



УДК 556.166

МНОГОЛЕТНЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ СРЕДНЕГО УРАЛА

Микова Ксения Дмитриевна, к.г.н., доцент кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов

Пермский государственный национальный исследовательский университет

614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Волжский государственный университет водного транспорта, Пермский филиал

614060, г. Пермь, Бульвар Гагарина, 33

Казанцев Данил Александрович, студент 1 курса магистратуры кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов

Пермский государственный национальный исследовательский университет

614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Аннотация. В исследовании приведены результаты анализа изменения характеристик максимального весеннего стока на реках Среднего Урала. Сравнение выполнено за период современных климатических изменений (2008–2020 гг.) по сравнению с 1936–1985 гг. Результаты показали, что наблюдается сдвиг дат начала половодья в раннюю сторону с увеличением расходов воды на всем Среднем Урале на 5–9 дней, а также уменьшение максимальных расходов воды на восточном склоне на 40–60%.

Ключевые слова: максимальный весенний сток, реки Среднего Урала, многолетняя динамика, результаты увеличения средней глобальной температуры воздуха

Введение

Выполнен анализ характеристик весеннего половодья за период современных климатических изменений (2008–2020 гг.) по сравнению с 1936–1985 гг. Данное разделение на периоды выполнено с учетом того, что после 1980-х годов начинается заметное увеличение средней глобальной температуры воздуха (Третий оценочный доклад Росгидромета, 2022; Паромов, Шантыкова, 2010). Поэтому наблюдения за 1936–1985 гг. были приняты как период без выраженных климатических изменений. Тогда как данные за 2008–2021 гг. дают характеристику максимального стока за период современных климатических изменений.

Исследуемая территория

Средний Урал – район низких гор, широких межгорных долин и увалистых западных и восточных предгорий. Общий сглаженный характер местности нарушается глубоко врезанными речными долинами с крутыми скалистыми склонами. Положение

рассматриваемой территории в центре материка определяет умеренно континентальный характер ее климата. Представляя естественный барьер, Уральские горы затрудняют поступление западных воздушных масс в пределы Сибири, создавая тем самым благоприятные условия для выпадения осадков в западной части Уральских гор. В связи с этим в западной части осадков выпадает больше, чем в Зауралье. Переход температуры воздуха через 0°C весной наступает в равнинной части бассейна р. Камы в среднем 5-10 апреля, в бассейне р. Тобола – 7-20 апреля. В северной повышенной части Среднего Урала годовые суммы осадков составляют 700-800 мм. Между кряжами в широких долинах осадков выпадает 500-550 мм. В особенно пониженном участке Среднего Урала (к западу от г. Екатеринбурга) годовые суммы осадков не превышают 500 мм. Годовые суммы осадков состоят из твердых, смешанных и жидких. В среднем на долю твердых осадков на рассматриваемой территории приходится 20-35%, на долю жидких – 50-70% и на долю смешанных (мокрый снег, снег с дождем и т. д.) – 10-15% от годовой суммы. Максимальные снегозапасы наблюдаются обычно перед таянием снега весной. Запасы воды в снегу в бассейне р. Камы убывают с севера на юг от 200 до 100 мм, в бассейне р. Тобола – от 130 до 75 мм. Снеготаяние наблюдается в основном при установлении положительных температур воздуха в дневное время еще до устойчивого перехода средних суточных значений через 0°C . Обычно оно начинается в третьей декаде марта, продолжаясь 15-20 дней в равнинной части территории и более 25 дней в горных районах [3].

Материалы и методы исследования

Для анализа многолетней динамики весеннего половодья были взяты 7 гидрологических постов с наибольшей продолжительностью наблюдений на западном склоне и 7 постов на восточном склоне. Посты западного склона: р. Чусовая – пгт. Кын, р. Усьва – пгт. Усьва, р. Сытва – с. Подкаменное, р. Вогулка – пгт. Шамары, р. Ай – с. Метели, р. Быстрый Танып – д. Алтаево, р. Уфа – г. Красноуфимск. Посты восточного склона: р. Нейва – д. Черемшанка, р. Реж – д. Ключи, р. Ница – г. Ирбит, р. Тура – г. Туринск, р. Синара – с. Верхнеключевское, р. Исеть – с. Мехонское, р. Тобол – г. Ялуторовск. Посты и реки выбирались с наиболее длительными периодами наблюдений, не зарегулированные водохранилищами, с различными площадями водосборов и с минимальным воздействием на водный режим хозяйственной деятельности. Часть постов находится в предгорной части, а другая часть на равнинной. Для анализа дат перехода температуры воздуха через 0°C весной использована информация по близлежащим к гидрологическим постам метеостанциям, чтобы определить весенние переходы температуры воздуха через 0°C : МС п. Бисер, МС пгт. Кын, МС г. Пермь, МС пгт. Шамары, МС г. Красноуфимск для западного склона, МС г. Туринск и МС г. Шадринск для восточного склона.

Выполнен анализ характеристик весеннего половодья за период современных климатических изменений (2008–2020 гг.) по сравнению с 1936–1985 гг. Данное разделение на периоды выполнено с учетом того, что после 1980-х годов начинается заметное увеличение средней глобальной температуры воздуха [4]. Поэтому наблюдения за 1936–1985 гг. были приняты как период без выраженных климатических изменений. Тогда как данные за 2008–2021 гг. дают характеристику максимального стока за период современных климатических изменений. Для анализа использовались следующие характеристики весеннего половодья: дата начала весеннего половодья ($D_{нач}$), дата наивысшего уровня воды за период весеннего половодья ($D_{макс}$), наибольший расход воды за период весеннего половодья ($Q_{макс}$), дата окончания весеннего половодья ($D_{кон}$), расход воды на дату окончания весеннего половодья ($Q_{кон}$).

Для того, чтобы определить, значим ли выявленный тренд, была выполнена проверка значимости тренда имеющихся рядов наблюдений по критерию $p < 0,05$. Для определения значимости тренда была проверена нулевая гипотеза об отсутствии тренда. Если $p < 0,05$, то гипотеза отклоняется. Следовательно, принимается альтернативная

гипотеза о том, что есть статистически значимый тренд. Если $p > 0,05$, то нулевая гипотеза принимается и тренд является статистически незначимым. Вследствие данной проверки значимости трендов были получены следующие результаты.

Результаты и обсуждение

Результаты анализа показали, что на одном г/п западного склона и четырех г/п восточного склона начало половодья ($D_{нач}$) стало начинаться раньше на 5–9 дней, так как даты перехода температуры воздуха через 0°C сместились к более ранним значениям вследствие изменения климата. Расходы воды на дату начала весеннего половодья ($Q_{нач}$) также увеличились на 6 г/п западного склона от 13% до 143% и на 3 г/п восточного склона от 42% до 56%. Это следствие того, что главной особенностью изменений водности в период современного потепления климата, является увеличение зимнего стока с увеличением приповерхностной температуры воздуха в январе-марте [1].

Таблица 1

Многолетнее изменение характеристик весеннего половодья за периоды 1936–1985 гг. и 2008–2020 гг.

Гидрологический пост	$D_{нач}$	$Q_{нач}$	$D_{макс}$	$Q_{макс}$	$D_{кон}$	$Q_{кон}$
Западный склон						
р. Чусовая – пгт. Кын	$\frac{7. \text{ апр}}{11. \text{ апр}} +4$	$\frac{29,5}{33,2} +3,70$ (+13)	$\frac{29. \text{ апр}}{30. \text{ апр}} +1$	$\frac{826}{787} -39,0$ (-5)	$\frac{11. \text{ май}}{17. \text{ май}} +6$	$\frac{183}{113} -70$ (-38)
р. Усьва – пгт. Усьва	$\frac{19. \text{ апр}}{14. \text{ апр}} -5$	$\frac{17,8}{22,8} +5,00$ (+28)	$\frac{12. \text{ май}}{6. \text{ май}} -6$	$\frac{382}{406} +24$ (+6)	$\frac{21. \text{ май}}{21. \text{ май}} 0$	$\frac{104}{56,6} -47,4$ (-46)
р. Сытва – с. Подкаменное	$\frac{6. \text{ апр}}{7. \text{ апр}} +1$	$\frac{75,0}{-}$	$\frac{27. \text{ апр}}{-}$	$\frac{1383}{-}$	$\frac{14. \text{ май}}{6. \text{ май}} -8$	$\frac{285}{-}$
р. Вогулка – пгт. Шамары	$\frac{13. \text{ апр}}{10. \text{ апр}} -3$	$\frac{7,2}{19,0} +11,5$ (+160)	$\frac{25. \text{ апр}}{25. \text{ апр}} 0$	$\frac{135}{164} +29,0$ (+21)	$\frac{3. \text{ май}}{6. \text{ май}} +3$	$\frac{36,7}{26,6} -10,1$ (-28)
р. Ай – с. Метели	$\frac{5. \text{ апр}}{5. \text{ апр}} 0$	$\frac{36,8}{56,2} +19,4$ (+53)	$\frac{21. \text{ апр}}{23. \text{ апр}} +2$	$\frac{758}{578} -180$ (-24)	$\frac{5. \text{ май}}{4. \text{ май}} -1$	$\frac{194}{183} -11,0$ (-6)
р. Быстрый Танып – д. Алтаево	$\frac{4. \text{ апр}}{1. \text{ апр}} -3$	$\frac{15,6}{23,0} +7,40$ (+47)	$\frac{23. \text{ апр}}{18. \text{ апр}} -5$	$\frac{337}{265} -72,0$ (-21)	$\frac{21. \text{ май}}{15. \text{ май}} -6$	$\frac{33,6}{48,7} +15,1$ (+45)
р. Уфа – г. Красноуфимск	$\frac{7. \text{ апр}}{6. \text{ апр}} -1$	$\frac{35,7}{86,7} +51,0$ (+143)	$\frac{28. \text{ апр}}{25. \text{ апр}} -3$	$\frac{1059}{797} -262$ (-25)	$\frac{12. \text{ май}}{10. \text{ май}} -2$	$\frac{219}{177} -42,0$ (-19)
Восточный склон						
р. Тобол – г. Ялуторовск	$\frac{6. \text{ апр}}{28. \text{ мар}} -9$	$\frac{36,9}{57,2} +20,3$ (+55)	$\frac{30. \text{ апр}}{29. \text{ апр}} -1$	$\frac{704}{392} -312$ (-44)	$\frac{14. \text{ июн}}{18. \text{ июн}} +4$	$\frac{129}{133} +4,00$ (+3)
р. Исеть – с. Мехонское	$\frac{2. \text{ апр}}{25. \text{ мар}} -8$	$\frac{26,8}{32,2} +5,40$ (+20)	$\frac{19. \text{ апр}}{17. \text{ апр}} -2$	$\frac{760}{302} -458$ (-60)	$\frac{19. \text{ май}}{21. \text{ май}} +2$	$\frac{77,0}{68,2} -8,80$ (-11)
р. Синара – с. Верхнеключевское	$\frac{4. \text{ апр}}{4. \text{ апр}} 0$	$\frac{6,37}{4,22} -2,15 (-$ 34)	$\frac{14. \text{ апр}}{11. \text{ апр}} -3$	$\frac{126}{67,3} -58,7$ (-47)	$\frac{29. \text{ апр}}{26. \text{ апр}} -3$	$\frac{16,9}{13,6} -3,30$ (-20)
р. Туринск – г. Туринск	$\frac{6. \text{ апр}}{4. \text{ апр}} -2$	$\frac{25,9}{40,4} +14,5$ (+56)	$\frac{8. \text{ май}}{9. \text{ май}} +1$	$\frac{679}{744} +65,0$ (+10)	$\frac{6. \text{ июн}}{10. \text{ июн}} +4$	$\frac{154}{128} -26,0$ (-17)
р. Ница – г. Ирбит	$\frac{2. \text{ апр}}{3. \text{ апр}} +1$	$\frac{22,4}{22,3} -0,10 (0)$	$\frac{21. \text{ апр}}{23. \text{ апр}} +2$	$\frac{616}{369} -247$ (-40)	$\frac{13. \text{ май}}{19. \text{ май}} +6$	$\frac{84,9}{69,1} -15,8$ (-19)
р. Реж – д. Ключи	$\frac{5. \text{ апр}}{31. \text{ мар}} -5$	$\frac{5,94}{8,43} +2,49$ (+42)	$\frac{20. \text{ апр}}{15. \text{ апр}} -5$	$\frac{124}{137} +13,0$ (+10)	$\frac{4. \text{ май}}{6. \text{ май}} +2$	$\frac{26,2}{26,7} +0,50$ (+2)

р. Нейва – д. Черемшанка	$\frac{31.\text{мар}}{26.\text{мар}}$ -5	$\frac{9,38}{9,39} +0,10$ (+1)	$\frac{15.\text{апр}}{17.\text{апр}}$ +2	$\frac{75,8}{41,7}$ -34,1 (-45)	$\frac{26.\text{апр}}{6.\text{май}}$ +10	$\frac{13,7}{12,2}$ -1,50 (-11)
-----------------------------	---	-----------------------------------	--	---	--	------------------------------------

Примечание: Изменение дат представлено в формате $\frac{D_{1936-1985}}{D_{2008-2020}} \Delta D$, где ΔD – изменение даты за исследуемые интервалы времени, сут; $D_{нач}$ – дата начала половодья; $D_{макс}$ – дата наибольшего расхода воды; $D_{кон}$ – дата окончания весеннего половодья; изменение расходов воды представлено в формате $\frac{Q_{1936-1985}}{Q_{2008-2020}} \Delta Q_{м^3/с} (\Delta Q\%)$, где $\Delta Q_{м^3/с}$ – изменение расхода за исследуемые интервалы времени, м³/с; $\Delta Q\%$ – изменение расхода воды за период 2008-2020 гг. по отношению к расходу за период 1936-1985 гг., %; **жирным шрифтом** выделены статистически значимые изменения.

Дата наступления максимального расхода ($D_{макс}$) стала наблюдаться раньше на 3–5 дней на одном г/п западного и одном г/п восточного склона. Выявленные изменения не охватывают всю исследуемую территорию и могут считаться незначительными.

Максимальные расходы весеннего половодья ($Q_{макс}$) увеличились на двух г/п западного склона на 6–21% и уменьшились на пяти г/п восточного склона на 40–60%. Четко выраженная тенденция к уменьшению максимальных расходов на восточном склоне связана с ростом температуры воздуха в зимний период, так как это приводит к росту количества оттепелей и уменьшению максимальных снеготолщин, что способствует падению объёма стока весеннего половодья. Повышение температуры воздуха приводит к деградации мерзлого слоя, изменяет фазовый состав влаги в почве (понижая льдистость), и тем самым увеличивает степень водопроницаемости верхнего горизонта почвы, что приводит к уменьшению поверхностного стока в период снеготаяния и увеличению питания подземных вод [2].

Конец половодья ($D_{кон}$) стал приходиться на 6 суток раньше на одном г/п западного склона и на 3 суток раньше на одном г/п восточного склона. Расходы воды на этот момент времени ($Q_{кон}$) на западном склоне уменьшились на двух г/п западного склона на 6–38%, а на восточном склоне статистически значимых трендов данной характеристики не обнаружено.

Выводы

Анализ характеристик весеннего половодья за период современных климатических изменений (2008–2020 гг.) по сравнению с 1936–1985 гг. показал, что наиболее выраженным статистически значимым трендом является сдвиг дат начала половодья в раннюю сторону с увеличением расходов на этот момент времени на всем Среднем Урале на 5–9 дней, вследствие смещения дат перехода температуры воздуха через 0°C к более ранним значениям. Также еще одним статистическим трендом является уменьшение максимальных расходов воды на восточном склоне на 40–60%. Четко выраженная тенденция к уменьшению максимальных расходов на восточном склоне связана с ростом температуры воздуха в зимний период, так как это приводит к росту количества оттепелей, уменьшению глубины промерзания почвы и снижению максимальных снеготолщин, что способствует сокращению объёма стока весеннего половодья.

Список литературы:

1. Георгиевский В. Ю., Шалыгин А. Л. Гидрологический режим и водные ресурсы // Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. М.: Росгидромет. 2012. С. 53.
2. Лавров С. А., Калюжный И. Л. Влияние климатических изменений на сток весеннего половодья и факторы его формирования в бассейне Волги // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2016. №. 6. С. 42-60.
3. Ресурсы поверхностных вод. Средний Урал и Приуралье. изд. Гидрометеиздат, 1973. т.11. 849 с.
4. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Наукоемкие технологии, 2022. 124 с.

LONG-TERM CHANGES IN THE SPRING FLOODS CHARACTERISTICS ON THE MIDDLE URALS' RIVERS

Ksenia D. Mikova, Danil A. Kazantsev.

Abstract. The results of the changes in the maximum spring runoff characteristics in the Middle Urals rivers are given. The comparison for the period of modern climatic changes (2008-2020) in comparison with 1936-1985 was made. The shift of the flood onset dates to the early side by 5-9 days with an increase in flow in those dates, as well as a decrease in the maximum flow on the eastern slope by 40-60% on the entire Middle Urals' rivers were detected.

Keywords: maximum spring runoff, the Middle Urals' rivers, long-term dynamics, results of the average global air temperature rise.