

ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА И СЕЗОННОГО СТОКА РЕК ЕТР И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ СИТУАЦИИ

Фролова Н.Л.¹, Киреева М.Б.¹, Джамалов Р.Г.², Рец Е.П.², Телегина Е.А.²

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, кафедра Гидрологии

² Институт водных проблем РАН

kireeva_mb@mail.ru

В работе исследуются современные изменения характеристик стока за различные фазы водного режима, их динамика сопоставляется с характеристиками экстремальности гидрологических явлений.

Введение

Возникновение экстремальных гидрологических условий связанных как с высокой, так и с низкой водностью обуславливает риски и экономические потери, связанные с водопользованием. Подобные гидрологические события, чаще всего имеют довольно редкую повторяемость и обычно охватывают большие территории, приводя к экономическим ущербам сразу в нескольких отраслях хозяйства. Только за последние 5 лет наблюдалось три подобных ситуации: это маловодья 2010 и 2014 годов, экстремальное половодье в Центральном регионе в 2013 году. В целом в России согласно данным Росгидромета число опасных гидрологических событий увеличилось вдвое со 150–200 в начале 1990х до 350–450 к концу 2000х годов. Потенциальный ущерб каждого опасного явления может составлять до 100–120 млрд. рублей по данным ВНИИГМ – МЦД. В соответствии с этим изучением условий и предпосылок возникновения экстремальных гидрологических событий является одной из актуальных задач российской гидрологии. Европейская часть России охватывает огромную территорию, площадью около 4 млн. км². К этому региону относятся бассейн Волга, Дона, Северной Двины, Печоры, Урала и проч. В анализе использовались данные наблюдений на 300 гидрологических постах, расположенных преимущественно на средних, незарегулированных реках. Такие водосборы отражают зональные условия и могут быть приняты в качестве репрезентативных.

Изменения сезонного стока

Экстремальные гидрологические события тесно связаны с трансформацией водного режима рек в условиях изменения климата. В настоящее время соотношение стока за различные периоды года сильно меняется.

Пространственно-временной анализ данных наблюдений показал, что эти изменения выражаются в увеличении стока маловодного и сокращении стока многоводного периода. Так, например, меженный сток рек бассейна Дона увеличился в среднем почти в два раза [Dzhamalov R.G., et al., 2013]. Схожая ситуация характерна для Оки и Верхней Волги, где рост расходов в межень составляет 50 – 70. В бассейне Камы изменения менее значимы и составляют 15 – 30 %. Для северных рек, таких как Северная Двина и Печора, увеличение стока в маловодный период проявляется менее явно и составляет от 5 до 15 %. В бассейне Мезени и Невы эти изменения почти не прослеживаются [Dzhamalov R.G., et al., 2014].

Одновременно с увеличением стока в зимний и летний период происходит резкое сокращение стока половодья. Снижение объема половодья наиболее ярко проявляется именно в тех регионах, где минимальный сток более всего растет. В бассейне Дона половодье слабо выделяется среди многочисленных зимних и весенних паводков, а максимальные расходы сокращаются вдвое [Киреева М.Б., Фролова Н.Л., 2013]. Деградация половодья происходит и в бассейне Волги, где максимальные расходы уменьшаются на 20 – 40 %. Таким образом, происходит выравнивание внутригодового распределения стока, растет коэффициент естественной зарегулированности. Более подробно изменения половодья рек европейской России рассмотрены в [Frolova N.L., Kireeva M.B., et al., 2014]. Основной из задач данной работы было выявление влияния изменений водного режима на возникновение экстремальных гидрологических событий.

Оценка экстремальности гидрологических событий

Для объективной оценки степени влияния гидрологического события на экономику в мировой практике часто используются интегральные критерии. Они основаны на выборе «пороговых» значений характеристики, с которыми сравниваются наблюдаемые величины. По разнице этих значений определяется мера влияния события на жизнь людей, оценивается частота возникновения подобных ситуаций, масштаб явления. При этом чаще всего учитывается не только превышение наблюдаемых значений над пороговыми, но и длительность этого превышения. По результату расчетов определяется общий дефицит или избыток воды. Этот объем соотносится с продолжительностью явления, характеризуя некий интегральный

показатель «суровости» события. В данной работе в качестве пороговых значений были приняты расходы воды 10 % и 90 % обеспеченности соответственно. Для проведения анализа на Европейской территории России среди 300 репрезентативных бассейнов было выбрано 19 гидрологических постов с площадью более 20 тысяч квадратных километров и расположенных в разных географических зонах. Анализ проводился на основе среднемесячных значений стока.

Модули стока, соответствующие верхним пороговым значениям в целом меняются в соответствие с зональными изменениями стока. Наибольшие величины наблюдаются на северо-востоке Европейской России в бассейнах р.Уса и Печора – 49 и 42 л/с·км² соответственно, а также в бассейне р. Вишера – 42 л/с·км². В среднем для рек севера значение модуля стока 10 % обеспеченности составляет от 20 до 30 л/с·км² и уменьшается с северо-востока на юго-запад. В примыкающем с юга бассейне Верхней Волги, Оки и Угры пороговые значения снижаются до 12 – 16 л/с·км². Реки бассейна Камы имеют существенно более высокие пороговые значения модуля стока – в среднем около 20 - 23 л/с·км². Минимальные значения характерны для бассейна Дона, особенно для р. Медведица (до 4 л/с·км²). В пространственном распределении нижнего порогового значения наблюдается схожая картина. Модуль стока 10% обеспеченности более 2 л/с·км² характерен для рек севера ЕТР. В бассейнах Верхней Волги и Оки он снижается до 1,7 л/с·км², а Ветлуги и Мокши – до 1 л/с·км². В бассейне Камы наблюдается увеличение показателя до 1,6 – 1,7 л/с·км². В бассейне Дона значение модуля стока 10 % обеспеченности снижаются до 0,5 – 1 л/с·км².

Для северных рек количество превышений верхнего порогового значения составляет от 60 до 75 случаев, в бассейне Оки, Мокши и Угры – около 70. В бассейне Камы оно возрастает достигая 80 – 87. В бассейне Дона количество превышений составляет около 65 случаев. Число дефицитов наоборот увеличивается с 35 – 40 на севере до 50 – 60 на юге. Интересным фактом является то, что количество экстремально маловодных и экстремально многоводных периодов связано между собой: чем больше на реке наблюдается экстремально низких месячных расходов, тем больше на ней наблюдается и экстремально высоких расходов – рисунок 1 а. Объем дефицитов четко связан с объемом превышений пороговых значений, коэффициент корреляции зависимости на рисунке 1 б составляет более 0,9. Таким образом, каждая река, обладая своими особенностями водного режима, имеет некую общую характеристику «экстремальности», характеризующую как количество маловодий, так и количество многоводий. Чем большей «экстремальностью» обладает водный режим реки, тем чаще

на ней формируются как аномально низкие, так и аномально высокие периоды водности.

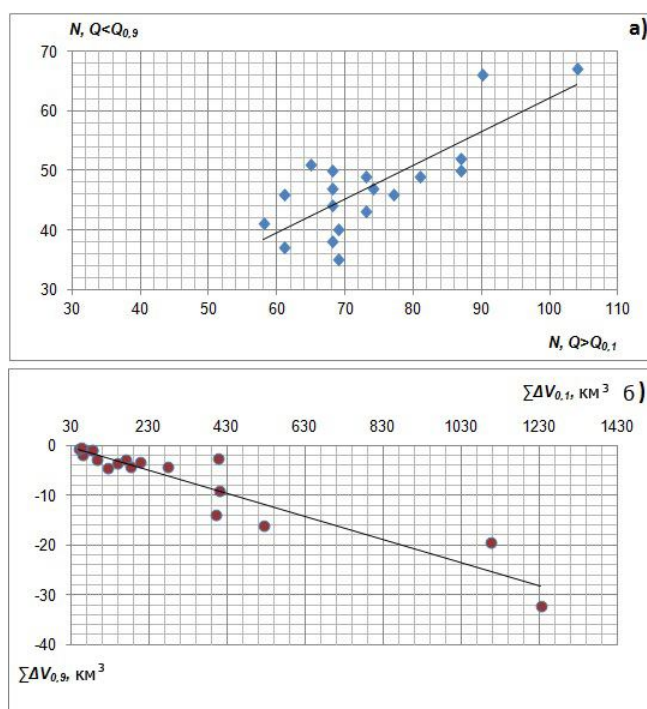


Рис. 1 Связь числа маловодных и многоводных периодов (а) и зависимость объемов дефицитов и избытков (б)

В мировой практике в подобных оценках часто используется так называемый показатель «суровости» (Sev). Он представляет собой отношение дефицита или избытка воды к продолжительности этого явления.

$$Sev_i = \frac{\Delta V_i}{T} \quad (1)$$

Где Sev_i – показатель суровости на обеспеченность I , ΔV – объем дефицита или избытка, $км^3$, T – продолжительность аномально низких или высоких значений водности, сут.

По полученным данным были рассчитаны значения суровости для условий избытка и дефицита воды. При экстремально высоких значениях расходов воды суровость для исследуемых рек меняется от 0,55 – 0,57 в бассейне Дона и Верхней Волги до 13,7 в бассейне Северной Двины. Наблюдается зависимость показателя от площади водосбора – рисунок 2 а. С увеличением площади водосбора «суровость» довольно быстро растет. При экстремально низких значениях расходов воды суровость изменяется от 0,1 в бассейне Верхней Волги и Дона до 0,37 в бассейне Северной Двины. Зависимость носит также прямой характер – чем больше площадь водосбора, тем больше суровость маловодий, наблюдающихся на реке, что видно на рисунке 2 б.

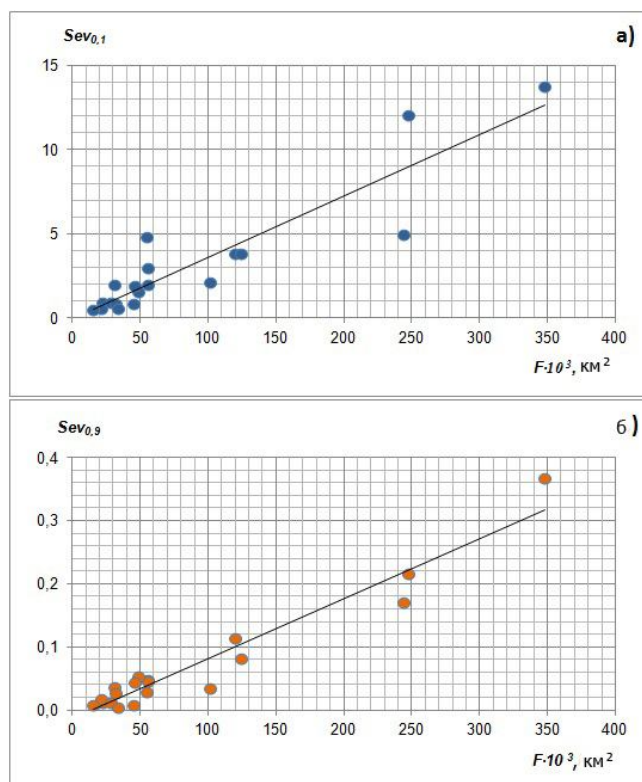


Рис. 2 Связь показателя суровости маловодий (а) и экстремально высоких многоводных периодов (б)

Для отдельных районов прослеживается тенденция в группировке лет наиболее экстремальной водности во времени. Так, в бассейнах северных рек, наиболее жесткие маловодья случались в 1938 – 1945 гг., а экстремально многоводными были 1965 – 1975 гг. Дефицитные периоды наблюдаются на этих реках и в 2000х годах. В бассейне Верхней Волги экстремально маловодными были 1945, 1950, 1967-1969 гг, а многоводными – 1966, 1974, 1947 – 58 гг. Но последний год, когда возникал дефицит – 1977. Притоки Волги ведут себя несколько иначе. На Оке, Угре, Мокше маловодья в основном, наблюдались в 1937 – 1939 гг, а многоводный период был в 1958, 1970, 1979 – 1981 гг., последние дефициты наблюдались здесь в 1973 – 1975 гг (кроме р. Мокша, которая тяготеет к рекам бассейна Камы). На реках бассейна Камы маловодья наблюдались в 1920х – 1940х годах, а многоводными были 1960 – 1970е годы и начало 1990х годов. Маловодья здесь случались в основном в 1920х – 1940х. Однако даже в последние годы (в 2006, 2008) наряду с 1976 – 1977 кое-где наблюдаются дефициты.

Исключительно интересна динамика показателей экстремальности во времени. Для северных рек характерно плавное увеличение объемов превышений над пороговыми значениями, и сокращение объемов дефицитов. При этом частота возникновения экстремальных расходов воды сокращается с 80 – 100 % в начале наблюдений до 20 – 30 % на настоящий момент. Чаше всего дефициты на Северной Двине, например

наблюдались в 30х – 40х годах, после чего началось устойчивое снижение частоты маловодий, при этом продолжительность дефицитов, наоборот увеличилась с 1 – 2 месяцев до 3, а иногда и 4х, а объем уменьшился. На Онеге и Мезене тенденции сильно отличаются от других рек. Здесь происходит сокращение объемов превышений и увеличение объемов дефицитов. В бассейне Верхней Волги наблюдается иная картина. Здесь происходит заметное снижение объемов превышений и одновременное снижение объемов дефицитов – водный режим заметно выравнивается. На востоке региона – в бассейне Камы иная картина, схожая с тенденциями на север ЕТР: происходит плавное увеличение объемов превышений и снижение объемов дефицитов, меженный период становится менее глубоким, а половодный, наоборот увеличивается в объеме. Южная часть ЕТР, бассейн Дона и Оки демонстрирует наиболее явные изменения. Объемы превышений сокращаются в разы, а дефициты вообще перестают возникать начиная с 1975 – 77 гг.

Выводы

Подводя итоги, следует сказать, что согласно проведенным расчетам, возникающие в настоящее время экстремальные гидрологические события не являются исключительными. За период многолетних наблюдений встречаются случаи более глубоких маловодий. Для всех рек европейской части России характерно сокращение дефицитных периодов. Для большинства рек бассейна Волги и Дона с 1970х годов дефицитов вообще не наблюдается. Если говорить о экстремально высокой водности, то для Северных рек и бассейна Камы частота и суровость таких событий увеличиваются, в то время как для юга и центра региона, наоборот, сокращается*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Dzhamalov R.G., Frolova N.L., Kireeva M.B.* Current changes in river water regime in the Don River Basin. *Water Resources J.* 40, 2013, P. 573–584
2. *Dzhamalov R.G., Frolova N.L., Kireeva M.B., Rets E.P.* Present-day surface and subsurface water resources of European Russia: conditions, use and forecast. *IAHS Publ. J. №363*, 2014, P. 215–220
3. *Киреева М.Б., Фролова Н.Л.* Современные особенности весеннего половодья рек бассейна Дона. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*, № 1, 2013, С. 60-76
4. *Frolova N.L., Kireeva M.B., Nesterenko D.P., Agafonova S.A., Tersky P.N.* Up-to-date climate forced seasonal flood changes (the case study for European part of Russia). *IAHS Publ. J.№ 363*, 2014, P. 113–118

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант №14-17-00700)

WATER REGIME AND SEASONAL FLOW CHANGES AND THEIR IMPACT ON THE EXTREME HYDROLOGICAL EVENTS

L. Frolova¹, M. B. Kireeva¹, R. G. Dzhamalov², E. P. Rets², E.A. Telegina²

1 Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

2 Water Problem Institute, Moscow, Russia

kireeva_mb@mail.ru

Abstract

This paper investigates the current changes in the characteristics of flow for the various phases of the hydrological regime, their dynamics compared with the characteristics of hydrological extremes.