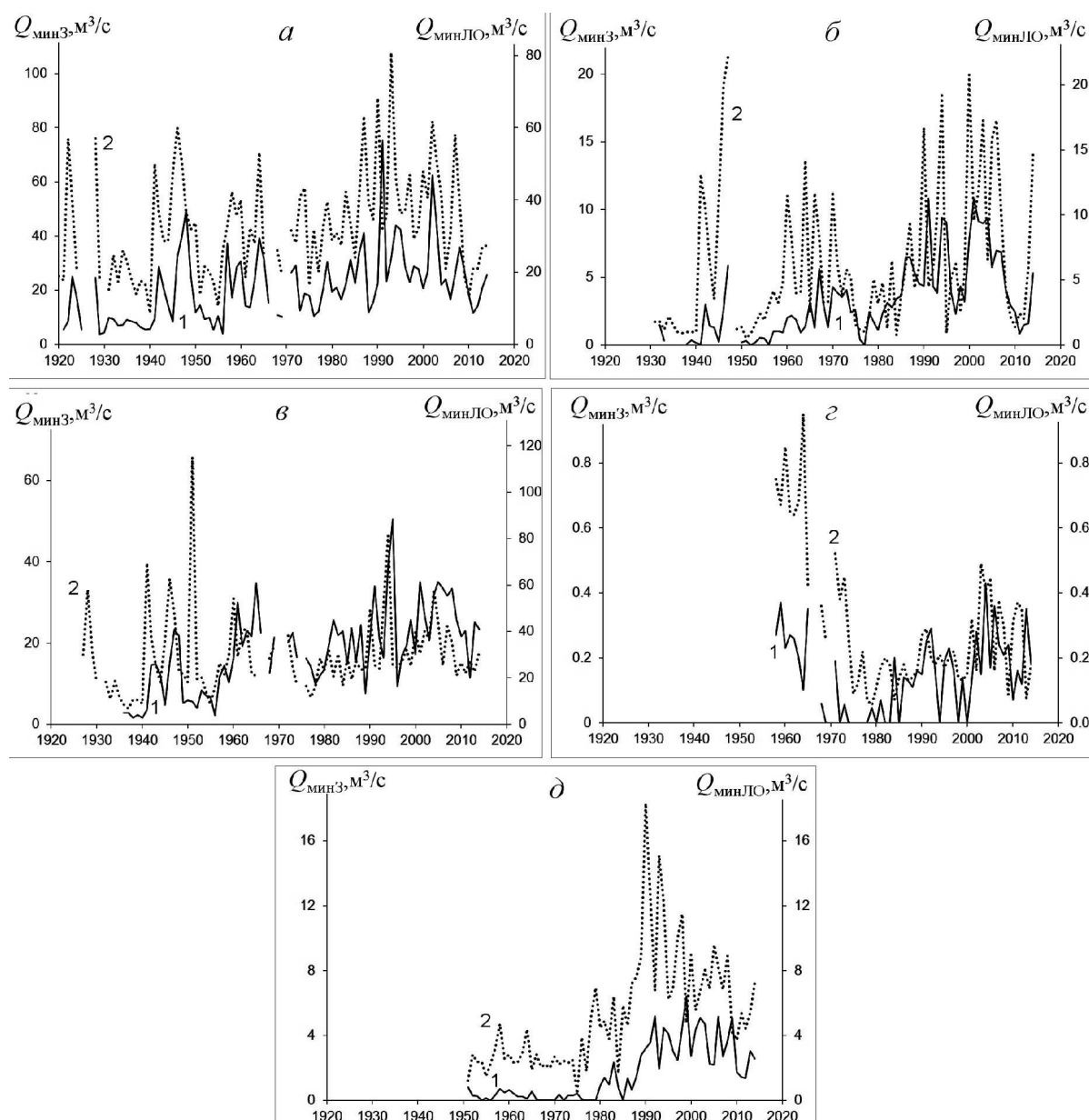


**Рисунок 9 – Многолетние изменения максимальных за год (1) и средних за месяцы весеннего половодья (2; IV–VI) расходов воды в р. Сакмара (а) и р. Урал (б–д)**  
Посты: а – Каргала, б – Кизильское, в – Оренбург; г – Кушум.

Последовало изменение самой величины годового стока, других числовых характеристик. На зарегулированных участках Урала, на постах, замыкающих территории с масштабной водохозяйственной деятельностью, самым маловодным периодом был 1958–1977 гг. (рис. 8, табл. 1). Но в 1978–2014 гг., несмотря на нарастание объемов водопотребления в бассейне (рис. 6) и потерь на испарение, водность Урала увеличилась вследствие улучшения условий увлажнения в бассейне. Рост обеспечили положительные тенденции в многолетнем ходе всех сезонных составляющих годового стока (табл. 1; рис. 9–10).

Похожая ситуация наблюдалась на Сакмаре, исключая 1958–1977 гг., водность которых была даже выше, чем до 1957 г. Кроме того, в 1930–1957 гг. многолетний ход ее среднегодовых расходов воды аппроксимируется не только положительным, как у других рек, но и статистически значимым трендом. Причина отличий – отсутствие масштабной водохозяйственной деятельности на водосборе притока. На равнинных и степных реках левобережной части бассейна рост в третий период если и был, то совсем незначительный. Стационарность рядов по среднему (согласно  $t$ -test) не нарушена, чего нельзя сказать о  $Q_{\text{макс}}$  в среднем и нижнем течении Урала, причем как с переходом во второй, так и в третий периоды; о  $Q_{\text{минЗ}}$  и  $W_3$  на многих постах, включая слабо освоенные реки и, главным образом, с наступлением третьего периода. Об остальных изменениях в сезонном стоке будет сказано в п. 4.

На сток и водный режим р. Илек существенно повлияла эксплуатация Каргалинского и Актюбинского водохранилищ, что подтверждают и выводы в [17].



**Рисунок 10 – Многолетние изменения минимальных за зимнюю (1) и летне-осеннюю (2) межени расходов воды в рр. Сакмара (а, г/п Каргала), Урал (б, г/п Кизильское; в, г/п Оренбург), Ор' (г, г/п Истемес) и Илек (д, г/п Веселый № 1)**

Погрешности выборочных оценок параметров распределения годового стока не всегда укладываются в требуемые пределы (<10 %) (табл. 2). Одна из причин – короткие ряды в границах характерных выделенных периодов. Другие – высокая изменчивость и скоррелированность стока. Что можно сделать для снижения случайных ошибок, поиска оптимальных аналитических кривых обеспеченностей? Либо продлить ряды, приведя наблюдаемый сток к естественным значениям (прибегнув к статистическим, или водно-балансовым методам). Либо дополнительно привлечь значения за другие периоды, если нарушения стационарности по дисперсии и среднему не было. Например, для большинства рассматриваемых постов, за исключением р.Илек, можно объединить 2-й и 3-й периоды. Критериально их средние и дисперсии значимо (на уровне 5 %) не различаются. Такие расчеты авторами выполнены. В отношении 1-го периода спасением служит лишь продление рядов.

Колебания среднегодовых расходов воды имеют циклический характер, что показательно иллюстрируют РИК (рис. 8). Продолжительность циклов на нижнем Урале составила за 1913–2014 гг. 4,9 лет, далее следуют 11,3, 14,6, 7,3 и 6 лет. Также выделяются периоды продолжительностью 8,5, 4,6, 20,4 и 25,5 лет. На посту Кушум с 1970-х гг.



сменилось 5 временных отрезка разной водности: повышенной (1987–1994 гг. с  $K_{cp} = 1,29$  и 2000–2005 гг. с  $K_{cp} = 1,22$ ), включая 2013 и 2014 гг., и пониженной водности (1972–1986 гг. с  $K_{cp} = 0,73$ , 1995–1999 гг. с  $K_{cp} = 0,84$  и 2006–2012 гг. с  $K_{cp} = 0,68$ ). Для верховьев и притоков Урала (в пределах Челябинской обл.) этот вопрос, в том числе в отношении сезонного стока, подробно исследован Бубиным М.Н. [10].

#### 4. Изменения водного режима рек бассейна Урала

##### 4.1. Сток половодья

По типу водного режима реки бассейна р. Урал относят к Казахстанскому типу [2, 12]. Лишь горные реки в северной лесной части бассейна имеют Восточно-Европейский тип. Реки отличает крайняя неравномерность распределения стока в течение года, что служит одним из аргументов необходимости строительства прудов и водохранилищ. Основная фаза водного режима – весеннее половодье. Во время него в естественных условиях проходило 75–85 % годового стока (табл. 1) и  $Q_{макс}$ . Между параметрами половодья и годовым стоком существовали довольно тесные связи вида  $W_{п} = f(Q_{макс})$  и  $W_{зод} = f(W_{п})$ , упрощающие задачи их расчета и своего рода прогноза, в том числе соответствующих заданным обеспеченностям.

На г/п Кушум до 1958 г. их можно аналитически описать уравнениями:

$$W_{зод} = 1,07 \times W_{п} + 1,05 \quad (R_2 = 0,99);$$

$$W_{п} = -1,2 \times 10^{-7} \times Q_{2макс} + 0,003 \times Q_{макс} + 1,1 \quad (R_2 = 0,93);$$

на г/п Тополи:

$$W_{зод} = 1,13 \times W_{п} + 0,81 \quad (R_2 = 0,99);$$

$$W_{п} = -4,8 \times 10^{-7} \times Q_{2макс} + 0,006 \times Q_{макс} - 0,86 \quad (R_2 = 0,98).$$

Характерно, что кривая зависимости  $W_{п} = f(Q_{макс})$  на г/п Тополи расположена выше аналогичной кривой на г/п Кушум, что свидетельствует о распластывании волны половодья и значительном снижении ее высоты между этими постами. Зависимости же  $W_{зод} = f(W_{п})$  обоих постов почти идентичны. Хорошая зависимость и между характеристиками максимального стока постах Кушум и Тополи, а также между изменением  $Q_{макс}$  на участках Кушум и Тополи (Махамбет), Тополи (Махамбет) и Атырау. Изучению последних посвящена статья [14].

С завершением условно-естественного периода параметры весеннего половодья изменились (табл. 1–3; рис. 9,11). Снизилась его доля: в пределах месяцев IV–VI – до 65–75 % (за исключением р. Орь). На постах Кушум и Махамбет (Тополи)  $W_{п}$  уменьшился соответственно на 2 и 1,1 км<sup>3</sup>, или на 23,5 и 16,7 % (табл. 3). На участках рек, испытывающих заметное техногенное воздействие, главным образом со стороны водохранилищ, уменьшились  $Q_{макс}$ , высота половодья и опасность наводнений. Границы половодья сместились на более ранние даты; изменились параметры кривых обеспеченностей  $W_{п}$  и  $Q_{макс}$ , форма гидрографа половодья (табл. 2, 3; рис. 11). Ниже Ириклинского водохранилища волна половодья на р. Урал стала мало заметной [1, 6]. Но уже после впадения Сакмары влияние водохранилища на гидрограф р. Урал частично «размывается», но полностью не исчезает, как это утверждается в [6]. Тем не менее, на посту Кушум длительность подъема половодья выросла в среднем с 25,7 сут. в 1936–1957 гг. до 39,5 сут. в 1978–2012 гг.

Вершина половодья стала более сглаженной и меньшей высоты, длительность спада уменьшилась с 84,1 до 63,9 сут. Интересно, что смещение дат начала и окончания половодья на более ранние сроки отвечает естественному отклику режима рек на климатическое потепление, тогда как, наоборот, более позднее прохождение  $Q_{макс}$  (табл. 3) – вероятно, влиянию водохранилища. Дважды  $Q_{макс}$  наблюдались в июне. Схожие выводы в [48] получены и для р. Илек, а также связь между изменениями величинами и датами  $Q_{макс}$  в целом для рек Казахстана.

Таблица 3 – Хронологические границы главных гидрологических сезонов в нижнем течении р. Урал

Характеристика	Половодье				Летне-осенняя межень			Зимняя межень			
	дата начала	дата $Q_{\text{макс}}$ окончания	дата окончания	продолжительность, сут.	объем стока, км <sup>3</sup>	продолжительность, сут.	объем стока, км <sup>3</sup>	дата начала	дата окончания	продолжительность, сут.	объем стока, км <sup>3</sup>
	г/л Кушум, 1936–1957 г.										
Средняя	6 апр.	2 мая	24 июл.	110	8,5	116	1,08	19 нояб.	6 апр.	139	0,60
Наиб. (ранняя)	15 мар.	2 апр.	19 июн.	140	22,6	156	2,46	1 нояб.	14 мар.	164	1,43
Наим. (поздняя)	17 апр.	21 мая	18 авг.	75	2,2	87	0,53	9 дек.	16 апр.	112	0,24
	г/л Кушум, 1978–2012 г.										
Средняя	29 мар.	7 мая	9 июл.	103	6,5	140	1,89	28 нояб.	28 мар.	122	1,08
Наиб. (ранняя)	1 мар.	10 апр.	25 апр.	140	13,9	210	3,49	8 нояб.	28 февр.	146	2,31
Наим. (поздняя)	12 апр.	3 июн.	8 авг.	30	0,9	105	0,98	19 дек.	11 апр.	93	0,37
	г/л Тополи, 1936–1957 г.										
Средняя	7 апр.	13 мая	29 июл.	115	6,6	119	1,12	26 нояб.	6 апр.	131	0,59
Наиб. (ранняя)	19 мар.	19 апр.	1 июл.	143	17,8	150	2,29	7 нояб.	18 мар.	156	1,34
Наим. (поздняя)	22 апр.	2 июн.	14 авг.	88	2,1	95	0,52	19 дек.	21 апр.	106	0,23
	г/л Махамбет, 1978–2014 г.										
Средняя	4 апр.	23 мая	16 июл.	104	5,5	141	1,67	4 дек.	3 апр.	120	1,02
Наиб. (ранняя)	15 мар.	20 апр.	3 мая	143	10,6	209	3,20	30 окт.	14 мар.	162	2,52
Наим. (поздняя)	17 апр.	20 июн.	12 авг.	23	0,6	93	0,13	6 янв.	16 апр.	100	0,35
	г/л Атырау, 1978–2014 г.										
Средняя	20 мар.	–	–	–	–	–	–	5 дек.	19 мар.	105	–
Наиб. (ранняя)	25 фев.	–	–	–	–	–	–	11 нояб.	24 февр.	137	–
Наим. (поздняя)	7 апр.	–	–	–	–	–	–	4 янв.	6 апр.	76	–

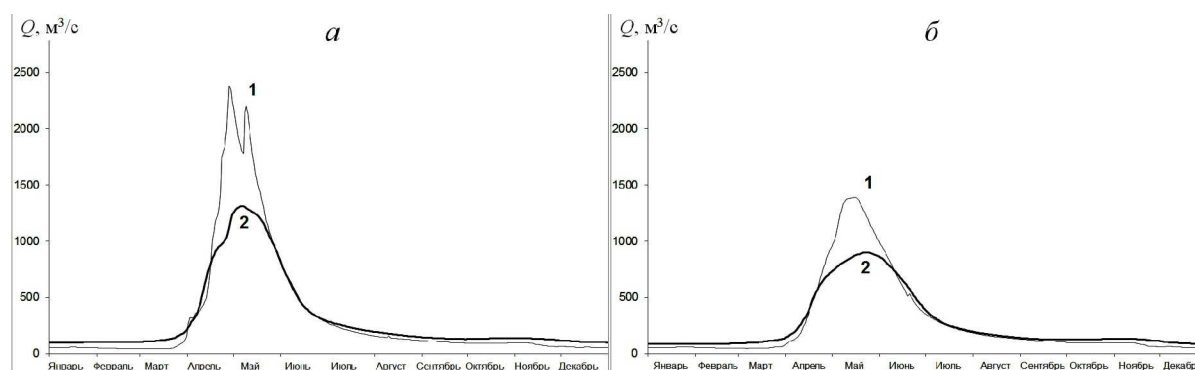


Рисунок 11 – Осредненные гидрографы р.Урала в створах постов Кушум (а) и Махамбет (б) за 1936–1957 гг. (1) и 1978–2014 гг. (2)

Поменялся характер связей между параметрами стока. Прежде всего, ухудшилась их теснота:  
на Кушуме:

$$W_{год} = 1,15 \times W_{п} + 1,95 (R_2 = 0,93);$$

$$W_{п} = -8,06 \times 10^{-7} \times Q_{2макс} + 0,0069 \times Q_{макс} - 1,55 (R_2 = 0,85);$$

на Махамбет:

$$W_{год} = 1,2 \times W_{п} + 1,59 (R_2 = 0,95);$$

$$W_{п} = -8,17 \times 10^{-7} \times Q_{2макс} + 0,005 \times Q_{макс} - 0,57 (R_2 = 0,93).$$

По сути, перестала действовать связь между  $W_{п}$  и  $W_{ЛО}$ . Между максимальными расходами воды на постах Кушум и Махамбет вид зависимости почти не изменился, даже несмотря на перенос замыкающего створа из с. Тополи в пос. Махамбет.

#### 4.2. Сток летне-осенней и зимней межени

Вторая важная фаза водного режима на реках бассейна р. Урал – летне-осенняя межень с паводками, начинающаяся с окончанием половодья (в июне–июле) и завершающаяся с установлением ледостава на реках (в ноябре–декабре). На притоках Урала и в его верховьях она может прерываться значительными по высоте дождевыми паводками, которые к низовьям реки существенно расплываются и практически не нарушают гидрограф межени; а на небольших реках левобережной сухостепной части – периодами отсутствия стока. Антропогенные и климатические факторы благоприятно повлияли на параметры летне-осенней межени, увеличив объем стока сезона года с июля по ноябрь в 1,3–1,6 раза и более (за исключением р. Орь), его долю в годовом стоке (варьировалась от 5–20 %, стала 15–25 %), минимальные суточные и 30-суточные расходы воды (табл. 1; рис. 10–11). Сама межень стала более продолжительной: на постах Кушум и Махамбет (Тополи) на 23 сут. (табл. 3). Изменился характер зависимости между стоком летне-осенней и зимней межени, которую можно использовать (для нижнего Урала) как прогностическую, правда с получением очень приближенных оценок. Увеличилась теснота связи между значениями характеристик стока летне-осенней межени соседних лет.

Аналогичные по направленности изменения, но бóльшие по величине, зафиксированы в отношении параметров зимней межени (третьей основной фазы водного режима), за исключением лишь одного – ее продолжительность уменьшилась соответственно на 17 и 11 сут. Тенденции изменения скоррелированности стока смежных лет разнонаправленные.

**Исследования выполнены за счет гранта РФФИ № 14-17-00155.**

#### Литература:

1. Вода России. Речные бассейны. – Екатеринбург, 2000. – 536 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР (а). – Л., 1970. – Т. 12. – Вып. 2. – 512 с.

3. Алферов И.Н., Яковенко Н.В. Водопользование в бассейне реки Урал: современное состояние и геоэкологические проблемы // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2015. – № 2. – С. 1–8.
4. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество // Государственный водный кадастр – Л., СПб., М., 1981–2014.
5. Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана (Дельта реки Урал и прилегающее побережье Каспийского моря). – Астана, 2007. – 264 с.
6. Чибилев А.А. Бассейн Урала: история, география, экология. – Екатеринбург, 2008. – 312 с.
7. Чибилев А.А., Сивохи́п Ж.Т. Урало-Каспийский трансграничный бассейн: современное геоэкологическое состояние и перспективы российско-казахстанского сотрудничества // Современные проблемы аридных и семиаридных экосистем юга России. – Ростов-на-Дону, 2006. – С. 290–301.
8. Национальный атлас России. – М., 2007. – Т. 2. – 496 с.
9. Национальный атлас Республики Казахстан. – Алматы, 2010. – Т. I. – 150 с.
10. Бубин М.Н. Многолетние колебания сезонного стока рек Челябинской области : автореф. канд. дисс. – Челябинск, 2007. – 20 с.
11. Магрицкий Д.В., Полонский В.Ф. Сток воды и наносов основных рек, впадающих в Каспийское море // Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления. – М., 2013. – С. 72–99.
12. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л., 1966. – Т. 12. – Вып. 3. – 515 с.
13. 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. – P. 673–684.
14. Гальперин Р.И., Колча Т.В., Авезова А. Река Жайык (Урал): Угроза наводнений в нижнем течении в современных условиях // Гидрометеорология и экология. – 2008. – №4. – С. 155–165.
15. Магрицкий Д.В., Алексеевский Н.И. Современные опасные гидрологические явления в устьях рек // Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления. – М., 2013. – С. 630–664.
16. Полонский В.Ф., Михайлов В.Н., Кравцова В.И., Остроумова Л.П., Исупова М.В. Современные гидролого-морфологические процессы в устьевой области Урала // Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления. – М., 2013. – С. 448–482.
17. Абдрахимов Р.Г., Чигринцев А.Г. Проблемы оценки влияния хозяйственной деятельности на сток некоторых рек Западного Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2009. – №1. – С. 18–22.
18. Ивкина Н.И. Изменение притока воды в Каспийское море в результате антропогенного воздействия и изменения климата на примере р. Жайык (Урал) // Гидрометеорология и экология. – 2016. – № 3. – С. 50–55.
19. Mikhailov V.N., Magritsky D.V., Kravtsova V.I., Mikhailova M.V., Isupova M.V. The Response of River Mouths to Large-Scale Variations in Sea Level and River Runoff: Case Study of Rivers Flowing into the Caspian Sea // Water Resources. – 2012. – Vol. 39. – No.1. – P. 11–43.
20. Кенжебаева А.Ж., Магрицкий Д.В., Евстигнеев В.М., Юмина Н.М., Школьный Д.И., Ермакова Г.С., Похорская В.П. Закономерности, оценки и факторы современных и будущих изменений стока и водного режима рек в бассейне р. Жайык (Урал) // Труды III Всероссийской научной конференции «Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии». – Барнаул, 2017. – Т. IV. – С. 27–39.
21. Гидрологический ежегодник. – Л., 1948–1982. – Т. 4. – Вып. 8–9.
22. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши // Государственный водный кадастр. – Обнинск–Самара, 1984–2016. – Т. I. – Вып. 24.
23. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши // Государственный водный кадастр. – Обнинск, Актюбинск, Алматы, 1984–1997. – Т. V. – Вып. 2.
24. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши // Государственный водный кадастр. – Алматы, 2000–2016. – Ч. 1. – Вып. 4.
25. Георгиевский В.Ю., Цыценко К.В., Шалыгин А.Л. Оценка притока поверхностных вод в Каспийское море // Гидрометеорологические аспекты проблемы Каспийского моря и его бассейна. – СПб., 2003. – С. 217–229.
26. Гидрометеорология и гидрохимия морей. – С-Пб., 1992. – Т. VI. – Вып. 1: Гидрометеорологические условия. – 360 с.
27. Демин А.П. Современные изменения водопотребления в бассейне Каспийского моря // Водные ресурсы. – 2007. – Т. 34. – № 3. – С. 259–275.

28. Демин А.П. Использование водных ресурсов России: современное состояние и перспективные оценки : автореф. докт. дисс. – М., 2011. – 51 с.
29. Ресурсы поверхностных вод СССР (б). – Л., 1970. – Т. 12. – Вып. 2. – Прил. – 155 с.
30. Родионов В.З. Влияние хозяйственной деятельности на сток р. Урала // Труды ГГИ. – 1977. – Вып. 239. – С. 109–122.
31. Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. – Л., 1979. – 302 с.
32. Гандин Л.С., Каган Р.Л. Статистические методы интерпретации метеорологических данных. – Л., 1976. – 280 с.
33. Кислов А.В., Бабина Е.Д. Оценка качества воспроизводимых моделью MM5 температуры и осадков летом в центральном районе европейской территории России // Метеорология и гидрология. – 2008. – Т. 7. – С. 29–37.
34. Богданова Э.Г., Гаврилова С.Ю. Устранение неоднородности временных рядов осадков, вызванной заменой дождемера с защитой Нифера на осадкомер Третьякова // Метеорология и гидрология. – 2008. – Т. 8. – С. 87–102.
35. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М., 2014. – 1017 с.
36. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М., 2004. – 74 с.
37. Магрицкий Д.В. Речной сток и гидрологические расчеты : Практические работы с выполнением при помощи компьютерных программ. – М., 2014. – 184 с.
38. Водные ресурсы России и их использование. – СПб, 2008. – 598 с.
39. Каталог «Водохранилища СССР». – М. : Союзводпроект, 1988. – 276 с.
40. Чибилев А.А., Падалко Ю.А. Современная антропогенная нагрузка в бассейне реки Сакмары и проблемы ее ограничения // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т.16. – № 5. – С. 304–307.
41. Вуглинский В.С. Водные ресурсы и водный баланс крупных водохранилищ СССР. – Л., 1991. – 223 с.
42. Шикломанов И.А., Веретенникова Г.М. Влияние водохранилищ на годовой сток рек СССР // Труды ГГИ. – 1977. – Вып. 237. – С. 27–48.
43. Водные ресурсы СССР и их использование. – Л., 1987. – 300 с.
44. Пряхина Г.В. Оценка влияния крупных водохранилищ на сток рек в нижнем бьефе : автореф. канд. дисс. – СПб., 2003. – 22 с.
45. Григорьев О.М. Оценка влияния промышленно-коммунального водопотребления на сток р. Урал // Труды ГГИ. – 1981. – Вып. 273. – С. 45–61.
46. Давлетгалиев С.К. Поверхностные водные ресурсы рек Жайык – Каспийского бассейна в границах Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. – 2011. – № 1. – С. 56–65.
47. Тленбеков О.К. Гидрология устьевой области Урала : автореф. канд. дисс. – Алмата, 1967. – 22 с.
48. Гальперин Р.И. Изменение сроков прохождения волны половодья как следствие потепления климата // Вопросы географии и геоэкологии. – 2012. – № 3. – С. 21–26.

#### References:

1. Water of Russia. River basins. – Yekaterinburg, 2000. – 536 p.
2. Resources of a surface water of the USSR (a). – L., 1970. – Т. 12. – Issue 2. – 512 p.
3. Alferov I.N., Yakovenko N.V. Water use in a river basin the Urals: current state and geo-environmental problems // Bulletin of the Orenburg scientific center OurO RAHN. – 2015. – No. 2. – P. 1–8.
4. Resources of surface and underground water, their use and quality // State water inventory – L., SPb., M., 1981–2014.
5. Globally significant wetlands of Kazakhstan (Delta of Ural River and adjacent coast of the Caspian Sea). – Astana, 2007. – 264 p.
6. Chibilev A.A. Basin of the Urals: history, geography, ecology. – Yekaterinburg, 2008. – 312 p.
7. Chibilev A.A., Sivokhip Zh.T. Uralo-Kaspiysky cross-border pool: modern geoecological state and prospects of the Russian-Kazakhstan cooperation // Modern problems of arid and seven-arid ecosystems of the South of Russia. – Rostov-on-Don, 2006. – P. 290–301.
8. National atlas of Russia. – M, 2007. – Т. 2. – 496 p.
9. National atlas of the Republic of Kazakhstan. – Almaty, 2010. – Т. 1. – 150 p.
10. Bubin M.N. Long-term fluctuations of a seasonal drain of the rivers of Chelyabinsk region : avtoref. edging. yew. – Chelyabinsk, 2007. – 20 p.
11. Magritsky D.V., Polonsky V.F. A drain of water and deposits of the main rivers flowing into the Caspian Sea // Mouths of the rivers of the Caspian region: formation history, modern guide-rologo-morphological processes and dangerous hydrological phenomena. – M, 2013. – P. 72–99.

12. Resources of a surface water of the USSR. – L., 1966. – T. 12. – Issue 3. – 515 p.
13. 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. – P. 673–684.
14. Galperin R.I., Kolcha T.V., Avezov A. Reka Zhayyk (Urals): Threat of floods in the lower current in modern conditions // *Hydrometeorology and ecology*. – 2008. – No. 4. – P. 155–165.
15. Magritsky D.V., Alekseevsky N.I. The modern dangerous hydrological phenomena in mouths of the rivers // *Mouths of the rivers of the Caspian region: formation history, modern hidrologo-morphological processes and dangerous hydrological phenomena*. – M., 2013. – P. 630–664.
16. Polonsky V.F., Mikhaylov V.N., Kravtsova V.I., Ostroumova L.P., Isupova M.V. Modern hidrologo-morphological processes in the estuarial area of the Urals // *Mouths of the rivers of the Caspian region: formation history, modern hidrologo-morphological processes and dangerous hydrological phenomena*. – M., 2013. – P. 448–482.
17. Abdrakhimov R.G., Chigrinets A.G. Problems of assessment of influence of economic activity on a drain of some rivers of the Western Kazakhstan // *Hydrometeorology and ecology*. – 2009. – No. 1. – P. 18–22.
18. Ivkina N.I. Change of inflow of water to the Caspian Sea as a result of anthropogenic influence and climate change on the example of the Zhayyk River (Urals) // *Hydrometeorology and ecology*. – 2016. – No. 3. – P. 50–55.
19. Mikhailov V.N., Magritsky D.V., Kravtsova V.I., Mikhailova M.V., Isupova M.V. The Response of River Mouths to Large-Scale Variations in Sea Level and River Runoff: Case Study of Rivers Flowing into the Caspian Sea // *Water Resources*. – 2012. – Vol. 39. – No. 1. – P. 11–43.
20. Kenzhebayeva A.Zh., Magritsky D.V., Yevstigneyev V.M., Yumina N.M., School D.I., Ermakova G.S., Pokhorskaya V. P. Regularities, estimates and factors of modern and future changes of a drain and the water mode of the rivers in the basin of the Zhayyk River (Urals) // *Works III of the All-Russian scientific conference «Water and Environmental Problems of Siberia and Central Asia»*. – Barnaul, 2017. – T. IV. – P. 27–39.
21. *Hydrological year-book*. – L., 1948–1982. – T. 4. – Issue 8–9.
22. Annual data on the mode and resources of a surface water of sushi // *State water inventory*. – Obninsk–Samara, 1984–2016. – T. I. – Issue 24.
23. Annual data on the mode and resources of a surface water of sushi // *State water inventory*. – Obninsk, Aktyubinsk, Almaty, 1984–1997. – T. V. – Issue 2.
24. Annual data on the mode and resources of a surface water of sushi // *State water inventory*. – Almaty, 2000–2016. – P.1. – Issue 4.
25. Georgiyevsky V.Yu., Tsytsenko K.V., Shalygin A.L. Assessment of inflow of a surface water to the Caspian Sea // *Hydrometeorological aspects of a problem of the Caspian Sea and its pool*. – SPb., 2003. – P. 217–229.
26. *Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas*. – SPb., 1992. – T. VI. – Issue 1: Hydroweather conditions. – 360 p.
27. Dyomin A.P. Modern changes of water consumption in the basin of the Caspian Sea // *Water resources*. – 2007. – T. 34. – No. 3. – P. 259–275.
28. Dyomin A.P. Use of water resources of Russia: current state and perspective estimates : avtoref. dok. yew. – M., 2011. – 51 p.
29. Resources of a surface water of the USSR. – L., 1970. – T. 12. – Issue 2. – Applications. – 155 p.
30. Rodionov V.Z. Influence of economic activity on a drain of the Urals River // *Works GGI*. – 1977. – Issue 239. – P. 109–122.
31. Shiklomanov I.A. Anthropogenic changes of water content of the rivers. – L., 1979. – 302 p.
32. Gangding L.S., Kagan R.L. Statistical methods of interpretation of meteorological data. – L., 1976. – 280 p.
33. Kislov A.V., Babina E.D. Assessment of quality the reproduced MM5 model of temperature and rainfall in the summer in the central region of the European territory of Russia // *Meteorology and a hydrology*. – 2008. – T. 7. – P. 29–37.
34. Bogdanova E.G., Gavrilova S.Yu. Elimination of the heterogeneity of temporary ranks of rainfall caused by replacement of a rain gage with Nifer's protection on Tretyakov's snow-rain recorder // *Meteorology and a hydrology*. – 2008. – T. 8. – P. 87–102.
35. The second estimated report of Roshydromet on climate changes and their consequences in the territory of the Russian Federation. – M., 2014. – 1017 p.
36. CP 33-101-2003. Definition of the main settlement hydrological characteristics. – M., 2004. – 74 p.
37. Magritsky D.V. River drain and hydrological calculations: Practical works with performance by means of computer programs. – M., 2014. – 184 p.
38. *Water resources of Russia and their use*. – SPb., 2008. – 598 p.

39. Vodokhranilisha of the USSR catalog. – M. : Soyuzvodproyekt, 1988. – 276 p.
40. Chibilev A.A., Padalko Yu.A. Modern anthropogenic loading in a river basin of Sakmara and a problem of her restriction // News of the Samara scientific center of RAS. – 2014. – T.16. – No. 5. – P. 304–307.
41. Vuglinsky V.S. Water resources and water balance of large reservoirs of the USSR. – L., 1991. – 223 p.
42. Shiklomanov I.A., Veretennikova G.M. Influence of reservoirs on an annual drain of the rivers of the USSR // Works GGI. – 1977. – Issue 237. – P. 27–48.
43. Water resources of the USSR and their use. – L., 1987. – 300 p.
44. Pryakhina G.V. Assessment of influence of large reservoirs on a drain of the rivers in the lower byef : avtoref. edging. yew. – SPb., 2003. – 22 p.
45. Grigoriev O.M. Assessment of influence of industrial and municipal water consumption on a drain of the Urals River // Works GGI. – 1981. – Issue 273. – P. 45–61.
46. Davletgaliyev S.K. Superficial water resources of the Zhayyk Rivers – the Caspian basin in borders of the Republic of Kazakhstan // Hydrometeorology and ecology. – 2011. – No. 1. – P. 56–65.
47. Tlenbekov O.K. Hydrology of the estuarial area of the Urals : avtoref. edging. yew. – Almaty, 1967. – 22 p.
48. Galperin R.I. Change of terms of passing of a wave of a high water as a result of warming of climate // Questions of geography and geoecology. – 2012. – No. 3. – P. 21–26.