

АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СТОКА РЕК БАСЕЙНА Р.УРАЛ

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2021.5.82.1236

Юмина Наталья Михайловна*Канд. геогр. наук, с.н.с. кафедры гидрологии суши
Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,
г. Москва***Козлов Михаил Олегович***Студент кафедры гидрологии суши
Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,
г. Москва***АННОТАЦИЯ**

Уточнено гидрологическое районирование бассейна реки Урал по синхронности и синфазности колебаний годового стока. Выделено 5 гидрологических районов. Для 9 гидрологических постов и 5 метеостанций, расположенных в разных частях бассейна, проведен детальный статистический анализ многолетних данных. Выявлен единый 1975 год начала гидро-метеорологических изменений в бассейне. Для каждого гидрологического района выявлены статистически значимые изменения годового и сезонного стока рек. Проведена оценка факторов изменения стока. Выделены районы с преобладающим влиянием на изменение стока либо антропогенной нагрузки на водные ресурсы, либо климатических изменений.

ABSTRACT

The hydrological zoning of the Ural River basin has been clarified in terms of synchronism and in-phase fluctuations in annual runoff. 5 hydrological regions have been identified. For 9 hydrological posts and 5 meteorological stations located in different parts of the basin, a detailed statistical analysis of long-term data was carried out. A single 1975 year of the beginning of hydro-meteorological changes in the basin was revealed. For each hydrological region, statistically significant changes in the annual and seasonal runoff were revealed. The assessment of the factors of change in runoff was carried out. Areas with a predominant influence on the change in runoff or anthropogenic load on water resources or climatic changes are identified.

Ключевые слова: годовой сток, сезонный сток, пространственно-временная изменчивость стока

Keywords: annual runoff, seasonal runoff, spatio-temporal variability of runoff

Река Урал протекает частью в Российской Федерации (Башкирия, Челябинская и Оренбургская обл.) и частью в Республике Казахстан (Западно-Казахстанская и Атырауская обл.). Основные притоки реки Урал: справа – Сакмара; слева – Орь и Илек. Бассейн реки Урал расположен в умеренном климатическом поясе, на стыке областей умеренно континентального и континентального климата. Область питания реки находится в верхней горной части ее бассейна и на равнинном участке между городами Орском и Уральском, а южнее, протекая по Прикаспийской низменности, река не только не получает дополнительного питания, но теряет часть своих вод на отток в рукава, испарение и фильтрацию в берега. Реки бассейна по классификации водного режима Б.Д. Зайкова относятся к казахстанскому типу группы рек с весенним половодьем. Основное питание идет за счет талых снеговых вод – 60-80% объема годового стока. Дождевые осадки составляют 2-12%, подземные воды – 13-38% [1; 5]. Для бассейна Урала характерно крайне неравномерное распределение водных ресурсов в пространстве и во времени. Реки бассейна отличаются значительной межгодовой и внутригодовой изменчивостью стока. Глубокие гидрологические засухи в бассейне нередко сочетаются с катастрофическими наводнениями [3; 4].

Рост масштабов водохозяйственной деятельности и климатической неустойчивости лишь усложняет ситуацию с опасными гидрологическими процессами и увеличивает

ущерб. Река Урал является трансграничной рекой, что в условиях значительной антропогенной нагрузки на водные ресурсы региона и изменяющегося климата усиливает проблему дефицита пресноводных ресурсов и рационального использования воды. В этих условиях недостаточно одного лишь гидрологического мониторинга и констатации сложившейся ситуации, необходим детальный анализ причин и закономерностей гидрологических изменений. В первую очередь, причин и характера пространственно-временной изменчивости расходов воды, регулирующих большую часть опасных гидрологических процессов. В связи с этим работа по выявлению основных закономерностей и причин изменения стока рек бассейна, современных масштабов как многолетних, так и внутригодовых изменений стока, поиска связей изменения стока с основными факторами является важной и актуальной.

В работе были использованы данные по среднегодовым и среднемесячным расходам воды за период от начала наблюдений до 2017 г. для 28 гидрологических постов, расположенных, как на самой реке Урал, так и на основных ее притоках. Для более детального статистического анализа было отобрано 9 гидрологических постов (г. Верхнеуральск, с. Кизильское, пос. Березовский, г. Оренбург, с. Кушум и с. Тополи на реке Урал; с. Истемес на реке Орь; пос. Весёлый №1 на реке Илек; с. Каргала на реке Сакмара), с наиболее продолжительными рядами наблюдений и расположенных в разных частях бассейна. Для анализа климатических изменений были

использованы данные 5 метеостанций (Верхнеуральск, Зилаир, Акбулак, Оренбург, Атырау), также расположенных в различных частях бассейна.

Была проведена статистическая обработка данных, включающая проверку рядов на однородность и независимость, а также наличие внутрирядной связности. Проверка на независимость и однородность проводилась с использованием стандартных статистических критериев: критерия Андерсона, критерия числа серий, критерия тренда Спирмена, критериев Фишера и Стьюдента [2, 6]. Помимо этого применялись стандартные гидрологические методы обработки и анализа данных, включающие построение разностно-интегральных кривых, суммарно-интегральных кривых, различных графиков и карт.

Анализ всей имеющейся гидрометеорологической информации с учетом анализа антропогенной нагрузки на водные ресурсы (главной из которых является строительство и ввод в эксплуатацию крупных водохранилищ на территории бассейна) позволил выделить 1975 год как средний для бассейна Урала год начала нарушений в колебаниях стока.

Для большей части постов за весь период наблюдений была обнаружена статистически достоверная автокорреляция в колебаниях годового стока. Это может свидетельствовать об аккумулирующей роли речного бассейна при существенном влиянии подземного стока. При этом было выявлено для всех постов уменьшение коэффициентов автокорреляции за период после 1975 г., вплоть до перехода к статистически незначимым значениям.

Статистически значимое изменение дисперсии годового стока за периоды до и после 1975 г. было обнаружено для таких постов на реке Урал, как г. Верхнеуральск, г. Оренбург, с. Кушум и с. Тополи. Связаны эти изменения в колебаниях годового стока в основном с антропогенной деятельностью в бассейне, а именно строительством в 1960х и 1970х гг. крупных водохранилищ на реке Урал. Так, под влиянием работы Верхнеуральского водохранилища дисперсия годового стока реки Урал в г. Верхнеуральск за период после 1975 г. уменьшилась в два с половиной раза. В с. Кизильское и пос. Березовский, несмотря на регулирование стока Верхнеуральским и Магнитогорским водохранилищами, уменьшение дисперсии оказалось статистически незначимым. В г. Оренбург, с. Кушум и с. Тополи, расположенных ниже всех крупных водохранилищ на реке Урал, дисперсия годового стока уменьшилась в 2-3 раза.

Уменьшение дисперсии годового стока на притоках реки Урал оказалось статистически незначимым. При этом в целом по бассейну не было обнаружено статистически значимых изменений нормы годового стока.

Модуль годового стока за период после 1975 г. по территории бассейна закономерно уменьшается с северо-востока (полугорные районы) на юго-запад (равнинные, полупустынные области). Максимальное значение модуля годового стока наблюдаются на р. Сакмара в с. Каргала (4,86 л/с·км²). По течению Урала модуль стока также уменьшается с 2,63 л/с·км² (г. Верхнеуральск) до 1,09 л/с·км² (с. Тополи).

Для бассейна Урала на основе анализа разностно-интегральных кривых и парных коэффициентов корреляции годового стока рек бассейна, а также с учетом рельефа местности было уточнено ранее проведенное [5] гидрологическое районирование территории по синхронности и синфазности колебаний годового стока. Всего в бассейне Урала было выделено 5 гидрологических районов с парными коэффициентами корреляции между колебаниями годового стока на различных постах более 0,7: 1 – включает горные и полугорные реки верховьев Урала на северо-востоке бассейна; 2 – включает левые притоки среднего течения Урала, берущие начало на Урало-Тобольском водоразделе; 3 – включает правые притоки, стекающие с возвышенности Общий Сырт; 4 – включает левобережные притоки среднего и нижнего течения, берущие начало на Подуральском плато; и 5 – включает реки на плато Устюрт (рис. 1).

С учетом проведенного статистического анализа стока можно сделать вывод, что наибольшие изменения годового стока наблюдаются в районе 1. Здесь находятся крупнейшие водохранилища (Верхнеуральское, Магнитогорское, Сакмарское, Ириклинское), а также большие предприятия промышленности. На втором месте по степени антропогенного влияния на сток рек находится район 5, где действует Кушумский канал и оросительные системы в районе с. Тополи. В районах 2, 3, 4 антропогенная деятельность представлена работой водохранилищ и предприятий меньшего, относительно района 1, масштаба: для района 2 – Орско-Гайский комбинат и Красночабанское, Ушкотинское и Верхнекумакское водохранилища; для района 3 – Оренбургский комбинат и не крупные водохранилища бассейна Сакмары; для района 4 – промышленный район Актобе и Актюбинское и Каргалинское водохранилища.

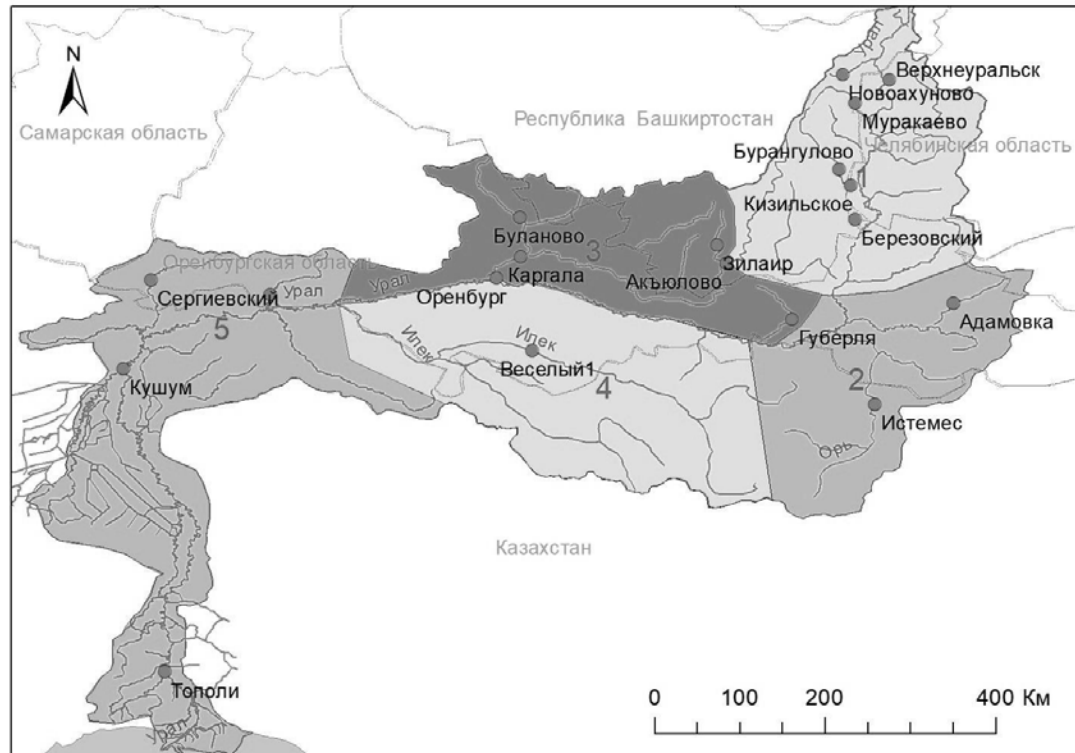


Рисунок 1. Районы с синхронными и синфазными колебаниями годового стока рек бассейна Урала

Наибольшие изменения сезонного стока рек бассейна Урала также характерны для районов 1 и 5. Так, в районе 5 сток рек в период весеннего половодья, основную фазу водного режима рек, после 1975 г. уменьшился в среднем на 23,5%, в районе 1 – на 13,3%. В районах 2 и 4 сток весеннего половодья уменьшился в среднем на 10-11%. В районе 3 наблюдается незначительное увеличение, на 7,5%, стока за весеннее половодье. После 1975 г. практически для всего бассейна Урала характерно значительное увеличение зимнего меженного стока рек: в 1 районе на 38%, в 3 районе на 44%, в 4 районе на 75%, в 5 районе на 41%. Во 2 районе с декабря по февраль изменение меженного стока незначительно, а в марте наблюдается уменьшение стока практически в два раза. Такие изменения сезонного стока рек в районах со значительной антропогенной нагрузкой на водные ресурсы (в основном районы 1 и 5) обусловлены сезонным регулированием водохранилищ, которые в период половодья аккумулируют воду, уменьшая сток, а в остальную часть года расходуют эти запасы, повышая сток межени.

Для анализа вклада климатических факторов в изменения стока рек были проанализированы ряды осадков и температуры воздуха на метеостанциях, расположенных на территории бассейна Урала. Анализ многолетних данных среднегодовой температуры воздуха на метеостанциях показал существенное увеличение температуры воздуха также после 1975 г. В результате статистического анализа рядов годовых сумм осадков и среднегодовой температуры воздуха на всех метеостанциях была выявлена тенденция к уменьшению дисперсии осадков и температуры за

период после 1975 г. На метеостанциях Верхнеуральск и Атырау уменьшение дисперсии статистически значимо и существенно (для температуры в 5,5 раз). Увеличение среднегодовой температуры воздуха статистически значимо на всех метеостанциях кроме Верхнеуральска (примерно на 25-30%, на м/с Зилаир – почти в 2 раза).

По сезонам также наблюдается увеличение температуры воздуха на всех метеостанциях. Изменение же осадков не так однозначно. Средние за весеннее половодье осадки увеличились во всех гидрологических районах бассейна Урала. В верховьях Урала и Сакмары в апреле наблюдается увеличение осадков на 27-30%, а в мае – уменьшение на 7-13%. Зимние осадки также увеличились в большинстве районов, кроме района 1, куда входят верховья Урала. В районе 3 (бассейн Сакмары) среднее увеличение зимних осадков составило более 20%. Таким образом, для района 3 характерны наиболее значительные климатические изменения, что позволяет сделать вывод, что при незначительной антропогенной нагрузке на водные ресурсы бассейна Сакмары климатический фактор здесь является преобладающим в изменениях стока рек.

Таким образом, за последние 50 лет в колебаниях годового и сезонного стока рек бассейна Урала произошли значительные изменения, вызванные как антропогенной деятельностью на водосборе, так и климатическими изменениями. Регулирование стока, забор воды на промышленные, сельскохозяйственные нужды, орошение – главная часть антропогенных преобразований стока. Особо сильно они

проявились в верховьях Урала, где сосредоточено несколько промышленных центров и крупнейших водохранилищ, и в низовьях, где идет активный забор воды на орошение. В бассейнах главных притоков Урала – Ори, Илека и Сакмары, наибольший вклад в изменения стока оказали климатические факторы, а именно увеличение температуры воздуха и перераспределение осадков внутри года.

Список литературы:

Вода России. Речные бассейны / Под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: Издательство «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 536 с.

Магрицкий Д.В. Речной сток и гидрологические расчеты: практические работы с выполнением при помощи компьютерных программ. М.: Изд-во Триумф, 2014. – 184 с.

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

Магрицкий Д.В., Школьный Д.И., Юмина Н.М., Кенжебаева А.Ж. Факторы и закономерности изменений стока и водного режима р. Урал // сборник материалов конференции "Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии". – г. Санкт-Петербург, 2018. – С. 579–584.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 2. Урало-Эмбинский район. Л.: Гидрометеониздат, 1970. 515 с.

Христофоров А.В. Теория случайных процессов в гидрологии. Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 143 с.