

**НАУЧНО-ПРИКЛАДНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТОКА РЕК В БАССЕЙНЕ УРАЛА
В XX В. – НАЧАЛЕ XXI В. ЧАСТЬ 1. СТОК И ВОДНЫЙ РЕЖИМ.
МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ**

Д.В. Магрицкий¹, *Ж.Т. Сивохиц², В.М. Павлейчик², Д.К. Кисебаев³

¹Московский государственный университет, Россия, Москва

²Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

³Филиал РГП «Казгидромет», Казахстан, Алматы

*e-mail: sivohip@mail.ru

В статье представлены итоги анализа и обобщения научных исследований стока и водного режима в бассейне реки Урал в XX в. – начале XXI в. Выделены основные научно-прикладные направления в изучении стока рек исследуемого бассейна и его изменений. По наиболее важным и фундаментальным публикациям приводятся основные результаты. Отмечено, что развитие научных представлений о параметрах стока и водном режиме р. Урала и его притоков, пространственно-временных закономерностях и факторах его изменений развивалось постепенно, в соответствии с запросами водохозяйственного комплекса и во время подготовки крупных монографий, специализированных справочников и др. Можно выделить два наиболее важных периода с наибольшим числом публикаций – это 1960-1980-е годы и современный этап, начиная с 2000-х годов.

Ключевые слова: река, пост, сток, водный режим, параметры, временная и пространственная изменчивость, обзор.

Введение

Река Урал протекает по территории России и Казахстана и является трансграничным водным объектом со всеми присущими для них проблемами совместного использования водных ресурсов. Длина реки 2428 км; площадь бассейна 231 тыс. км², причем 53 % принадлежит России; в бассейне живет менее 4 млн чел. [1], находятся промышленные центры Магнитогорск, Новотроицк, Орск, Оренбург, Уральск, Атырау и Актобе, много предприятий обрабатывающей и добывающей промышленности, масштабное сельскохозяйственное производство. Река имеет важное рыбохозяйственное значение [2].

Вопросам водного стока и режима р. Урал и его притоков, их водно-ресурсного потенциала, аспектам и последствиям водохозяйственной деятельности, и др. стали уделять наибольшее внимание с 1950-1960-х гг. Это напрямую связано, во-первых, с активным послевоенным промышленным и особенно сельскохозяйственным освоением территории бассейна, строительством новых и расширением старых поселений, запуском Ириклинского водохранилища и др., во-вторых, с подготовкой в эти годы фундаментального справочника – монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР» [3-5]. Новый и современный этап в исследованиях (с большим числом публикаций) приходится на первую четверть XXI столетия. Вопросы, которые изучались современниками, связаны с климатическими изменениями, водохозяйственной деятельностью и их гидрологическими последствиями, с опасными гидрологическими явлениями, гидроэкологией, дефицитом водных ресурсов и аспектами трансграничного водопользования, а также с разработкой СКИОВО [6], совершенствованием инструментов гидрологических расчетов [7] и продолжающимся гидротехническим строительством. Одной из сложностей в реализации традиционных и новых задач гидрологических исследований в отношении водных объектов в бассейне Урала, по мнению авторов, служит неполное представление о ранее проводившихся подобных

работах и полученных результатах. Это ограничивает правильное формулирование новизны реализованных тем или иным специалистом исследований; делает их результаты неполными, а выводы не всегда объективными; ряд исследований вообще дублируются; между исследовательскими группами отсутствует коллаборация. Серьезных и комплексных исследований истории изучения водного стока и режима рек бассейна Урала, обзора значимых гидрологических работ и содержащихся в них результатов авторами статьи не обнаружено. Тогда как потребность в такой работе очевидна и выше обоснована, в том числе в помощь молодым исследователям, или как справочный или учебный материал для неспециалистов. Материалы представленной статьи новы и опираются на итоги обзора и детального изучения свыше 50 публикаций с 30-х годов XX в. и вплоть до 2021 г. Большинство этих публикаций приводится в Списке литературы к статье. Выбор авторами этого объекта и темы не случаен, поскольку часть таких работ подготовлена сотрудниками МГУ имени М.В. Ломоносова и Института степи УрО РАН.

С учетом детального анализа собранных публикаций авторы предлагают выделить несколько основных научно-прикладных направлений в изучении стока и водного режима рек бассейна Урала:

1. Водный режим рек бассейна, его черты и основные типы.
2. Количественные оценки числовых характеристик стока воды (естественного и фактического) в опорных гидрометрических створах и устье.
3. Пространственно-временные закономерности изменчивости стока, причинно-следственные связи, картирование; обоснование характерных многолетних периодов; сценарные оценки будущих изменений.
4. Водный режим, продольная трансформация стока и динамика вод на устьевом участке.
5. Структура и география водохозяйственной деятельности; величина антропогенного воздействия на сток и режим рек; реконструкция ненарушенного стока.
6. Гидрологические ограничения для населения и хозяйственного комплекса со стороны рек, экстремальные состояния водного режима рек в виде наводнений и маловодий.
7. Дефицит водных ресурсов и аспекты трансграничного водопользования.

Эта статья посвящена первым трем направлениям. Остальные направления освещены в другой статье тех же авторов.

Собранные публикации можно также разделить по географии исследований. Выделяются по меньшей мере три района – верхняя (горная часть) бассейна, главным образом в пределах Челябинской области), средняя часть (включая Ириклинское водохранилище, территорию Оренбургской области, среднюю и нижнюю части бассейн Сакмары) и нижний (по сути, бессточный) участок Урала в пределах Казахстана. В изучении гидрологии бассейна Урала и публикации его результатов принимали участие сотрудники ГГИ, ГОИНа, географического факультета МГУ, СПбГУ, ИВП РАН, Института степи и Оренбургского НЦ УрО РАН, РосНИИВХа, Оренбургского и Башкирского государственных университетов, РГГМУ, Юргинского технологического института, а также коллеги из научных организаций Казахстана.

Результаты и их обсуждение

1. Водный режим рек бассейна и его типы. Изучение и схематизация водного режима р. Урал и его притоков производилось по двум направлениям. Первое – с установлением закономерностей и хронологического хода расходов и уровней воды в течение года, с определением сроков наступления, источников питания и оценкой характеристик фаз водного режима. Второе – с позиций потребностей активно развивавшегося водохозяйственного комплекса и на основе расчетных методов. Это направление было впервые реализовано в [3-5]. Со временем, с учетом новых данных, расчетные внутригодовые распределения пересматривались.

Первые научные публикации, содержащие описание водного режима рек бассейна Урала, его графическую и табличную интерпретацию, приходится на 1930-е годы. Объясняется это промышленным освоением региона и борьбой с засухой в Заволжских степях. В фондовых материалах 1934 г. издания (г.и.) «Перспективы комплексного использования водно-земельных ресурсов бассейна реки Урал» [8] дана краткая характеристика сезонных колебаний стока, а в таблицах приводится процентное распределение речного стока по сезонам. В «Справочнике по водным ресурсам СССР» [9] впервые описаны такие особенности водного режима рек бассейна, как ведущая роль снегового питания и весеннего половодья, низкая водность летне-осенней и зимней межени, резкая неравномерность внутригодовых колебаний расходов (Q) и уровней (H) воды, особенно у левобережных притоков. Приводятся первые сведения по срокам и продолжительности прохождения фаз водного режима, графики колебаний уровня в течение года, распределение расходов воды по месяцам и гидрологическим сезонам. Впервые отмечено различие сезонного распределения стока у рек Верхнего Урала и Сакмары с остальными реками.

В известной и фундаментальной монографии Л.К. Давыдова «Гидрография СССР» [10] характеристика водного режима рек впервые основана на классификации рек Б.Д. Зайкова [11]. Согласно ей, большинство рек в бассейне и в соседних засушливых районах относится к казахстанскому типу. Исключением составляют реки верховьев Урала и Сакмары, которые принадлежат восточно-европейскому типу. И первый, и второй типы – это группа рек с весенним половодьем. В остальное время года сток на реках пониженный, вплоть до частичного пересыхания значительного числа водотоков. Летние и осенние дождевые паводки бывают только в верховьях р. Урала и на р. Сакмара, как и по [9]. Они кратковременны и быстро расплаываются вниз по течению. Другая известная, но меньше используемая классификация водного режима рек – П.С. Кузина – более комплексная [12]. Согласно ей, низовья и большая часть среднего водосбора Урала – это территория с равнинными реками в полупустынной зоне и обычно одновершинным половодьем весной, с основным источником питания в виде снежного покрова, продолжительной и очень низкой по водности меженью (буквально до следующей весны), несущественной ролью летне-осенних осадков, пересыханием летом. Верховья Урала и Сакмары – это реки горнолесной зоны, с весенним половодьем (с максимумом в конце апреля) и паводками в теплое время года, с длительной (средней по водности) летней и зимней меженью.

В [3-5] уже больше количественной и надежной информации по срокам и продолжительности основных фаз водного режима, по объемам стока и характерным расходам воды, долям сезонного стока, генетической структуре питания, параметрам изменения уровня во время половодья и паводков. По данным примерно 90 водомерных постов, весеннее половодье в среднем начинается в начале апреля (с запаздыванием в северо-восточном направлении), заканчивается обычно в начале июня (в верховьях Урала и низовьях Сакмары) и в июле в низовьях. Средняя продолжительность половодья от 20 дней на малых реках до 114 дней у с. Тополи (р. Урал). Она больше у рек горной лесной и лесостепной зон, растет с увеличением площади водосбора. Продолжительность летне-осенней межени (июнь-октябрь) 140-150 дней; лишь в низовьях Сакмары и Урала соответственно 120 (июль-октябрь) и 90 дней (август-октябрь). Для верхней части бассейна р. Урала и водосбора р. Сакмары в июне-августе характерны дождевые паводки со средним подъемом уровня 0,3-0,5 м, максимальным – до 1-2 м, средней продолжительностью 1-2 недели. В целом, зимний сток незначителен – 1-9%; доля летне-осеннего стока колеблется по территории от 1 до 23%, достигая наибольшей величины в верховьях Урала; доля весеннего стока – 55-90% (и больше), а в бассейнах верхнего течения рр. Урала и Сакмары – 55-75%. Годовая амплитуда колебаний уровней увеличивается от истока к устью: средние значения – 1-6 м, наибольшие – от 1,5 до 13 м. Расчетное внутригодовое распределение в [3-5], полученное методами компоновки, реального года и среднего распределения, дано по 5 районам и 9 подрайонам. Для рек засушливой степной и

полупустынной зон выделены следующие водохозяйственные сезоны: весенний (март-май), лимитирующие – летне-осенний (июнь-ноябрь) и зимний (декабрь-февраль). Для Актыбинской области весна – это апрель-май, лето-осень – это июнь-ноябрь. Для остальной части территории бассейна Урала в горнолесной и лесостепной зонах весна – это апрель-июнь, лето-осень – июль-ноябрь, зима – декабрь-март.

На новом этапе схематизации водного режима рек страны, включая бассейн р. Урала, и пространственного распределения его типов, связанном с подготовкой карты «Водного режима рек России и сопредельных территорий» [13], Урал выше Ириклинского вдхр. и верхняя Сакмара, рр. Большой Ик и Салмыш отнесены к рекам с весенним половодьем и преимущественно снегового питания, с устойчивой летне-осенней меженью и эпизодическими дождевыми паводками, устойчивой зимней меженью, изредка прерываемой оттепелью (рис. 1). Остальные реки бассейна обладают почти теми же особенностями водного режима, за исключением отсутствия паводков в летне-осеннюю межень. Реки могут перемерзать зимой (на перекатах и особенно левобережные притоки среднего течения р. Урала [4, 5] и пересыхать летом. Карта [13] выбрана основой для типов водного режима рек в Национальном атласе России [14].

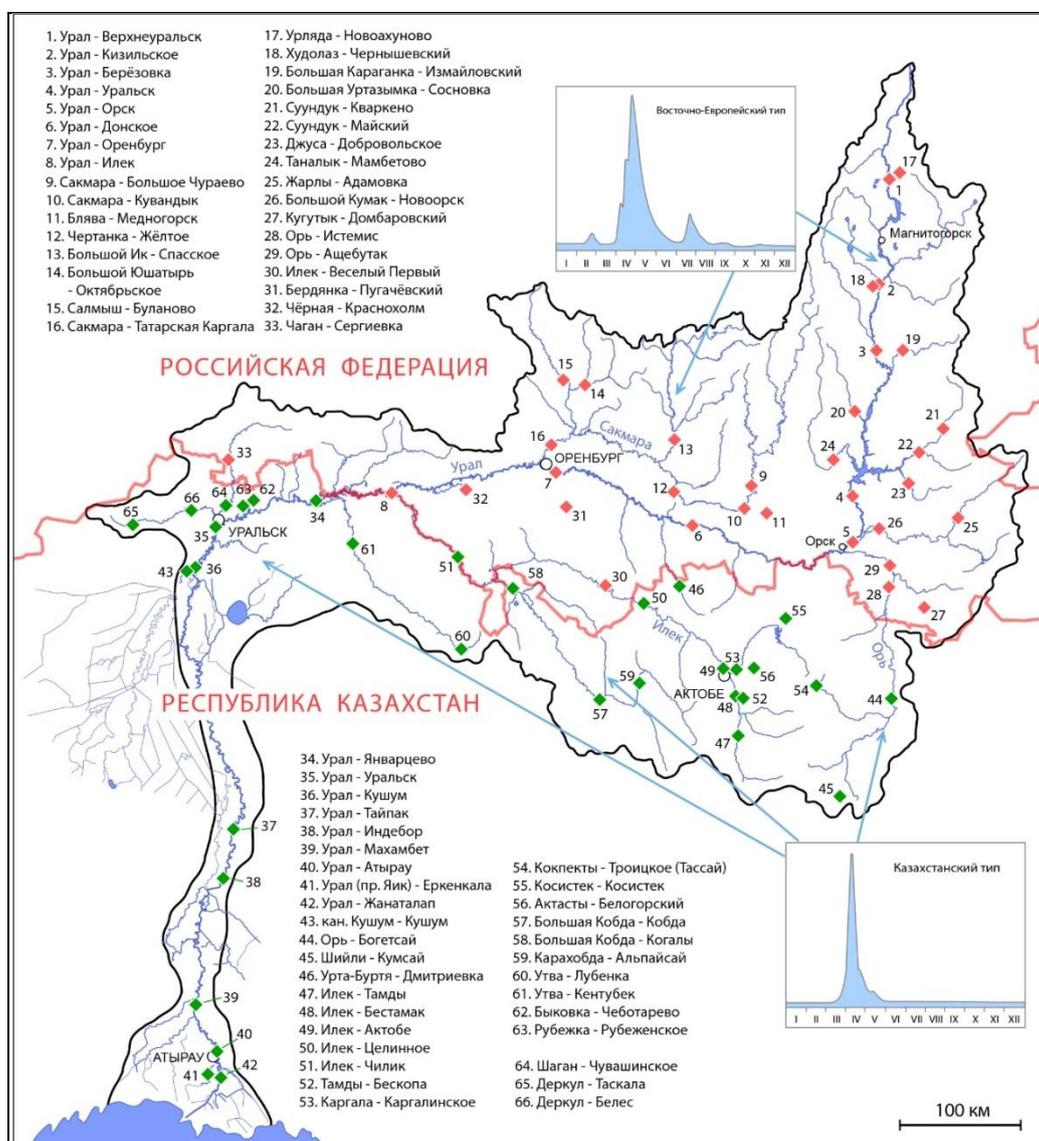


Рисунок 1 – Типы водного режима рек в бассейне Урала [13] с данными по действующим гидропостам

Новые и важные уточнения в отношении водного режима рек бассейна Урала приводятся в монографиях А.А. Чибилёва [2, 15]. Возможность построения гидрографа на основе смоделированных рядов рассмотрена в [16]. Сжатые сведения по водному режиму приводятся в различных энциклопедиях, включая энциклопедию «Реки и озера мира» под редакцией В.И. Данилова-Данильяна [17], Большую Российскую Энциклопедию (том 33, 2017 г.и.) и научно-популярную интернет-энциклопедию «Вода России» [18].

2. Оценка характеристик стока рек. К ним мы относим среднегодовые ($Q_{\text{ср}}$), максимальные ($Q_{\text{макс}}$) и минимальные ($Q_{\text{мин}}$) расходы воды, параметры их кривых обеспеченностей, объемы стока за гидрологические сезоны. Как уже ранее отмечено, первое серьезное обобщение материалов сетевого мониторинга за стоком воды рек в бассейне Урала, с оценкой величины характерных расходов, диапазона межгодовых колебаний Q приводится в [8, 9, 19]. Но они базировались на немногочисленных и мало проверенных данных небольшого числа постов, часть из которых впоследствии была забракована. В 1963 г. В.Д. Быков впервые использовал уравнение водного баланса для уточнения зависимостей модуля стока с высотой для неизученных районов [20], расширив и дополнив исследования Д.Л. Соколовского [21] по Южному, Среднему и Северному Уралу. Работа была выполнена в период разработки норматива СН 435-72.

В монографиях [3-5] по данным 121 створа произведена оценка основных числовых характеристик годового стока (с приведением к многолетнему периоду), в том числе $Q_{\text{ср}}$ различной обеспеченности, обоснованы зависимости между годовым стоком и климатическими, морфометрическими и физико-географическим параметрами водосборов (табл. 1). Показаны довольно высокие коэффициенты вариации (C_v) – от 0,5 до 1,15, увеличивающиеся в южном (засушливом) и северо-восточном направлениях (рис. 2). Приводятся подробные карты модуля годового стока и C_v (первые такие карты даны в [8], оценки водных ресурсов отдельных водосборов и в пределах границ областей и республик. Любопытно, что именно карты из [3] часто встречаются в более поздних публикациях и даже в 2000-е годы, хотя еще в середине 1980-х гг. эти карты были уточнены с учетом новых данных и включены в состав «Атласа расчетных гидрологических карт и номограмм» [22]. По обновленным картам модуль стока уменьшается от 6-9 до 0,5-1,0 л/с км² (прим. авторов – для пересчета величин модуля стока в величины слоя годового стока первые необходимо умножить на 31,5), а C_v возрастает от 0,4-0,6 до 0,9-1,0 (рис. 2). Последнее картирование нормы годового стока и параметров его кривой сделано в [23], но только для казахстанской части бассейна. Также в [3-5] для 84 створов приводятся оценки числовых характеристик $Q_{\text{макс}}$ и слоя стока за весеннее половодье. C_v максимальных расходов равен 0,7-1,5. Представлена карта среднего слоя стока половодья, который уменьшается с севера на юг от 100-150 мм до 10-20 мм и меньше. По меженному стоку сведения приводятся по 77 постам. Произведено районирование территории по величине водности рек в межень с выделением 4 районов и 7 подрайонов. Отдельный раздел посвящен пересыханию и перемерзанию рек.

Актуализированные оценки характеристик стока и параметров кривых обеспеченностей для разных створов приводятся в работах [1, 24-34]. Причем в работах [6, 24, 25, 28] расчет производился за весь период наблюдений, а в [1, 26, 29-32, 34, 35] – в границах однородных (по климатическим условиям и антропогенной нагрузке) подпериодов, или только для современного периода. В [35] заявлено, что норму годового стока Урала корректно считать с 1970 г. ввиду снижения его изменчивости из-за влияния Ириклинского водохранилища; в [29] современный период начинается с 1974 г. В [32] обоснованы и выделены 3 периода: 1) 1921-1957 гг. – условно-естественный, по сути, до введения в строй Ириклинского водохранилища, 2) 1958-1990 гг. – с антропогенно нарушенным режимом стока, но еще в прежних климатических условиях, 3) с 1991 г. – с нарушенным режимом стока в результате антропогенного воздействия и климатических изменений. Иные периоды и их обоснование (по статистическим критериям и результатам анализа климатических изменений и динамике водохозяйственной деятельности) указаны в

двух работах Магрицкого Д.В. и соавторов [1, 26]. Это – условно-естественный период, завершившийся, по сути, в 1957 г., период нарастания (1958-1977 гг.) и период максимальной (с 1978 г.) водохозяйственной нагрузки с двумя подпериодами. В [34] приведены уточненные границы этих периодов.

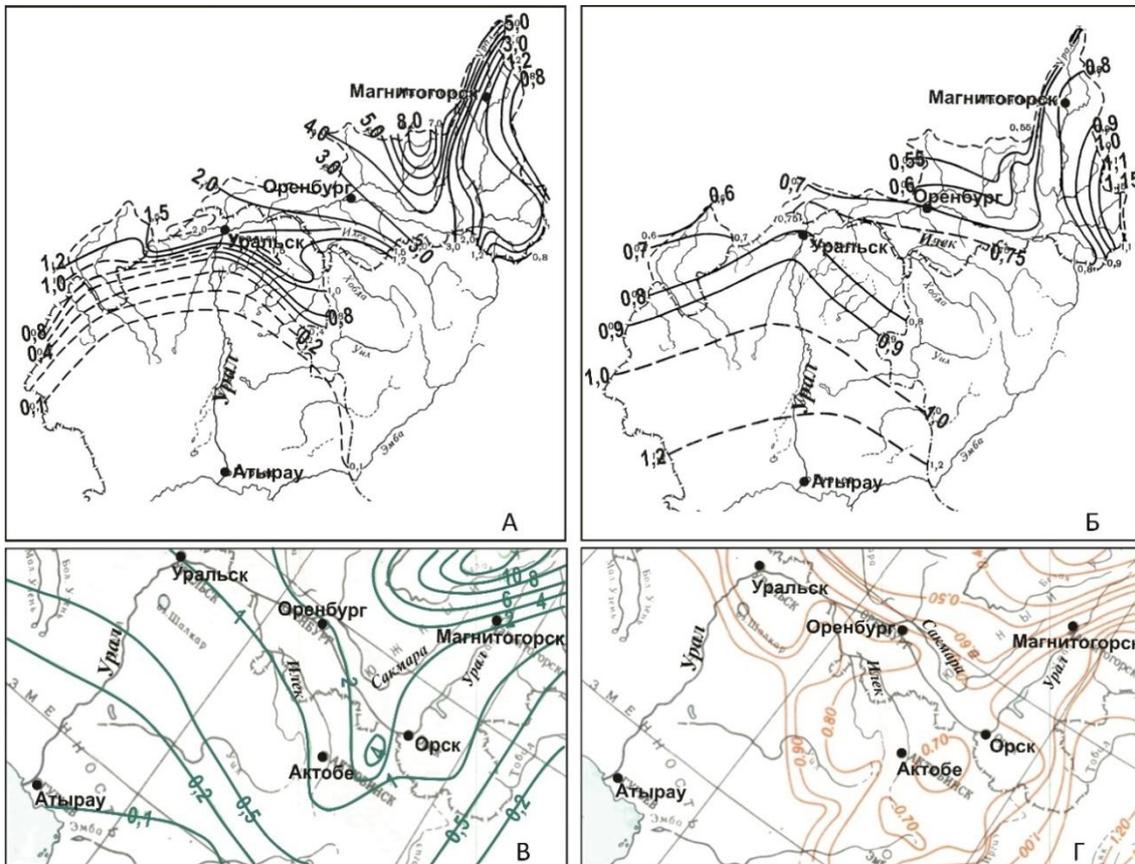


Рисунок 2 – Карты среднего многолетнего модуля (а, в) и C_v (б, г) годового стока воды из [4, 5] (А, Б) и [22] (В, Г)

Таблица 1 - Параметры кривых обеспеченностей характеристик годового и максимального стока воды (m^3/c)

Пост	[4]	[7]	[6]	[24, 25]	[1, 26]	[27]
1	2	3	4	5	6	7
Среднегодовой расход воды						
Урал (Верхнеуральск)	10,1/0,77/1,7*	7,69/0,6/0,97*	10,1/0,63/1,26*	-	-	-/0,55/0,91*
Урал (Кизильское)	34,4/0,8/1,7*	24,3/0,79/1,79*	-	30,8/0,67/-	$\frac{26,6/1,18/2,3^1}{21,0/0,65/2,3}$	-/0,71/0,91*
Урал (Оренбург)	136/0,8/1,65*	-	136/0,58/1,58*	101,7/0,74/-	$\frac{103/1,07/2,2^1}{100/0,57/2,6}$	-/0,73/1,46*
Урал (Кушум)	380/0,68/1,6*	-	-	-	$\frac{330/0,69/2,5^1}{290/0,41/2,2}$	-
Миндяк (Новобайрамгулво)	3,45/0,72/1,6*	3,09/0,4/0,28*	-	-	-	-/0,51/1,02*
Урляда (Новоахуново)	0,46/0,78/1,7*	0,32/0,73/0,71*	-	-	-	-/0,77/1,39*
Малый Кизил (Муракаево)	2,86/0,77/1,6*	2,38/0,47/1,62*	2,86/0,83/1,8*	-	-	-/0,48/1,55*
Большой Кизил (Верхне-Абдряшево)	6,04/0,77/1,6*	-	-	-	-	-/0,55/1,53*

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

1	2	3	4	5	6	7
Суундук (Майский)	5,15/1,07/2,4*	-	5,15/-/-	4,7/0,71/-	-	-/0,69/0,88*
Таналык (Самарское)	2,28/0,72/2,0	1,79/0,6/0,52*	-	-	-	-/0,64/1,2*
Большой Кумак (Новоорск)	8,14/1,14/2,4*	-	-/0,82/1,64*	11,2/0,72/-	-	-/0,71/1,15*
Жарлы (Адамовка)	2,99/1,14/2,4*	-	2,99/-/-	3,9/0,88/-	-	-/0,9/2,44*
Сакмара (Акьюлово)	14,1/0,53/1,2*	12,5/0,51/0,73*	-	-	-	-/0,47/0,76*
Сакмара (Каргала)	144/0,54/1,2*	-	145/0,54/1,2*	139,6/0,42/-	$\frac{128/0,57/2,4^1}{149/0,32/1,5}$	-/0,39/0,12*
Урман-Зилаир (Зилаир)	2,34/0,6/2,0	1,83/0,54/0,34*	-	-	-	-/0,49/0,95*
Большой Ик (Мраково)	15,7/0,52/2,0	13,2/0,51/0,35*	15,7/0,42/0,84*	15,7/-/-	-	-/0,42/0,95*
Салмыш (Буланово)	10,4/0,54/2,0	-	-	-	-	-/0,37/0,06*
Орь (Истемес)	10,8/0,78/1,6*	-	10,8/0,68/0,97*	6,1/0,73/-	-	-/0,73/0,77*
Черная (Красный Холм)	1,79/0,75/2,0	-	1,79/-/-	-	-	-/0,72/1,73*
Илек (Веселый 1)	31/0,73/1,7*	-	31/0,58/1,21*	21,4/0,61/-	-	-/0,57/1,25*
Чеган (Сергиевский)	1,36/0,7/2,0	-	1,36/0,76/1,52*	-	-	-
Кугутык (Домбаровский)	0,74/0,81/1,7*	-	0,74/-/-	-	-	-/0,81/2,0*
Максимальный расход воды						
Урал (Верхнеуральск)	138/1,04/2,6*	-	-	-	-	-/0,68/1,95*
Урал (Кизильское)	687/1,34/3,0*	-	-	-	$\frac{671/-/-}{396/-/-}$	-/1,19/2,45*
Урал (Оренбург)	2200/1,4/3,2*	-	-	-	$\frac{2180/-/-}{827/-/-}$	-/1,54/3,45*
Урал (Кушум)	3350/1,2/2,8*	-	-	-	$\frac{3530/1,24/2,3^1}{1420/0,66/5,0}$	-
Суундук (Майский)	383/1,49/3,2*	-	-	-	-	-/0,95/1,52*
Жарлы (Адамовка)	269/1,28/1,8*	-	-	-	-	-/0,94/1,67*
Сакмара (Каргала)	1730/0,78/1,9*	-	-	-	$\frac{1740/0,73/2,2^1}{1550/0,4/0,25}$	-/0,46/0,37*
Урман-Зилаир (Зилаир)	47,8/0,61/1,25*	-	-	-	-	-/0,71/2,27*
Орь (Истемес)	519/0,98/2,05*	-	-	-	$\frac{255/-/-}{164/-/-}$	-/0,8/0,96*
Илек (Веселый 1)	1100/1,03/2,2*	-	-	-	$\frac{543/-/-}{403/-/-}$	-/0,92/2,97*

Примечание: первое значение – средний многолетний расход, второе – коэффициент вариации, третье – отношение C_s/C_v , или коэффициент асимметрии (*). Местоположение действующих постов показано на рис. 1. ¹ в первой строке за период до 1957 г., во второй строке – с 1978 г.

В крупной монографии [28] приводятся две таблицы с рассчитанными для 20 створов параметрами кривых обеспеченностей годового стока, правда неизвестно за какой период и не всегда для створов именно постов, а с привязкой к устьям притоков. Сравнение данных из [28] и из [4] показывает общее уменьшение (за более длинный период) как годового стока, так и коэффициентов вариации и асимметрии. Следующие массовые уточнения (по более длинным рядам, или только за современный период) характеристик годового стока, максимальных и минимальных расходов воды опубликованы в статьях [1, 7, 24-27, 36-38].

Число и состав постов в них сильно различаются. В многотомной «Схеме комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Урал» [6] среднемноголетний сток рек рассчитан за период с 1966 г. и для 28 постов, тогда как $Q_{\text{макс}}$ – за весь период наблюдений. Правда, значения нормы стока в [6] странным образом совпадают с нормой в [4], рассчитанной по существенно более коротким рядам (табл. 1). Там же приведены оценки $Q_{\text{макс}}$ дождевых паводков, расчеты водохозяйственных балансов (по месяцам и за год) для лет разной обеспеченности и на границах водохозяйственных участков. В фундаментальной монографии [7], подготовленной по итогам кандидатской диссертации, приводятся новые зависимости модуля годового стока от средней высоты водосбора, соответствующее районирование территории, а также закономерности изменения коэффициентов вариации и асимметрии по территории горного Урала. В [24, 25] на основе анализа годовой и сезонной изменчивости речного стока по 9 постам уточнены оценки межгодовой изменчивости $Q_{\text{ср}}$. Установлено, что максимальный размах колебаний $Q_{\text{ср}}$ присущ крупным левобережным притокам (рр. Илек, Орь, Большой Кумак), т.е. на степных равнинных пространствах Зауралья. Рассчитаны C_v среднегодовых и среднесезонных расходов воды. Наименьшим диапазон значений C_v оказался у годового и осеннего стока – 0,4-0,9 и 0,5-1,0, наибольшим у зимнего и весеннего стока – 0,5-1,8 и 0,75-1,7. В [27] приводятся оценки C_v и C_s среднегодовых и максимальных расходов воды, полученные по данным 33 постов (что отличает эту работу от остальных) и, вероятнее всего за весь период наблюдений (до 2017 г.), т.е. без учета возможного нарушения однородности рядов под влиянием климатических изменений и водохозяйственной деятельности (табл. 1). Показано, что наибольшие C_v у левобережных притоков р. Урала. Графически проиллюстрирована тесная обратная связь между C_v и слоем годового стока (мм). По сути, подобные расчеты – бесконечный процесс, поддерживаемый новыми данными и постоянно продлеваемыми рядами наблюдений, новыми взглядами на деление единого периода наблюдений на характерные подпериоды.

Отдельный блок гидрологических расчетов составили результаты оценивания составляющих водного баланса как всего водосбора в целом, так и подбассейнов внутри него, а также оценки естественных водных ресурсов и в границах административных образований. В фундаментальном труде [39] приводятся расчеты характеристик годового стока и составляющих годового водного баланса по 5 постам (табл. 2). В [4] есть оценки водных ресурсов отдельных водосборов и в пределах границ областей и республик. Также информация по водному балансу бассейна Урала и его притоков опубликована в «Атласе мирового водного баланса» [40], «Водные ресурсы СССР и их использование» [41], «Водные ресурсы России и их использование» [42], а также в работе [43], правда до г. Оренбурга. В [44] поверхностные естественные водные ресурсы бассейна оценены для поста г. Уральск в $11,4 \text{ км}^3$, а в годы 95 %-ной обеспеченности – $2,7 \text{ км}^3$. В [45] поверхностные водные ресурсы бассейна до поста Оренбург составляют в естественных условиях $3,53 \text{ км}^3$, а в маловодные годы 95 % – $0,53 \text{ км}^3/\text{год}$. В [29] сток левых и правых притоков Урала в пределах Казахстана оценен за 1974-2007 г. в $1,49$ и $0,75 \text{ км}^3/\text{год}$, что на $0,08$ - $0,10 \text{ км}^3$ меньше естественных значений, а за весь период наблюдений – в $1,68$ и $0,81 \text{ км}^3$ (условно-естественный сток был бы $1,77$ и $0,85 \text{ км}^3/\text{год}$). Суммарный приток воды из РФ по Уралу равен $8,67 \text{ км}^3/\text{год}$, из них $4,51$ и $3,31 \text{ км}^3/\text{год}$ это доли рек Урала и Сакмары. В естественных условиях сток Урала из России составил бы $9,59$ (1940-2007) и $10,1 \text{ км}^3$ (1974-2007). Местные водные ресурсы (р. Илек – пост Чилик, р. Орь – Бугетсай, р. Деркул – Белес, р. Барбастау – Барбастау) составляют $2,79 \text{ км}^3$ (1940-2007) и $2,51 \text{ км}^3$ (1974-2007). Наблюденный сток у Кушума оценен в $9,97 \text{ км}^3$ (1940-2007). Если брать его вместе с каналом Кушум, то получаем $12,15 \text{ км}^3$. Восстановленный условно-естественный сток по посту Кушум равен $11,23 \text{ км}^3$. В [26] фактический ($W_{\text{ф}}$) и условно-естественный ($W_{\text{уе}}$) годовой сток воды нижнего Урала в начале бесприточного участка за 1913-2014 гг. равен $10,1$ и $\sim 11,1 \text{ км}^3/\text{год}$. Из них ~ 95 % поступает с территории РФ. К постам Кушум, Тополи, Махамбет и Атырау $W_{\text{ф}}$ сокращается на 4, 11,2, 15,6 и 18,9 %. В море $W_{\text{ф}} \approx 7,79 \text{ км}^3/\text{год}$, а $W_{\text{уе}} \approx 9,02 \text{ км}^3/\text{год}$ (81,3 %).

Таблица 2 – Составляющие водного баланса бассейна р. Урала

Источник	Годовые величины составляющих водного баланса (в числителе – км ³ , в знаменателе – мм)			Коэффициент стока
	осадки	сток	испарение	
[39]	$\frac{85,5}{450}$	$\frac{11,3^*}{59}$	$\frac{74,2}{391}$	0,13
[41]	$\frac{95,0}{402}$	$\frac{10,1^{**}}{42,9}$	$\frac{84,7}{359}$	0,11

Примечание: *по створу поста Тополи, **устье

3. Многолетние колебания стока рек: климатические факторы и закономерности. Вопросу многолетних колебаний водного стока рек в бассейне р. Урал впервые уделено внимание в [4] в связи с необходимостью расчета нормы стока, поиска репрезентативных периодов и створов-аналогов. Обнаружено, что у р. Сакмары те же циклы водности, что и у р. Белой – притока р. Камы, где наблюдения ведутся с 1878 г. На р. Урал у с. Кушум характер многолетних колебаний схож не за весь период. Для левобережных притоков верховьев р. Урала – рек Суундука и Большого Кумака – аналогом выбран пост Ялуторовск на р. Тобол – приток р. Иртыша. Развитием темы синфазности и синхронности многолетних колебаний стока, разделения территорий по этому принципу стала работа [46], в которой бассейн р. Урала отнесен к трем районам. Первый (северо-западный) район включает правобережье верхнего и среднего Урала, бассейн Сакмары и объединен с бассейном р. Камы. Второй район объединяет левобережья верхнего Урала и бассейны рр. Тобола и Ишима. Третий район – это левобережные притоки среднего Урала и низовья реки.

Современным серьезным осмыслением циклических колебаний годового и сезонного стока стала диссертация М.Н. Бубина и публикации по ее результатам [47, 48]. В них по данным на 21 посту (за период до 2003 г.) и 16 метеостанциях выявлены значимые периоды в колебаниях сезонного стока рек Челябинской области. Для весеннего стока рек верхнего Урала ведущими являются ритмы в 2-3 года (за ними следуют 7-8, 13-14 и 18 лет), для лета-осени – 22-23 года (6-7 и 17-18 лет), зимы – 6-7 лет (3-4 и 11-14 лет). С помощью кластерного и корреляционного анализа произведено районирование территории Челябинской области по характеру многолетних колебаний сезонного стока: верхний Урал от Верхнеуральского вдхр. и севернее отнесен к Зауральскому району, вместе с р. Уй (бассейн р.Тобол), а южная часть Челябинской области – к Южному степному району. Последняя основательная работа, где приводится свой взгляд на районирование территории бассейна Урала по синхронности и синфазности колебаний годового стока – это статья [36]. В ней, по данным 28 постов и до 2017 г. выделяется 5 гидрологических районов с парными коэффициентами корреляции между колебаниями годового стока на различных постах >0,7 (рис. 3).

Изучением структуры многолетних колебаний стока рек бассейна р. Урал занимались также специалисты Института степи УрО РАН и Уфимского ГАТУ [24, 25, 49-51]. В [50] были подробно проанализированы колебания водности рек в бассейне Урала на 15 постах и по 2012 г. Выявлены циклы колебаний годового стока с периодами 2,3-2,7, 5,5-7,2, 11,2-22,1 и 35-40 лет практически для всех постов. В [25] подчеркивается, что синфазность колебаний стока с крупными реками прослеживается на реках с $F < 10$ тыс. км² (рр. Салмыш, Суундук и Жарлы), но менее выражено из-за усиления роли местных факторов. В [51] анализ пространственной скоррелированности колебаний стока распространен на большее число постов и сезонный сток. Оценена теснота связей между среднемесячными расходами каждого месяца и $Q_{ср}$, а также между самими средними месячными расходами воды. В [1] для фактических и восстановленных $Q_{ср}$ на посту Кушум продолжительность значимых циклов оценена (за 1913-2014 гг.) от 4,9 лет до 11,3 и 14,6 лет.

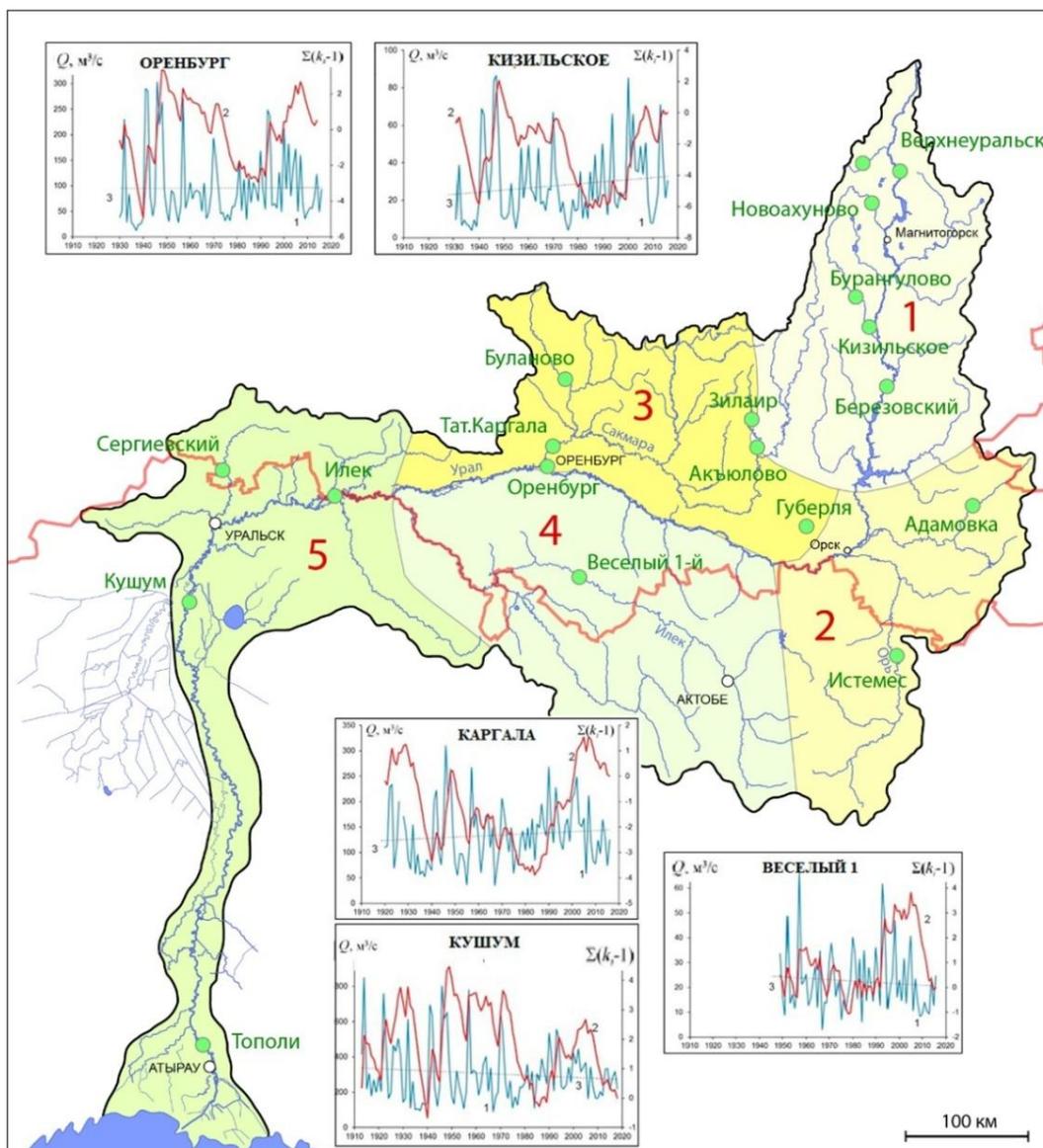


Рисунок 3 – Районы с синхронными и синфазными колебаниями годового стока рек бассейна Урала [36] и графики многолетних колебаний среднегодовых расходов воды (синяя линия) с разностными интегральными кривыми (красная линия) [1]

Вторым направлением исследования многолетних колебаний годового и сезонного стока рек в бассейне Урала стало выявление тенденций в его изменении и выделение характерных многолетних периодов (рассмотрено в п. 2) с критериальной оценкой значимости трендов, отличия величин стока одного периода от другого. Согласно данным из [35], с 1955 г. минимальный сток явно увеличился, максимальный сток нижнего Урала явно уменьшился. После 1975 г. и в сравнении с 1949-1975 г. годовой сток р. Илека из-за эксплуатации водохранилищ уменьшился на 22 %. Минимальный зимний сток увеличился более чем в 3 раза, летне-осенний – в 2 раза. По [1] на зарегулированных участках Урала, на постах, замыкающих территории с крупной водохозяйственной деятельностью, самым маловодными были 1958-1977 гг. С переходом от условно-естественного периода к периодам нарастания и максимальной (с 1978 г.) водохозяйственной нагрузки произошло значимое (по F -test) снижение межгодовой изменчивости стока. Оно отмечено повсеместно, включая притоки и верховья р. Урал с сохранившимся условно-естественным режимом, но в большей мере – именно на зарегулированных участках русел. В 1978-2014 гг., несмотря на нарастание объемов водопотребления и потерь на испарение, водность Урала увеличилась. Похожая

ситуация наблюдалась на Сакмаре, исключая 1958-1977 гг. Стационарность рядов по среднему (согласно *t-test*) не нарушена, чего нельзя сказать о максимальных расходах в среднем и нижнем течении Урала, причем как с переходом во второй, так и в третий периоды; о меженном стоке зимы на многих постах.

Результаты проверки 19 рядов годового стока на однородность с помощью *t-test* и *F-test*, оформленные в виде большой таблицы [7], показали, что они однородны по всем критериям. Исключение составляют 3 поста, ряды которых неоднородны по критерию Стьюдента: р. Таналык – с Самарское, р. Сакмара – с. Верхнегалеево, р. Сакмара – с. Акьюлово. Еще ранее, в статье [52] выполнена одна из первых проверка многолетних рядов максимального стока для постов Верхнеуральск, Кизильское, Березовский, Оренбург, Кушум, Махамбет и Каргала, за период 1936-1989/1994 гг. на наличие тренда, критериями Вилкоксона (*W*), Фишера и Стьюдента. Установлено, что гипотеза об однородности не проходит лишь для постов Кизильское (по *W*), Березовское (по *F-test*), Оренбурга (по тренду), Махамбета (по *W*). В [36] многолетние ряды 9 постов проверены на однородность и независимость с помощью критериев Андерсона, числа серий, тренда Спирмена, Фишера и Стьюдента. Обнаружено статистически значимое изменение дисперсии годового стока на постах Верхнеуральск, Оренбург, Кушум и Тополи после 1975 г. Связаны эти изменения в колебаниях годового стока в основном с антропогенной деятельностью в бассейне, которое авторы связывают с эксплуатацией водохранилищ, что отличается от выводов из [1, 26]. Уменьшение дисперсии годового стока на притоках реки Урал оказалось статистически незначимым.

Современные тенденции изменения водного режима в бассейне р. Урала представлены в работах [37, 38, 53]. В [53] по 9 постам выявлено, что водный режим рек характеризуется устойчивой тенденцией сокращения доли весеннего стока и увеличение доли меженного стока, особенно в зимний период. Отмечено, что несмотря на общность данной тенденции, для рек исследуемого бассейна характерна пространственная неоднородность изменения водного режима, что обусловлено местными физико-географическими условиями стокоформирования. В [37, 38] рассмотрены особенности трансформации параметров минимального стока в бассейне р. Урал – проведен анализ динамики среднемесячных и 30-суточных расходов воды периода низкого стока для рек исследуемого бассейна. Установлены изменения параметров маловодных фаз, в частности – смещение дат наступления периода минимального 30-суточного стока летне-осенней и зимней межени.

Третьим направлением изучения многолетних колебаний стока рек стало обоснование связей между ними и изменениями в климате, снежном покрове, гидрогеологическими условиями и др. Так, в [44] приводятся зависимости весеннего и годового стока на постах Кизильское, Оренбург, Кушум и Тополи от стока р. Сакмары, а также максимальных снегозапасов, суммы осенних осадков (месяцы X-XI), дефицита влажности воздуха за VI-IX. В [43] приводятся графики и уравнения связи между годовым стоком, стоком теплого периода и осадками соответственно годовыми и холодного периода, полученные по данным за 1952-2002 гг.: $Y_{\text{гп}}=4025+0,836 \times X_{\text{хп}}+0,001 \times X^2$, $Y_{\text{год}}=-12,3+0,432 \times X_{\text{г}}$. В работе [49] информативен график совмещенных многолетних колебаний среднегодовых расходов воды р. Сакмары и емкостных запасов подземных вод в водоносном *Q* (аллювиальном) горизонте по данным из федеральных и региональных государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды». Он иллюстрирует довольно тесную связь между речными и подземными (верхнего залегания) водами. В [50] установлено несколько статистически значимых связей с известными климатическими и астрофизическими индексами, в частности противоположный характер когерентности для среднепериодных и долгопериодных колебаний стока (14-30 лет) с E-типом (противофазный) и C-типом (синфазный) атмосферной циркуляции по Вангенгейму для поста Оренбург. Но получены доказательства и неустойчивости таких связей. В работе [16] показано, что связь между стоком нижнего

Урала на посту Кушум и месячными осадками для зимних месяцев отсутствует, а для летних месяцев $R=0,16-0,30$. Июньские осадки существенно влияют на сток июня-сентября. Поэтому одним и тем же значениям осадков и температуры воздуха могут соответствовать разные гидрографы. В интересной работе [53] показано, что при исключении из рассмотрения 20-25 % лет с аномальными погодными условиями, средняя высота снежного покрова в бассейне р.Урала (по данным Snow Depth FEWS NET за 1 марта – 15 апреля) довольно тесно связана с годовым стоком на посту Кушум ($R^2 = 0,89$): $W_{\text{год}}$ (Кушум, млн м³) = $144,5 \times H_{\text{сн,МС}}(\text{см}) + 3417$, $W_{\text{год}}$ (Кушум, млн м³) = $338,7 \times H_{\text{сн,FEWS NET}}(\text{см}) - 1837$. В недавней работе [33], где используются данные уже 56 постов, аналитически обоснованы зависимости между годовым и сезонным стоком на постах Оренбург, Каргала и Веселый № 1 и основными климатическими факторами – температурой воздуха и осадками. Установлено, что построенные за условно-естественный период зависимости имеют наибольшую точность ($R = 0,8-0,9$), хорошую эффективность ($\text{Eff} < 0,6$) и обеспеченность ($p = 75-90\%$). Тогда как, за период изменившегося стока и климатических условий разброс точек увеличился ($R = 0,6-0,8$, $\text{Eff} < 0,8$, $p = 60-80\%$), особенно для зимнего стока.

Четвертое направление – это сценарные оценки дальнейших изменений характеристик стока рек бассейна Урала. Их совсем немного [6, 26, 42, 55-57]. В [55] они получены на период 2006-2035 гг. по очень упрощенной и вызывающей много вопросов схеме. Наиболее надежными прогнозные оценки представляются в работе [26]. Они получены с использованием методики на основе метода водного баланса и по данным климатического моделирования на базе 12 моделей общей циркуляции атмосферы и океана проекта CMIP3 (по сценарию эмиссии парниковых газов и аэрозолей A2). К середине XXI в. (2046-2065 гг.) следует ожидать общего сокращения стока рек в бассейне, по отношению к его величине в 1961-1989 гг. При среднем варианте развития большая часть бассейна попадает в область уменьшения стока на 10-20 %, и только на южных окраинах, где рек практически нет, ожидается более серьезное его уменьшение. При наилучшем варианте годовой сток рек сократится на 5-10% в северной части бассейна и на 10-15% – в южной. При наихудшем варианте сток уменьшится более чем на 20-30 % во всем бассейне. В результате, общее сокращение стока и увеличение межгодовой его изменчивости приведут к увеличению повторяемости маловодных лет, включая годы с экстремально низкой водностью. В статье [56] исследованы возможные изменения среднемноголетнего речного стока в бассейне р. Урал на основе комплекса воднобалансовых зависимостей и с использованием проекций климата, полученных на ансамбле из 11 моделей общей циркуляции атмосферы и океана CMIP5. Полученные оценки изменения речного стока в бассейне р. Урал значительно отличаются по сравнению с прогнозом в работе [26] – в районе г. Оренбург сокращение стока составит около 50 %, а в районе г. Орск – 70 %. В [57] получены оценки стока, поступающего в Казахстан по р. Урал в современный период и на перспективу – до 2050 г. в створе Кушум. Последний оценивался с помощью процедуры нормирования стока и в соответствии с проекциями изменения регионального климата. В итоге получено, что условно-естественный сток р. Урал в зоне его формирования уменьшится на 7-11 %, а бытовой сток на 6-13 %.

Заключение

Согласно полученным результатам, исследования водного режима рек бассейна Урала характеризуются определенной неравномерностью во временном и предметном аспектах. Начальный и слабо обеспеченными работами этап исследований (1930-е годы) совпал с активным промышленным освоением территорий горного Урала и возникшей необходимостью гарантированного обеспечения водными ресурсами крупных промышленных комплексов. Соответственно, основной акцент в исследованиях на данном этапе был сделан на детальную оценку использования водно-ресурсного потенциала

бассейна р.Урал для решения различных водохозяйственных задач. Крупные и фундаментальные работы, посвященные изучению стока и водного режима рек, относятся к 1950-1960 гг., что связано в первую очередь с активным послевоенным промышленным и особенно сельскохозяйственным освоением территории бассейна, строительством новых и расширением старых поселений, запуском Ириклинского водохранилища и подготовкой монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР». В отечественной гидрологии начинают превалировать надежные статистические и географо-гидрологические методы, благодаря которым количественно оценены годовые и сезонные характеристики стока, параметры их кривых обеспеченностей, подробно изучена статистическая структура многолетних колебаний речного стока, проведено районирование территории по синфазности и синхронности колебаний стока, типам водного режима, построены карты и зависимости пространственного изменения стока и параметров фаз водного режима. Появляются первые научные работы, посвященные оценке воздействия хозяйственной деятельности на водный сток р. Урал.

Начиная с 1990-х годов и в XXI в., тематика научно-прикладных исследований бассейна р. Урал дополняется вопросами трансграничного распределения речного стока и, прежде всего, проблемами трансформации водного режима в условиях высокой антропогенной нагрузки (прежде всего регулирование стока водохранилищами). Последнее десятилетие – это период изучения взаимосвязей между изменением параметров водного режима и глобальными (региональными) изменениями климата как на современном этапе, так и на перспективу.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках НИР по теме «Экологическая оценка последствий регулирования стока в трансграничном бассейне трансграничной реки Урал (Жайык) и разработка научно-обоснованных предложений по экологической реабилитации, сохранению и восстановлению трансграничной реки Урал (Жайык)», тем государственного задания I.10, ЦИТИС 121051400038-1, научной школы МГУ «Климат и окружающая среда» и № АААА–А21–121011190016–1.

Список литературы

1. Магрицкий Д.В., Кенжебаева А.Ж. Закономерности, характеристики и причины изменчивости годового и сезонного стока воды рек в бассейне р. Урал // Наука. Техника. Технология (политехнический вестник). 2017. № 3. С. 39-61.
2. Чибилёв А.А. Бассейн Урала: История, география, экология. Екатеринбург: СВ-96, 2008. 312 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 3. Актюбинская область. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 515 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 2. Урало-Эмбинский район. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 512 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 2. Урало-Эмбинский район. Приложения. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 155 с.
6. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Урал (Российская часть). Т. 1-6. Екатеринбург: ФГУП «РосНИИВХ», 2013.
7. Клименко Д.Е. Годовой сток Урала. Пермь, 2011. 196 с.
8. Перспективы комплексного использования водно-земельных ресурсов бассейна реки Урал / С.Г. Боскис, М.Н. Троицкий. Москва; Ташкент: Сазгипровод, 1934. [Электронный ресурс]. URL: <https://elib.rgo.ru/handle/123456789/229311> (дата обращения: 21.09.2022).
9. Справочник по водным ресурсам СССР. Т. 12. Урал и Южное Приуралье. Ч. 1 / под общ. ред. Л.К. Давыдова. Ленинград-Москва, 1936. 664 с.

10. Давыдов Л.К. Гидрография СССР (воды суши). Ч. II. Л.: Изд-во ЛГУ, 1955. 600 с.
11. Зайков Б.Д. Средний сток и его распределение в году на территории СССР // Труды НИУ ГУГМС. Сер. IV. 1946. Вып. 24. 148 с.
12. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Л.: Гидромет. изд-во, 1960. 455 с.
13. Карта «Водный режим рек России и сопредельных территорий» / Карта для высшей школы. Масштаб 1:8 000 000. Новосибирск: Роскартография, 2001.
14. Национальный атлас России. Т. 2. Природа, экология. М.: Роскартография, 2007. 496 с.
15. Чибилёв А.А. Дорога к Каспию. Алма-Ата: «Кайнар», 1988. 240 с.
16. Давлетгалиев С.К. Прогноз гидрографа стока река Жайык – Село Кушум на основе смоделированных рядов // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Материалы Международной научно-практической конференции. Кн. 2. Алматы, 2016. С. 63-69.
17. Энциклопедия «Реки и озера мира» / под. науч. ред. В.И. Данилова-Данильяна. Москва: Энциклопедия, 2012. 924 с.
18. Научно-популярная энциклопедия «Вода России». [Электронный ресурс]. URL: <https://water-rg.ru> (дата обращения: 12.10.2019).
19. Справочник по водным ресурсам СССР. Т. 12. Урал и Южное Приуралье. Ч. 2 / под общ. ред. Л.К. Давыдова. Ленинград-Москва, 1936. 960 с.
20. Быков В.Д. Сток рек Урала. М., 1963. 144 с.
21. Соколовский Д.Л. Водные ресурсы рек промышленного Урала и методика их расчета // Труды Научно-исследовательских учреждений гидрометслужбы. Сер. IV. Вып. 7. Свердловск; Москва, 1943. 248 с.
22. Атлас расчетных гидрологических карт и номограмм. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 23 л.
23. Национальный атлас Республики Казахстан. Т. I: Природные условия и ресурсы Алматы, 2010. 150 с.
24. Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Современные изменения водного режима рек бассейна р. Урал // Вопросы географии. 2018. № 145. Гидрологические изменения. С. 298-313.
25. Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилев А.А. Изменения водного режима рек бассейна реки Урал // Доклады Академии наук. Науки о Земле. 2019. Т. 488. № 5. С. 545-549.
26. Магрицкий Д.В., Евстигнеев В.М., Юмина Н.М., Торопов П.А., Кенжебаева А.Ж., Ермакова Г.С. Изменения стока в бассейне р. Урал // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2018. № 1. С. 90-101.
27. Fatkhutdinova R., Gareeva D. River runoff variability at watercourses of the Ural river basin // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 163. 05002.
28. Вода России. Речные бассейны / под науч. ред. А.М. Черняева. Екатеринбург: «АКВА-ПРЕСС», 2000. 536 с.
29. Давлетгалиев С.К. Поверхностные водные ресурсы рек Жайык – Каспийского бассейна в границах Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. 2011. № 1. С. 56-65.
30. Михайлов В.Н., Кравцова В.И., Магрицкий Д.В., Михайлова М.В., Исупова М.В. Дельты каспийских рек и их реакция на изменение уровня моря // Вестн. Каспия. 2004. № 6. С. 60-104.
31. Михайлов В.Н., Магрицкий Д.В., Кравцова В.И., Михайлова М.В., Исупова М.В. Воздействие изменения уровня Каспийского моря и водохозяйственных мероприятий на гидрологический режим и морфологию устьев рек // Вестн. Московского ун-та. Серия 5. География. 2011. № 2. С. 85-95.

32. Ивкина Н.И. Изменение притока в Каспийское море в результате антропогенного воздействия и изменения климата на примере р. Жайык (Урал) // Гидрометеорология и экология, 2016. № 3. С. 50-55.
33. Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления / под ред. В.Н. Михайлова. М.: ГЕОС, 2013. 703 с.
34. Magritsky D.V., Kenzhebaeva A.K., Yumina N.Yu., Efimova L.E., Moreido V.M. Climatic changes and water management in the Ural River basin and their impact on the river water regime // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. vol. 817. no. 012062. pp. 1-10. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012062.
35. Абдрахимов Р.Г., Чигринец А.Г. Проблемы оценки влияния хозяйственной деятельности на сток некоторых рек Западного Казахстана // Гидрометеорология и экология. 2009. № 1. С. 18-22.
36. Юмина Н.М., Козлов М.О. Анализ многолетней изменчивости стока рек бассейна р. Урал // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2021. № 1(82). С. 9-12.
37. Сивохиц Ж. Т., Павлейчик В.М., Падалко Ю.А. Изменение минимального стока в бассейне р.Урал // Известия РАН. Серия Географическая. 2021. Т. 85. № 6. С. 900-913.
38. Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А. Изменение стока зимней межени в бассейне р. Урал // Доклады Академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 499. № 2. С. 203-208.
39. Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза. Л.: Гидрометеоздат, 1967. 203 с.
40. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. М., Л.: Гидрометеоздат, 1974. 638 с.
41. Водные ресурсы СССР и их использование. Л.: Гидрометеоздат, 1987. 300 с.
42. Водные ресурсы России и их использование / под ред. И.А. Шикломанова. СПб.: ГГИ, 2008. 600 с.
43. Подосёнова И.А. Особенности структуры водного баланса бассейна реки Урал и его геоэкологическая значимость: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Оренбург, 2005. 19 с.
44. Родионов В.З. Влияние хозяйственной деятельности на сток р. Урала // Труды ГГИ. 1977. Вып. 239. С. 109-122.
45. Григорьев О.М. Оценка влияния промышленно-коммунального водопотребления на сток р. Урал // Труды ГГИ. 1981. Вып. 273. С. 44-61.
46. Кузин П.С., Бабкин В.И. Географические закономерности гидрологического режима рек. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 200 с.
47. Бубин М.Н. Многолетние колебания сезонного стока рек Челябинской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Челябинск, 2007. 19 с.
48. Бубин М.Н. Районирование территории по синхронности многолетних колебаний зимнего стока рек (на примере Челябинской области) // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 316. № 1. С. 137-142.
49. Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Современная антропогенная нагрузка в бассейне реки Сакмары и проблемы ее ограничения // Проблемы прикладной экологии. 2014. Т. 16. № 5. С. 304-307.
50. Васильев Д.Ю., Сивохиц Ж.Т., Чибилев А.А. Динамика климата и внутривековые колебания стока в бассейне реки Урал // Доклады Академии наук. Науки о Земле. 2016. Т. 469. № 1. С. 102-107.
51. Васильев Д.Ю., Водопьянова В.В., Закирзянова Ш.И., Кенжебаева А.Ж., Семенов В.А., Сивохиц Ж.Т. Корреляционные связи многолетних колебаний месячного и годового стока в бассейне реки Урал // Известия РАН. Серия географическая. 2020. Т. 84. № 3. С. 414-426.

52. Полонский В.Ф., Остроумова Л.П. Вероятностные оценки уровня воды на устьевом участке р. Урал при взаимодействии ее стока и нагонов // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. № 5. С. 542-551.

53. Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М. Современные тенденции внутригодового распределения речного стока в бассейне р. Урал // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». 2020. Т. 33. С. 112-123.

54. Терехов А.Г., Ивкина Н.И., Абаев Н.Н., Галаева А.В., Елтай А.Г. Реакция стока реки Урал на изменения высоты снежного покрова в ее бассейне в период 2001-2019 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 181-190. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-181-190.

55. Линейцева А.В. Поступление стока в Республику Казахстан по реке Урал на перспективу до 2035 года // Гидрометеорология и экология. 2011. № 2. С. 64-68.

56. Алиева М.Б., Сидорова М.В., Кашутина Е.А. Прогноз стока в бассейне р. Урал в 21 веке // Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Сочи, 20-25 сент. 2021 г.). Новочеркасск, 2021. С. 18-22.

57. Ивкина Н.И., Галаева А.В., Саиров С.Б., Долгих С.А., Смирнова Е.Ю. Оценка годового стока реки Жайык (Урал) в створе у с. Кушум на перспективу до 2050 г. с учетом изменения климата // Гидрометеорология и экология. 2020. № 3. С. 52-68.

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

Поступила в редакцию 13.10.2022

Принята к публикации 16.03.2023

SCIENTIFIC AND APPLIED STUDY OF RUNOFF IN THE URAL RIVER BASIN IN THE XX CENTURY – THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY. PART 1. RUNOFF AND WATER REGIME. LONG-TERM CHANGES

D. Magritsky¹, *Zh. Sivokhip², V. Pavleichik², D. Kisebaev³

¹Moscow State University, Russia, Moscow

²Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg

³Branch of RSE “Kazhydromet”, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: sivokhip@mail.ru

The paper presents the results of the analysis and generalization of scientific studies of runoff and water regime in the Ural River basin in the XX century – the beginning of the XXI century. The main scientific and applied directions in the study of river flow in the basin and its changes are highlighted. The main results are given from the most important and fundamental publications. It is noted that the development of scientific ideas about the parameters of the runoff and the water regime of the Ural River and its tributaries, spatial and temporal patterns and factors of its changes developed gradually, in accordance with the requests of the water management complex and during the preparation of large monographs, specialized reference books, etc. There are two most important periods with the largest number of publications – the 1960s-1980s and the modern stage, since the 2000s.

Key words: river, gauging station, runoff, water regime, discharge parameters, temporal and spatial variability, overview.

References

1. Magritskii D.V., Kenzhebaeva A.Zh. Zakonomernosti, kharakteristiki i prichiny izmenchivosti godovogo i sezonnogo stoka vody rek v basseine r. Ural. Nauka. Tekhnika. Tekhnologiya (politekhicheskii vestnik). 2017. N 3. S. 39-61.
2. Chibilev A.A. Bassein Urala: Istoriya, geografiya, ekologiya. Ekaterinburg: SV-96, 2008. 312 s.
3. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 12. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyi Kazakhstan. Vyp. 3. Aktyubinskaya oblast'. L.: Gidrometeoizdat, 1966. 515 s.
4. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 12. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyi Kazakhstan. Vyp. 2. Uralo-Embinskii raion. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 512 s.
5. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 12. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyi Kazakhstan. Vyp. 2. Uralo-Embinskii raion. Prilozheniya. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 155 s.
6. Skhema kompleksnogo ispol'zovaniya i okhrany vodnykh ob'ektov basseina reki Ural (Rossiiskaya chast'). T. 1-6. Ekaterinburg: FGUP "RosNIIVKh", 2013.
7. Klimenko D.E. Godovoi stok Urala. Perm', 2011. 196 s.
8. Perspektivy kompleksnogo ispol'zovaniya vodno-zemel'nykh resursov basseina reki Ural. S.G. Boskis, M.N. Trotskii. Moskva; Tashkent: Sazgiprovod, 1934. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://elib.rgo.ru/handle/123456789/229311> (data obrashcheniya: 21.09.2022).
9. Spravochnik po vodnym resursam SSSR. T. 12. Ural i Yuzhnoe Priural'e. Ch. 1. Pod obshch. red. L.K. Davydova. Leningrad-Moskva, 1936. 664 s.
10. Davydov L.K. Gidrografiya SSSR (vody sushi). Ch. II. L.: Izd-vo LGU, 1955. 600 s.
11. Zaikov B.D. Srednii stok i ego raspredelenie v godu na territorii SSSR. Trudy NIU GUGMS. Ser. IV. 1946. Vyp. 24. 148 s.
12. Kuzin P.S. Klassifikatsiya rek i gidrologicheskoe raionirovanie SSSR. L.: Gidromet. izd-vo, 1960. 455 s.
13. Karta "Vodnyi rezhim rek Rossii i sopredel'nykh territorii". Karta dlya vysshei shkoly. Masshtab 1:8 000 000. Novosibirsk: Roskartografiya, 2001.
14. Natsional'nyi atlas Rossii. T. 2. Priroda, ekologiya. M.: Roskartografiya, 2007. 496 s.
15. Chibilev A.A. Doroga k Kaspiyu. Alma-Ata: "Kainar", 1988. 240 s.
16. Davletgaliev S.K. Prognoz gidrografa stoka reka Zhaiyk – Selo Kushum na osnove smodelirovannykh ryadov. Vodnye resursy Tsentral'noi Azii i ikh ispol'zovanie: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Kn. 2. Almaty, 2016. S. 63-69.
17. Entsiklopediya "Reki i ozera mira". Pod. nauch. red. V.I. Danilova-Danil'yana. Moskva: Entsiklopediya, 2012. 924 s.
18. Nauchno-populyarnaya entsiklopediya "Voda Rossii". [Elektronnyi resurs]. URL: <https://water-ru.ru> (data obrashcheniya: 12.10.2019).
19. Spravochnik po vodnym resursam SSSR. T. 12. Ural i Yuzhnoe Priural'e. Ch. 2. Pod obshch. red. L.K. Davydova. Leningrad-Moskva, 1936. 960 s.
20. Bykov V.D. Stok rek Urala. M., 1963. 144 s.
21. Sokolovskii D.L. Vodnye resursy rek promyshlennogo Urala i metodika ikh rascheta. Trudy Nauchno-issledovatel'skikh uchrezhdenii gidrometsluzhby. Ser. IV. Vyp. 7. Sverdlovsk; Moskva, 1943. 248 s.
22. Atlas raschetnykh gidrologicheskikh kart i nomogramm. L.: Gidrometeoizdat, 1986. 23 l.
23. Natsional'nyi atlas Respubliki Kazakhstan. T. I: Prirodnye usloviya i resursy Almaty, 2010. 150 s.
24. Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M., Chibilev A.A., Padalko Yu.A. Sovremennye izmeneniya vodnogo rezhima rek basseina r. Ural. Voprosy geografii. 2018. N 145. Gidrologicheskie izmeneniya. S. 298-313.

25. Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M., Chibilev A.A. *Izmeneniya vodnogo rezhima rek basseina reki Ural. Doklady Akademii nauk. Nauki o Zemle.* 2019. T. 488. N 5. S. 545-549.
26. Magritskii D.V., Evstigneev V.M., Yumina N.M., Toropov P.A., Kenzhebaeva A.Zh., Ermakova G.S. *Izmeneniya stoka v basseine r. Ural. Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya.* 2018. N 1. S. 90-101.
27. Fatkhutdinova R., Gareeva D. *River runoff variability at watercourses of the Ural river basin. E3S Web of Conferences.* 2020. Vol. 163. 05002.
28. *Voda Rossii. Rechnye basseiny. Pod nauch. red. A.M. Chernyaeva. Ekaterinburg: "AKVA-PRESS", 2000. 536 s.*
29. Davletgaliev S.K. *Poverkhnostnye vodnye resursy rek Zhaiyk – Kaspiiskogo basseina v granitsakh Respubliki Kazakhstan. Gidrometeorologiya i ekologiya.* 2011. N 1. S. 56-65.
30. Mikhailov V.N., Kravtsova V.I., Magritskii D.V., Mikhailova M.V., Isupova M.V. *Del'ty kaspiiskikh rek i ikh reaktsiya na izmenenie urovnya morya. Vestn. Kaspiya.* 2004. N 6. S. 60-104.
31. Mikhailov V.N., Magritskii D.V., Kravtsova V.I., Mikhailova M.V., Isupova M.V. *Vozdeistvie izmeneniya urovnya Kaspiiskogo morya i vodokhozyaistvennykh meropriyatii na gidrologicheskii rezhim i morfologiyu ust'ev rek. Vestn. Moskovskogo un-ta. Seriya 5. Geografiya.* 2011. N 2. S. 85-95.
32. Ivkina N.I. *Izmenenie pritoka v Kaspiiskoe more v rezul'tate antropogennogo vozdeistviya i izmeneniya klimata na primere r. Zhaiyk (Ural). Gidrometeorologiya i ekologiya,* 2016. N 3. S. 50-55.
33. *Ust'ya rek Kaspiiskogo regiona: istoriya formirovaniya, sovremennye gidrologo-morfologicheskie protsessy i opasnye gidrologicheskie yavleniya. Pod red. V.N. Mikhailova. M.: GEOS, 2013. 703 s.*
34. Magritsky D.V., Kenzhebaeva A.K., Yumina N.Yu., Efimova L.E., Moreido V.M. *Climatic changes and water management in the Ural River basin and their impact on the river water regime. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2021. vol. 817. no. 012062. pp. 1-10. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012062.
35. Abdrakhimov R.G., Chigrinets A.G. *Problemy otsenki vliyaniya khozyaistvennoi deyatel'nosti na stok nekotorykh rek Zapadnogo Kazakhstana. Gidrometeorologiya i ekologiya.* 2009. N 1. S. 18-22.
36. Yumina N.M., Kozlov M.O. *Analiz mnogoletnei izmenchivosti stoka rek basseina r. Ural. Evraziiskii Soyuz Uchenykh (ESU).* 2021. N 1(82). S. 9-12.
37. Sivokhip Zh. T., Pavleichik V.M., Padalko Yu.A. *Izmenenie minimal'nogo stoka v basseine r.Ural. Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya.* 2021. T. 85. N 6. S. 900-913.
38. Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M., Chibilev A.A. *Izmenenie stoka zimnei mezheni v basseine r. Ural. Doklady Akademii nauk. Nauki o Zemle.* 2021. T. 499. N 2. S. 203-208.
39. *Vodnye resursy i vodnyi balans territorii Sovetskogo Soyuza. L.: Gidrometeoizdat, 1967. 203 s.*
40. *Mirovoi vodnyi balans i vodnye resursy Zemli. M., L.: Gidrometeoizdat, 1974. 638 s.*
41. *Vodnye resursy SSSR i ikh ispol'zovanie. L.: Gidrometeoizdat, 1987. 300 s.*
42. *Vodnye resursy Rossii i ikh ispol'zovanie. Pod red. I.A. Shiklomanova. SPb.: GGI, 2008. 600 s.*
43. *Podosenova I.A. Osobennosti struktury vodnogo balansa basseina reki Ural i ego geoekologicheskaya znachimost': avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Orenburg, 2005. 19 s.*
44. *Rodionov V.Z. Vliyanie khozyaistvennoi deyatel'nosti na stok r. Urala. Trudy GGI. 1977. Vyp. 239. S. 109-122.*
45. *Grigor'ev O.M. Otsenka vliyaniya promyshlenno-kommunal'nogo vodopotrebleniya na stok r. Ural. Trudy GGI. 1981. Vyp. 273. S. 44-61.*
46. *Kuzin P.S., Babkin V.I. Geograficheskie zakonomernosti gidrologicheskogo rezhima rek. L.: Gidrometeoizdat, 1979. 200 s.*

47. Bubin M.N. Mnogoletnie kolebaniya sezonnogo stoka rek Chelyabinskoi oblasti: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Chelyabinsk, 2007. 19 s.
48. Bubin M.N. Raionirovanie territorii po sinkhronnosti mnogoletnikh kolebaniy zimnego stoka rek (na primere Chelyabinskoi oblasti). Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. 2010. T. 316. N 1. S. 137-142.
49. Chibilev A.A., Padalko Yu.A. Sovremennaya antropogennaya nagruzka v basseine reki Sakmary i problemy ee ogranicheniya. Problemy prikladnoi ekologii. 2014. T. 16. N 5. S. 304-307.
50. Vasil'ev D.Yu., Sivokhip Zh.T., Chibilev A.A. Dinamika klimata i vnutrivekovye kolebaniya stoka v basseine reki Ural. Doklady Akademii nauk. Nauki o Zemle. 2016. T. 469. N 1. S. 102-107.
51. Vasil'ev D.Yu., Vodop'yanova V.V., Zakirzyanova Sh.I., Kenzhebaeva A.Zh., Semenov V.A., Sivokhip Zh.T. Korrelyatsionnye svyazi mnogoletnikh kolebaniy mesyachnogo i godovogo stoka v basseine reki Ural. Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2020. T. 84. N 3. S. 414-426.
52. Polonskii V.F., Ostroumova L.P. Veroyatnostnye otsenki urovnya vody na ust'evom uchastke r. Ural pri vzaimodeistvii ee stoka i nagonov. Vodnye resursy. 2002. T. 29. N 5. S. 542-551.
53. Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M. Sovremennye tendentsii vnutrigodovogo raspredeleniya rechnogo stoka v basseine r. Ural. Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Nauki o Zemle". 2020. T. 33. S. 112-123.
54. Terekhov A.G., Ivkina N.I., Abaev N.N., Galaeva A.V., Eltai A.G. Reaktsiya stoka reki Ural na izmeneniya vysoty snezhnogo pokrova v ee basseine v period 2001-2019 gg. Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2020. T. 17. N 5. S. 181-190. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-181-190.
55. Lineitseva A.V. Postuplenie stoka v Respubliku Kazakhstan po reke Ural na perspektivu do 2035 goda. Gidrometeorologiya i ekologiya. 2011. N 2. S. 64-68.
56. Alieva M.B., Sidorova M.V., Kashutina E.A. Prognoz stoka v basseine r. Ural v 21 veke. Transgranichnye vodnye ob"ekty: ispol'zovanie, upravlenie, okhrana: sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (Sochi, 20-25 sent. 2021 g.). Novocherkassk, 2021. S. 18-22.
57. Ivkina N.I., Galaeva A.V., Sairov S.B., Dolgikh S.A., Smirnova E.Yu. Otsenka godovogo stoka reki Zhaiyk (Ural) v stvore u s. Kushum na perspektivu do 2050 g. s uchetom izmeneniya klimata. Gidrometeorologiya i ekologiya. 2020. N 3. S. 52-68.

Сведения об авторах:

Дмитрий Владимирович Магрицкий

К.г.н., доцент, старший научный сотрудник, МГУ им. М.В. Ломоносова

ORCID 0000-0002-4953-8376

Dmitriy Magritskiy

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Lomonosov Moscow State University

Жанна Тарасовна Сивохип

К.г.н., ведущий научный сотрудник, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0001-5704-0554

Zhanna Sivohip

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Владимир Михайлович Павлейчик

К.г.н., ведущий научный сотрудник, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0002-2846-0442

Vladimir Pavleichik

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Даулет Курмангазыевич Кисебаев

Начальник Отдела метеорологических прогнозов в филиале РГП «Казгидромет» по г. Алматы (Казахстан)

Daulet Kisebaev

Head of the Meteorological Forecasts Department at the Branch of RSE “Kazhydromet” in Almaty (Kazakhstan)

Для цитирования: Магрицкий Д.В., Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М., Кисебаев Д.К. Научно-прикладное изучение стока рек в бассейне Урала в XX в. – начале XXI в. Часть 1. Сток и водный режим. Многолетние изменения // Вопросы степеведения. 2023. № 1. С. 25-44. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-1-25-44