

Падалко Ю.А., Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М.
Институт степи УрО РАН, г. Оренбург, Россия
E-mail: orensteppe@mail.ru

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В МАЛОВОДНЫЕ ПЕРИОДЫ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ УРАЛ)

Водные ресурсы суши являются ограниченными, что, с учетом возрастающего потребления, со временем может привести к возникновению потенциальных конфликтных ситуаций. Напряженность водопользовательских интересов часто возникает в водно-дефицитных географических регионах, имеющих трансграничное межгосударственное положение.

На примере бассейна реки Урал проведен анализ эколого-гидрологических и водохозяйственных аспектов маловодных периодов, выявлены параметры внутригодовой изменчивости речного стока. На основе расчета модульных коэффициентов и построения разностно-интегральных кривых были установлены периоды различной водности, маловодный характер стока в 1949-1985 и 2005-2012 годы. При этом сток большинства рек бассейна р. Урал отличается синхронным и синфазным характером. Расчет коэффициентов вариации показал различия в многолетней изменчивости стока отдельных рек, обусловленные неоднородностью природных условий. Выявлено, что минимальные коэффициенты вариации стока характерны для р. Сакмара и ее притоков, дренирующих горно-лесные и предгорные ландшафты Южного Урала и Приуралья. Природной зональностью также обусловлена продолжительность нулевого стока для малых и некоторых средних рек бассейна р. Урал. Отмечено, что зимние минимумы стока асинхронны для разных рек, отдельные совпадения наиболее часто случаются в экстремальные (максимальные и минимальные) по водности годы. Установлена возможность дефицита ресурсов по вычисленному показателю водного стресса, особенно характерного для рек верхнего течения р. Урал и р. Илек в маловодные годы.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о крайней неоднородности многолетнего стока большинства рек бассейна р. Урал, отчасти нивелируемой более стабильным водным режимом главного притока – р. Сакмара. Маловодные периоды (многолетние фазы и сезоны года) в условиях трансграничного межгосударственного положения бассейна р. Урал максимально обостряют напряженность водопользовательских интересов, заключающихся в необходимости каждой из сторон обеспечивать гарантированное снабжение нужд промышленности, сельского и коммунального хозяйств.

Ключевые слова: степная зона, речной бассейн, маловодье, гарантированное водоснабжение, регулирование стока

Экстремальные гидрологические ситуации являются объектом многочисленных региональных и глобальных исследований, направленных на изучение закономерностей их развития и прогнозирование. Многолетняя динамика стока является отражением циклических и долговременных климатических изменений, происходящих как на глобальном, так и региональном уровнях [1]–[4]. Одновременно трансформация стока во многом инициирована разнообразными антропогенными факторами и является причиной недостатка водных ресурсов, особенно в засушливых регионах [5]–[7].

Одной из актуальных эколого-географических проблем степных регионов РФ является проблема гарантированного обеспечения населения и хозяйства водными ресурсами, во многом обусловленная многолетней и внутригодовой изменчивостью поверхностного стока. Значительная часть бассейна р. Урал расположена в пределах лесостепной и степной природных зон, в связи с чем водотоки по особенностям водного режима относятся к ре-

кам казахстанского типа, для которого характерно крайне неравномерное распределение стока, быстро развивающаяся высокая волна весеннего половодья и минимальный (вплоть до полного прекращения) сток в остальные сезоны года [8]. Для рек исследуемого бассейна характерно чередование фаз повышенной и пониженной водности, при этом фазы колебаний наблюдаются примерно в одни периоды лет. Так, начиная с XX столетия, отмечается смена 4–8 летних периодов колебаний стока с отдельными отклонениями от синфазных колебаний в 1960–1970-х гг. [9].

Маловодье (низкая водность или полное прекращение стока) является, в первую очередь, характерной чертой гидрологического режима малых водотоков степной зоны. Отметим, что полное прекращение стока отмечается и на реках с площадью водосбора более 2000 км² (притоки р. Урал – рр. Бол. Кумак, Орь, Жарлы, Губерля и др.). Ключевое значение маловодья для устойчивого водопользования определяется не только его сезонной эколого-гидрологической

актуальностью в степных регионах, но и тем, что в периоды низкой водности (прежде всего многолетней) обостряются социально-экономические и экологические ущербы [10]. В условиях трансграничного речного стока именно маловодные периоды обостряют напряженность водопользовательских интересов в регионах бассейна р. Урал [11].

На основе расчета модульных коэффициентов и построения разностно-интегральных кривых были установлено, что маловодный характер стока (начиная с 1940 г.) отмечался в два периода – с 1949 по середину 1980-х годов и с 2005 по 2012 годы. В ходе исследований выявлено, что в фазы пониженной и повышенной водности сток большинства рек бассейна р. Урал отличается синхронным и синфазным характером. Вместе с тем, для отдельных групп рек наблюдаются различия в многолетней изменчивости стока (о чем свидетельствуют рассчитанные показатели вариации), обусловленные природными условиями, в первую очередь – широтно-зональной неоднородностью бассейна. Выявлено, что минимальные коэффициенты вариации стока характерны для рек, водосборы которых располагаются преимущественно в зоне лесостепи и в условиях расчлененного рельефа (горно-лесные ландшафты Южного Урала и Предуралья). Так, р.Сакмара и ее притоки (Бол. Ик и Салмыш) характеризуются значениями коэффициента вариации около 0,4, тогда как для остальных водотоков, водосборы которых располагаются преимущественно в равнинно-степных условиях, значения в среднем составляют около 0,7. Таким образом, природные условия водосборов р.Сакмара и ее притоков определяют более равномерное многолетнее распределение стока, и, одновременно, более изменчивое во внутригодовом отношении.

Пространственно-временная специфика распределения речного стока иллюстрируется продолжительностью минимального или нулевого стока в лимитирующие периоды. Так в частности, максимальная продолжительность нулевого стока в зимний период характерна для южных и юго-восточных притоков р. Урал (р. Джуса – 107 суток, р. Черная – 117, р. Камсак – 114, р. Урта-Буртя – 125 суток и др.). Исходя из установленной для рек бассейна р. Урал тенденции увеличения водности рек в зимний

сезон года, характерной для всей европейской территории России (ЕТР) [12], в перспективе следует ожидать сокращения продолжительности нулевого стока. Зональная дифференциация отчётливо прослеживается в различных показателях стока в период летне-осенней и зимней межени – в южной и восточной части бассейна р. Урал наблюдается превышение минимальных летне-осенних расходов над зимней меженью, более чем на 50%.

Для оценки пространственно-временной изменчивости стока в период зимней межени рек бассейна р.Урал была проанализирована динамика минимального зимнего стока по среднемесячным показателям (рисунок 1).

Полученные результаты позволили выявить следующие закономерности:

- все рассматриваемые реки, вне зависимости от водности и продолжительности рядов наблюдений, характеризуются нарастанием минимальных объемов зимнего стока;

- для средних и малых рек достаточно отчетливо выделяется два периода с различными значениями зимнего стока. С начала 1950-х примерно по 1982 г. отмечается период малого зимнего стока, позднее сменяющийся на период резкого роста с максимумами для различных рек в пределах 1991–2010 годов. При этом последние 4 года из рассматриваемых лет отличаются существенным спадом зимнего стока для рек Салмыш, Илек и Бол. Кумак;

- наиболее значимые реки (Урал, Сакмара) демонстрируют более равномерную многолетнюю динамику зимне-меженного стока. Положительный тренд в большей мере обусловлен серией лет с незначительным зимним стоком в начале временного ряда (1940, 1946, 1951–1957) и серией лет со значительными пиками показателей (1992, 1995, 2003).

Как отмечалось выше, продолжительные маловодные периоды обостряют водохозяйственную обстановку, и, соответственно, в условиях сезонного или годового дефицита водных ресурсов актуальным является вопрос гарантированного водообеспечения отраслей экономики и населения. Одним из наиболее распространённых подходов к оценке обеспеченности водными ресурсами является расчет показателей водного стресса (water stress), который иллюстрирует соотношение объемов водопотребления из поверх-

ностных источников к величине среднемноголетнего речного стока. Согласно данной методике, при соотношении менее 10% – водного стресса не наблюдается; если от 10 до 20% – слабая нехватка воды; если 20–40% – умеренная; превышение 40% означает высокий уровень нехватки воды (водный стресс) [13].

Исходя из результатов проведенной оценки, минимальными значениями водного стресса характеризуются водохозяйственные участки в пределах среднего и нижнего течения р. Урал (ниже г. Оренбурга) и верховий правобережных притоков (рр. Сакмара, Бол. Ик, Салмыш и др.). Умеренный водный стресс (20–40%) отмечается в бассейне крупного трансграничного притока – р. Илек в пределах Республики Казахстан – 34,8% в средние по водности годы, а в маловодные годы значения данного показателя увеличиваются до 40% и более [11]. Максимальных значений водный стресс (55–60%) достигает в индустриально развитых регионах бассейна р. Урал – водохозяйственные участки верхнего течения в пределах Челябинской и Оренбургской областей (Магнитогорский, Орско-Новотроицкий промузлы).

В регионах с недостаточной обеспеченностью поверхностными водными ресурсами боль-

шое значение имеют показатели обеспеченности запасами подземных вод. В пределах бассейна р. Урал распределение подземных вод, пригодных для использования в коммунальной и производственной сферах, характеризуется также крайней неравномерностью. Максимальными значениями забора воды из подземных источников отличаются районы Оренбургской области (среднее течение р. Урал), где доля эксплуатации подземных запасов варьирует от 54% (г. Оренбург) до 80–100% в восточных и южных районах области. В пределах Республики Казахстан, значительные запасы подземных вод разведаны и утверждены только в Актюбинской области.

Одним из способов решения проблем водопользования в условиях пространственно-временной изменчивости речного стока является регулирование стока. Еще в 1932 г. Гипроводом была начата разработка схемы комплексного использования водных ресурсов бассейна р. Урал, предусматривающей вопросы регулирования стока для водообеспечения новых промышленных центров на базе рудных месторождений Южного Урала [14]. Максимальной степенью регулирования стока характеризуется верхнее течение главной реки и крупные правые притоки (рр. Сакмара, Бол. Юшатырь, Тана-

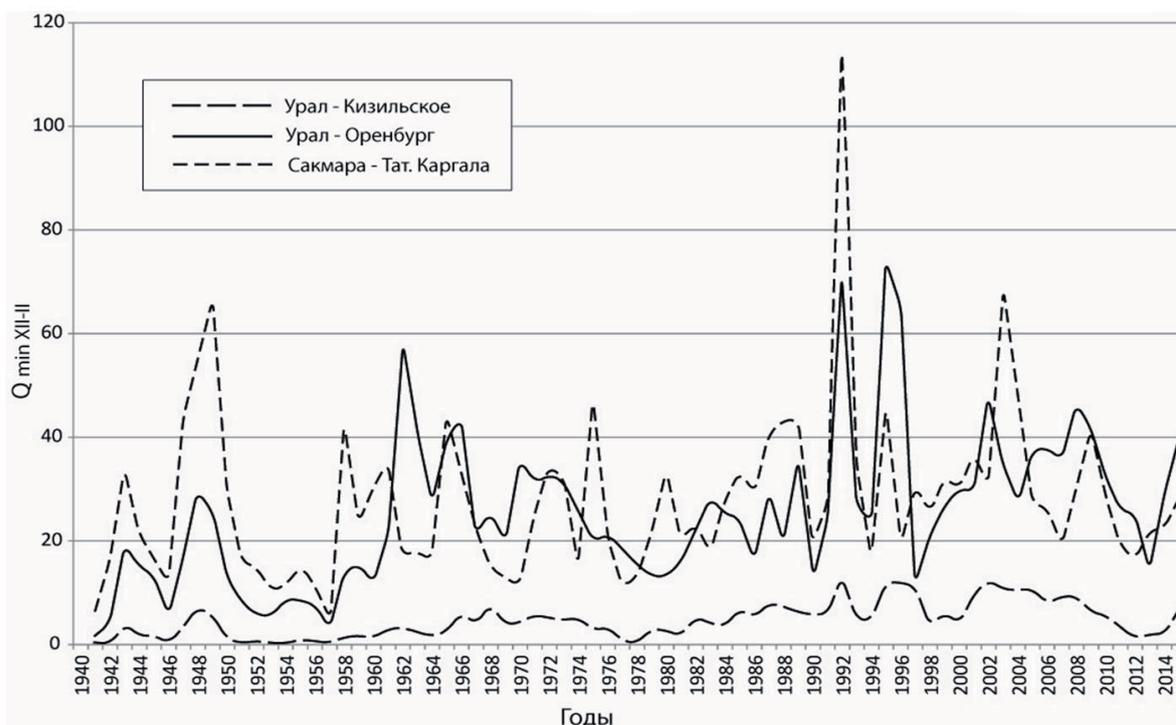


Рисунок 1 – Многолетняя динамика значений минимального среднего месячного зимнего стока рек бассейна р. Урал.

лык). Кроме крупных водохранилищ и гидрозвулов с капитальными сооружениями, в бассейне р. Урал построено более 3 тысяч земляных плотин на малых реках, которые задерживают в многоводный год до 40–50%, а в маловодный год – до 85% весеннего стока [15].

В заключении, необходимо отметить, что частота и продолжительность проявления маловодных периодов в пределах бассейна р. Урал обусловлена взаимодействием ряда факторов. В настоящее время, в пределах исследуемой территории отчетливо проявляется снижение

доли весеннего и увеличение межлетнего стока, особенно в зимний период. Уменьшение доли весеннего стока в бассейне р. Урал отражает современную эколого-гидрологическую обстановку на реках Европейской России на фоне климатических изменений [12]. Кроме того, маловодная фаза обостряется интенсивной водохозяйственной деятельностью, в первую очередь безвозвратным водопотреблением (орошение и коммунально-бытовое водоснабжение), а также определенное воздействие оказывает регулирование стока.

22.09.2017

**Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ № 17–45–560548р_а
и темы госзадания ИС УрО РАН № № АААА-А17-117012610022-5**

Список литературы:

1. Schneider C., Laize C.L.R., Acreman C., Florke M. How will climate change modify river flow regimes in Europe? // Hydrol. Earth Syst. Sci. 2013. V.17. No.1. P. 325-339.
2. Mohammad A. A. Z., S. Bellie, Ashish S. Assessment of global aridity change // J. Hydrol, 2015. V. 520. P. 300-313.
3. Delworth T.L., Mann M.E. Observed and simulated multidecadal variability in the Northern Hemisphere // Clim. Dyn., 2000. V.16. P. 661-676.
4. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
5. Wilhite D.A., Glantz M.H. Understanding of drought phenomenon. The role of definitions // Water International, 1985. No 10 (3). P. 111-120.
6. Mishra A. K. and Singh V. P. A review of drought concepts // J. Hydrol., 2010, V. 391, No. 1-2. P. 202-216.
7. Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А. Зайцева И.С. Вклад деятельности человека в формирование экстремальных гидрологических ситуаций // Экстремальные гидрологические ситуации. М.: ООО «Медиа-ПРЕСС», 2010. С.163-178.
8. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1960. 455 с.
9. Vasilyev D.Yu., Sivohip J.T., Chibilev A.A. Climate Dynamics and Interdecadal Discharge Fluctuations in the Ural River Basin // Doklady Earth Sciences. 2016. Vol. 469, part 1. P. 710-715.
10. Алексеевский Н.И., Фролова Н.Л., Христофоров А.В. Мониторинг гидрологических процессов и повышение безопасности водопользования. М.: Геогр. фак. МГУ, 2011. 408 с.
11. Sivohip 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, Is. 4. pp. 673-684.
12. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю. Влияние изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек России // Гидрологические последствия изменений климата: Тр. Британ.-Рос. конф. Барнаул: Изд-во ООО «Пять плюс», 2009. С. 143-151.
13. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты. М.: Наука, 2006. 221 с.
14. Боскис С.Г., Троцкий М.Н. Перспективы комплексного использования водно-земельных ресурсов бассейна реки Урал. М.: Ташкент: «Сазгипровод», 1934. 271 с.
15. Абдрахимов Р.Г., Чигринцев А.Г. Проблемы оценки влияния хозяйственной деятельности на сток рек Западного Казахстана // Гидрометеорология и экология. Алматы, 2009. № 1. С. 18-22.

Сведения об авторах:

Падалко Юрий Алексеевич, научный сотрудник лаборатории экономической географии
Института степи УрО РАН, кандидат географических наук
E-mail: yapadalko@gmail.com

Сивохип Жанна Тарасовна, старший научный сотрудник лаборатории ландшафтного разнообразия и
заповедного дела Института степи УрО РАН, кандидат географических наук
E-mail: sivohip@mail.ru

Павлейчик Владимир Михайлович, заведующий лабораторией ландшафтного разнообразия и заповедного
дела Института степи УрО РАН, кандидат географических наук
E-mail: oresteppe@mail.ru, pavleychik@rambler.ru
460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11, тел. (3532)776247, 774432