

УДК 556.535.3

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ВОДНОГО РЕЖИМА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ В ВЕРХОВЬЯХ Р. АРПА

© 2022 г. В.Г. Маргарян*, Е.В. Гайдукова**, Л.В. Азизян***, Н.В. Мякишева**

**Ереванский государственный университет*

Республика Армения, 0025, г. Ереван, ул. Алека Манукяна, д.1. Email: vmargaryan@ysu.am

***Российский государственный гидрометеорологический университет*

Россия, 195196, г. Санкт-Петербург, Малоохтинский просп., д. 98

Email: oderiut@mail.ru, natalia.myakisheva@yandex.ru

****Центр гидрометеорологии и мониторинга ГНУ, Министерство окружающей среды РА*

Республика Армения, 0025, г. Ереван, адм. район Кентрон, ул. Чаренци, д. 46

Email: levon_azizyan@yahoo.com

Поступила в редакцию 21.10.2021. После доработки 16.12.2021. Принята к публикации 13.01.2022.

В статье рассматриваются многолетние тенденции изменения речного стока весеннего половодья и гидроэкологические и водохозяйственные последствия изменения климата в верховьях р. Арпа. В ходе исследования использованы данные о среднесуточных расходах воды и температуре воды в речном створе Джермук реки Арпа, а также данные об основных метеорологических элементах на метеостанции Джермук, расположенной в верхнем течении бассейна реки Арпа.

Одной из важнейших характеристик половодья являются максимальные расходы воды за время прохождения весеннего половодья. Абсолютные максимальные расходы варьируют в диапазоне от 8.26 до 199 м³/с, средние максимальные расходы – от 1.86 до 116 м³/с. Обсуждены и оценены межгодовое изменение дат начала, конца, продолжительности и объема стока весеннего половодья, а также температур приземного слоя воздуха и атмосферных осадков за декабрь-февраль и за апрель-июнь, максимального запаса воды в снеге, температуры воды за апрель-июнь.

Показано, что за последние 28 лет сокращается объем половодий и их продолжительность, смещаются сроки в сторону более ранних дат, уменьшаются максимальные расходы воды в период половодья. Также выявлено, что повышаются зимние и весенне-летние (за апрель-июнь) средние температуры воздуха, атмосферные осадки зимнего периода, уменьшается максимальный запас воды в снеге. Как последствие современных изменений гидрологического режима весеннего половодья проявляются многочисленные гидроэкологические и водохозяйственные проблемы, которые требуют повышенного внимания и учета.

При межгодовых колебаниях четко виден перелом в ходе объема стока весеннего половодья в начале – середине 1990-х годов, после которого начался период их существенного и устойчивого понижения. Скорость изменения объемов половодья во втором периоде (1993-2020 гг.) составляла – 17.9 млн. м³/10 лет и – 13.2 млн. м³/10 лет. В первом периоде (1957-1992 гг.) наблюдалось повышение объемов стока половодья, скорость изменения которого составляла соответственно +9.63 млн. м³/10 лет и +4.07 млн. м³/10 лет. В течение последних двух-трех десятилетий объем стока весеннего половодья уменьшился почти на 50.1 млн. м³, а объем стока за период апрель-июнь – почти на 37.0 млн. м³. Такая тенденция обусловлена повышением зимних температур воздуха и увеличением числа и продолжительности оттепелей, что приводит к уменьшению предвесенних запасов воды.

Отмечается, что в верхней части бассейна реки Арпа к существенной деградации половодья как фазы водного режима приводят происходящие в настоящий момент климатические изменения: повышение в зимний сезон приземной температуры воздуха является основной причиной снижения водности весны в верховьях р. Арпа.

Получены корреляционные связи между значениями объемов весеннего половодья в верховьях

р. Арпа, рассчитанных с апреля по июнь и с начала половодья до его окончания. Эту зависимость можно использовать для оценок, расчета, а также проверки объема весеннего половодья, имея объем стока за апрель-июнь.

Ключевые слова: весеннее половодье, температуры воздуха и воды, осадки, максимальный запас воды в снеге, межгодовое изменение, гидроэкологические и водохозяйственные проблемы, верховье реки Арпа.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-2-3-12

Весеннее половодье как фаза водного режима играет исключительную роль в формировании стока воды в бассейне р. Арпа в течение всего года (в период весеннего половодья р. Арпа – п. Джермук в среднем проходит 57% годового стока), определяя потенциальные запасы воды в период летне-осенней межени и за год.

В настоящий момент многие страны столкнулись с воздействием изменений климата на водные ресурсы. Наблюдается учащение стихийных наводнений. Эта тенденция особенно видна в горных районах, где преобладают наводнения, вызванные весенним половодьем. На равнинных территориях также наблюдается учащение опасных гидрологических явлений, но их сроки, как правило, приходятся на летне-осенние паводки (Паромов и др., 2016).

Главной причиной, создающей своеобразие гидрологических процессов, является современное глобальное потепление. Изменение температуры воздуха приземной атмосферы является катализатором региональных гидрологических событий (Кузьмина, Трешкин, 2014). Динамика и трансформация ведущих природных факторов определяют своеобразие и аномалии весеннего половодья в современный климатический период и создают предпосылки для позитивных и негативных гидрологических, водохозяйственных и экологических последствий (Дмитриева, 2018).

Выявленные изменения максимального стока весеннего половодья значимы. Их необходимо учитывать при выполнении гидрологических расчетов и прогнозов объема стока весеннего половодья. Проблема достаточно актуальна, так как превышение расчетных расходов воды и объемов стока весеннего половодья приводит к необоснованным затратам при проектировании и строительстве хозяйственных объектов, а снижение расчетных значений стока увеличивает риски природных и техногенных катастроф (Апухтин, Кумани, 2015).

Цель данного исследования – оценка изменений водного режима весеннего половодья и их гидроэкологические последствия в верховьях реки Арпа.

Объекты исследования

В качестве объекта исследования выбран верхний бассейн реки Арпа, т.е. бассейн реки Арпа до створа Джермук.

Река Арпа является левым притоком р. Аракс. Длина реки на территории Республики Армения – 92 км, площадь водосбора – 2080 км², из которых 199 км² – площадь водосборного бассейна поста Джермук. Здесь река имеет горный характер, проходит по ущельям, характерен большой уклон и разрезанность поверхности водосбора. Средняя высота водосбора составляет 2790 м н.у.м., а средний уклон – 188‰.

Река берет начало на северо-западном склоне Сюникского нагорья, высота которого более 3000 м н.у.м. (рис. 1). Бассейн сложен в основном вулканогенными породами, преобладают андезитобазальты четвертичного возраста, а также распространены андезиты, туфы, туфобрекчии третичного периода.

Для рек рассматриваемой территории свойственно половодье (март-июнь), летне-осенняя (июль-ноябрь) и зимняя (декабрь-февраль) межени. Весеннее половодье – основная фаза водного режима рек бассейна Арпа, за этот период проходят максимальные расходы и значительная часть годового стока (в среднем около 50% и более от общего объема; Маргарян и др., 2021). В период половодья формируются наибольшие в году расходы воды, достигающие экстремальных значений в особо многоводные годы и вызывающие катастрофические наводнения.

Река Арпа, как и большинство рек Республики Армения, имеет смешанное питание. В питании реки Арпа (на гидрологическом посту Джермук) преобладает подземное (49%) и талое питание (43%), дождевое питание составляет очень небольшую часть – 8% (Чилингарян и др., 2002).

Климат на обсуждаемой территории, как в целом в бассейне р. Арпа (Маргарян и др., 2021), континентальный: характерны холодная или умеренно холодная зима и жаркое лето. Максимальная температура воздуха может достигать до $+33.8^{\circ}\text{C}$, минимальная до -30.0°C (табл. 1). Годовая сумма осадков в среднем находится в диапазоне от 374 до 764 мм. За период весеннего половодья может выпасть почти 40-45% от годовых осадков, в среднем – 35%.

В течение года хорошо выражен ход средних месячных значений температуры воздуха и воды. Обычно максимальные значения температуры воды (как и воздуха) наблюдаются в июле-августе, а минимальные – в декабре-январе (температура воздуха) и в январе (температура воды). Средние месячные температуры воды в зимний сезон (декабрь-март) в створе Джермук реки Арпа положительны, отрицательные наблюдаются редко, в единичные зимы с сильными морозами. Отрицательные значения температуры воздуха регистрируются в основном со второй половины ноября и длятся до конца марта. Средняя температура воды в р. Арпа – п. Джермук за период апрель-июнь составляет 4.9°C , средняя годовая температура воздуха и поверхности почвы на метеостанции Джермук – 8.6°C и 11.7°C соответственно.

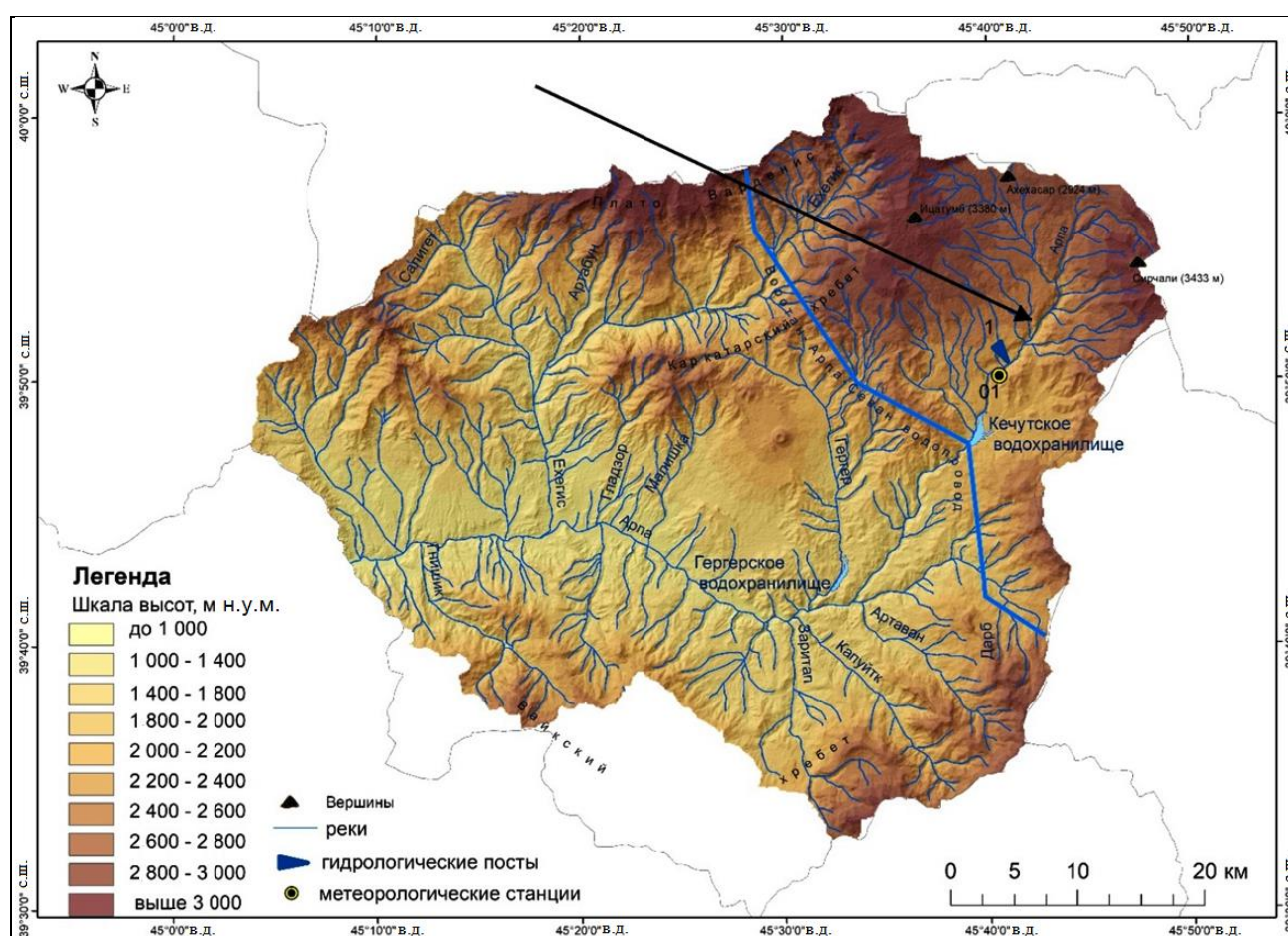


Рис. 1. Расположение гидрологических постов и метеорологических станций в верховьях р. Арпа.

Материалы и методы исследования

Информационную основу составили сетевые наблюдения за элементами гидрометеорологического режима «Центра гидрометеорологии и мониторинга» ГНКО Министерства окружающей среды Республики Армения. В процессе работы были использованы многолетние (с 1957 по 2020 гг.) среднесуточные данные расходов и температуры воды для гидрологического поста р. Арпа – д. Джермук, а также и некоторые метеорологические элементы по метеостанции Джермук, расположенной в верхнем течении реки Арпа (рис. 1).

Для обработки, анализа и представления результатов использованы стандартные методы статистического анализа, графической интерпретации и научного обобщения, экстраполяции и корреляции, картографический метод.

Результаты и их обсуждение

Как правило, объем и форма половодья зависят от множества факторов: площади и конфигурации водосбора, направления фронта снеготаяния, величины снеготаяния и условий их таяния, наличия или отсутствия поймы, особенности гидрографической сети и др. (Апухтин, Кумани, 2015; Киреева, Фролова, 2013; Саркисян и др., 2017; Шагинян, 1981). В реках величина экологического стока за зимний период данного года в основном зависит от составляющих весенних паводков прошлого года этой реки, главным из которых является величина его объема. Установлена связь между величинами объемов весеннего половодья и экологического стока на примере речного бассейна Арпа, на основе которой можно разработать методику оценки экологического стока рек республики, имеющих в основном снеговое питание (Саркисян и др., 2017).

В верхней части бассейна реки Арпа талые снеговые воды являются основным источником увлажнения почвенного покрова и формирования речного стока половодья. Период половодья наступает ежегодно в весенний или весенне-летний сезоны. Но на изучаемой территории половодья наступают и заканчиваются не одновременно, что обусловлено условиями питания рек, синоптическими процессами и климатическими условиями года, характером весны (дружной или затяжной, ранней или запоздалой). Так, весеннее половодье начинается в первой половине апреля, иногда в первой декаде марта и заканчивается в первой половине июля, порой – в середине августа. Средняя продолжительность половодья составляет 94 дня, т.е. три месяца (табл. 1).

Таблица 1. Основные характеристики весеннего половодья (1957-2020 гг.) р. Арпа – п. Джермук.

Половодье						Максимальный сток			
Дата, день/месяц		Продолжительность, дни	Средний объем, млн. м ³	Слой стока		Средний		Абсолютный	
Начало	Окончание			Средний, мм	% от годового	Расход, м ³ /с	Модуль, л/с·км ²	Расход, м ³ /с	Дата, день/месяц/год
05/04	07/07	94	96.4	526	58	46.0	208	91.0	17/05/1983

На рисунке 2 видны зависимости и тренды (за период 1993-2020 гг.) сдвига даты начала (рис. 2а – пока статистически незначимые) и окончания (рис. 2б – уже статистически значимые) половодья на более ранние сроки, то есть отрицательные тренды изменения продолжительности половодья. С 1993 г. наблюдается статистически значимое уменьшение продолжительности (рис. 2в) половодья.

Одной из важнейших характеристик половодья являются максимальные расходы воды за время прохождения этой фазы водного режима. Величина и дата наступления максимальных расходов воды связаны с количеством снеготаяния, интенсивностью затопления теплого воздуха и выпадающих осадков. Абсолютные максимальные расходы варьируют в диапазоне от 8.26 до 199 м³/с, средние максимальные расходы – от 1.86 до 116 м³/с. Максимальный расход определяет возможность затопления прилегающих к водотоку территорий, непосредственно связан с характером прохождения половодья и его объемом (Маргарян и др., 2021), а также с рядом характеристик водосбора: структурой гидрографической сети, рельефом, характером поймы (Киреева, Фролова, 2013). Для створа Джермук реки Арпа характерно значительное превышение максимальных расходов воды над меженными: это соотношение может достигать до 1:62. Наблюдается тенденция уменьшения абсолютных значений максимальных расходов рек Арпа (Margaryan et al., 2021).

Подъем расхода весной начинается в основном в первой половине апреля и достигает максимума в конце мая – начале июня (табл. 2). Половодье состоит из серии подъемов и понижений, обусловленных ходом таяния снега в соответствии с колебаниями температур воздуха, также

особенностями выпадения жидких осадков в период половодья. Выпадающие в период половодья жидкие осадки могут вызывать дополнительные пики на подъеме и на спаде половодья.

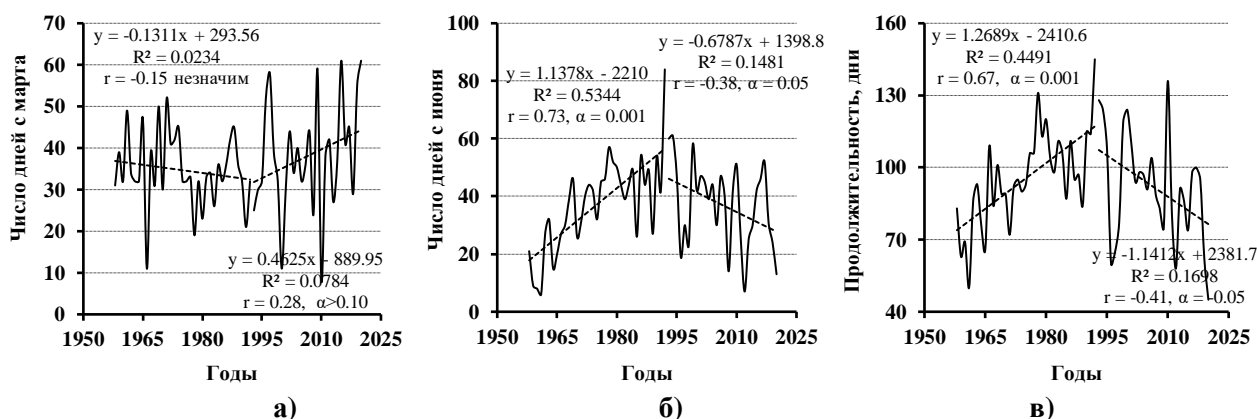


Рис. 2. Межгодовое изменение начала (а), конца (б) и продолжительности (в) половодья на гидрологическом посту Джермук на реке Арпа.

Таблица 2. Средние декадные величины расходов ($\text{м}^3/\text{с}$) весеннего половодья с 1957 по 2020 гг. на р. Арпа в речном створе Джермук.

Месяцы														
Март			Апрель			Мая			Июнь			Июль		
Декады														
І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ
Расходы ($\text{м}^3/\text{с}$)														
2.53	2.65	2.90	3.90	5.79	8.83	12.8	20.3	21.4	14.9	10.8	7.44	5.59	4.47	3.72

Средний объем весеннего половодья за период с 1 апреля по 30 июня колеблется от 35.2 млн. м^3 (2020 г.) до 168 млн. м^3 (1988 г.). Объем весеннего половодья рассчитан как с начала половодья и до его окончания, так и за апрель-июнь. Причина в том, что определить начало и окончание половодья довольно-таки сложно. А с другой стороны, это связано с тем обстоятельством, что в условиях такой горной страны, как Армения, половодье начинается и заканчивается не одновременно и для составления прогнозов периодом весеннего половодья считается апрель-июнь. Поэтому в этой работе обсуждаются одновременно межгодовой ход объема весеннего половодья в верховьях р. Арпа с начала и до окончания половодья (рис. 3а) и за период с апреля по июнь (рис. 3б) отдельно, а также установленная связь между ними (рис. 4). Полученную связь (рис. 4) можно использовать для расчета, а также проверки объема весеннего половодья, имея объем стока за апрель-июнь. Вероятность антропогенной обусловленности отмеченных изменений весьма мала. Хозяйственная деятельность на рассматриваемой территории ввиду ее малых масштабов может оказывать лишь локальное воздействие.

В изучаемом створе экстремальная водность за последние 6-7 десятилетий наблюдалась в 1980-х годах. Исторический максимум водности половодья за весь период мониторинга на данном гидрологическом посту Джермук наблюдался в 1988 году, достигший величины 179 млн. м^3 (рис. 3а). Высокие половодья сформировались в 1978, 1988, 2007 гг., когда водность превышала величины 150 млн. м^3 . Средний многолетний объем весеннего половодья р. Арпа – п. Джермук, равный 96.4 млн. м^3 , ниже экстремального примерно в 2 раза.

При межгодовых колебаниях четко виден перелом в ходе объема стока весеннего половодья в начале – середине 1990-х годов (рис. 3а-б), после которого начался период их существенного и устойчивого понижения. Скорость изменения объемов половодья во втором периоде (1993-2020 гг.) составляла – 17.9 млн. $\text{м}^3/10$ лет (рис. 3а) и – 13.2 млн. $\text{м}^3/10$ лет (рис. 3б). В первом периоде (1957-

1992 гг.) наблюдалось повышение объемов стока половодья, скорость изменения которого составляла соответственно $+9.63$ млн. $\text{м}^3/10$ лет (рис. 3а) и $+4.07$ млн. $\text{м}^3/10$ лет (рис. 3б). В течение последних 2-3 десятилетий объем стока весеннего половодья уменьшился почти на 50.1 млн. м^3 , а объем стока за период апрель-июнь – почти на 37.0 млн. м^3 . Такая тенденция обусловлена повышением зимних температур воздуха (рис. 5а) и увеличением числа и продолжительности оттепелей, что приводит к уменьшению предвесенних запасов воды (Дмитриева, 2018; Фролова и др., 2015). Так, отмеченное ранее увеличение температуры воздуха в холодный период, рост числа, продолжительности и «глубины» оттепелей, сокращение длительности холодного периода года являются предпосылками к перестройке водного режима рек, меньшее промерзание почв и т.д., связанные со значительным сокращением стока за половодье, увеличением естественной зарегулированности стока. Однако степень проявления климатических изменений зависит от характеристик конкретного водосбора, его естественной и искусственной регулирующей способности, хозяйственного освоения (Киреева, Фролова, 2013). В XX и начале XXI века стокоформирующие факторы меняли объем, максимальные расходы и интенсивность половодья малых и средних рек Центрального Черноземья, связанные с хозяйственной деятельностью человека и, как следствие, с изменением температурного фона холодного периода, учащением оттепелей, уменьшением промерзания почв и др. (Апухтин, Кумани, 2015). Например, основной причиной изменения водного режима рек южной и восточной Беларуси за 1987-2011 гг. явилось повышение средней температуры воздуха в зимний период, которое отразилось главным образом на внутригодовом распределении стока: снизились максимальные расходы и слои половодья (Сикан, Байдук 2015).

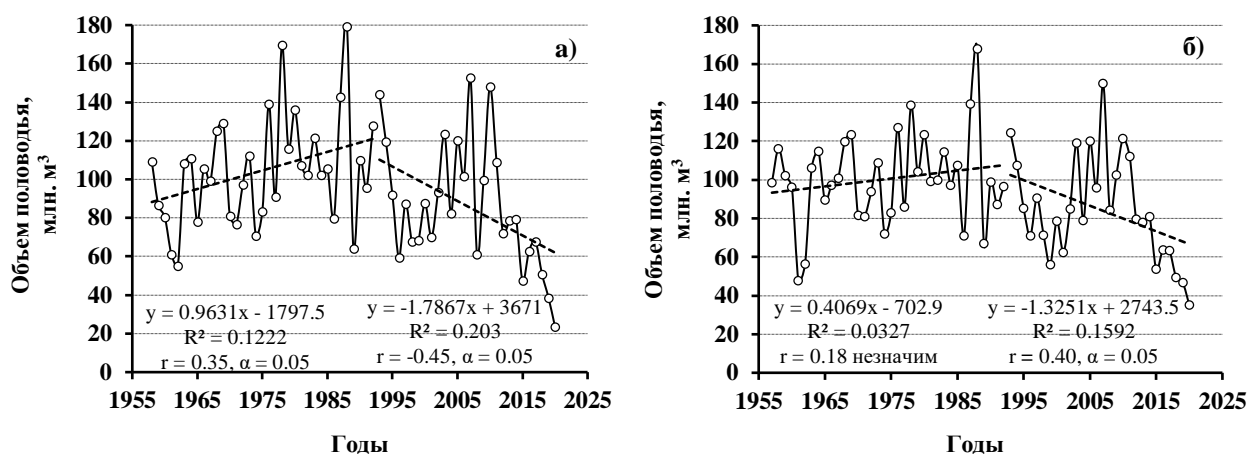


Рис. 3. Межгодовой ход объема весеннего половодья в верховьях р. Арпа, рассчитанный с начала половодья и до его окончания (а), а также за период с апреля по июнь (б).

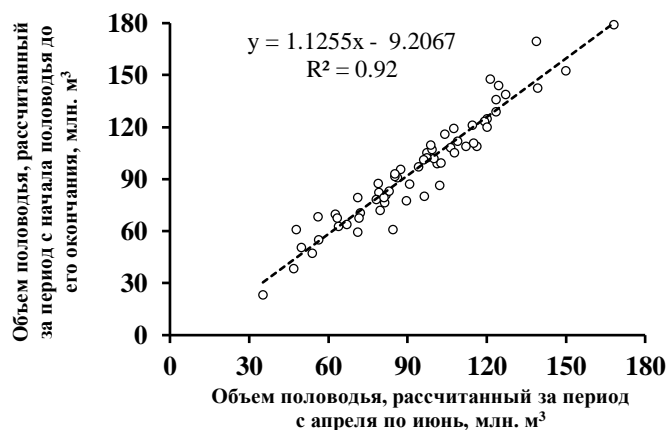


Рис. 4. Корреляционная связь между объемом весеннего половодья в верховьях р. Арпа, рассчитанная для периода с апреля по июнь и с начала половодья до его окончания.

Тенденция уменьшения стока половодья характерна для многих регионов России и прилегающих территорий (Апухтин, Кумани, 2015; Георгиади и др., 2014; Джамалов и др., 2013; Дмитриева, 2018; Научно-прикладной справочник ..., 2021; Сикан, Байдук, 2015; Фролова и др., 2015). Так, например, на всей территории Центрального Черноземья в начале 1970-х гг. резко сокращаются слой весеннего стока и максимальный расход воды, меняется продолжительность половодья. Начиная с этой даты, произошла наиболее существенная трансформация режима весеннего стока (Апухтин, Кумани, 2015). Динамика слоя стока воды за половодье имеет сложный характер, для бассейна Дона однозначно можно говорить о сокращении слоя стока половодья на 10-30% (Киреева, Фролова, 2013).

Для оценки влияния климатических факторов на сток рек рассмотрен временной ход и тренды средних температур приземного слоя воздуха и атмосферных осадков за зимний (рис. 5а, 5в) период и за апрель-июнь (рис. 5б, 5г). Анализ линий трендов показывает, что на действующей в настоящее время метеостанции Джермук с 1993 по 2020 годы наблюдается тенденция роста температуры воздуха (пока все еще с довольно низкой значимостью – $\alpha > 0.10$), что обуславливает отрицательную динамику изменения объемов стока весеннего половодья в верхнем течении бассейна р. Арпа. При том, скорость изменения зимней температуры во втором периоде превысила скорость изменения температуры за апрель-июнь, которые соответственно составляли $+0.52^\circ\text{C}/10$ лет и $+0.30^\circ\text{C}/10$ лет. После середины 1990-х годов температура воздуха на метеостанции Джермук повысилась соответственно на 1.5 (рис. 5а) и 0.8°C (рис. 5б).

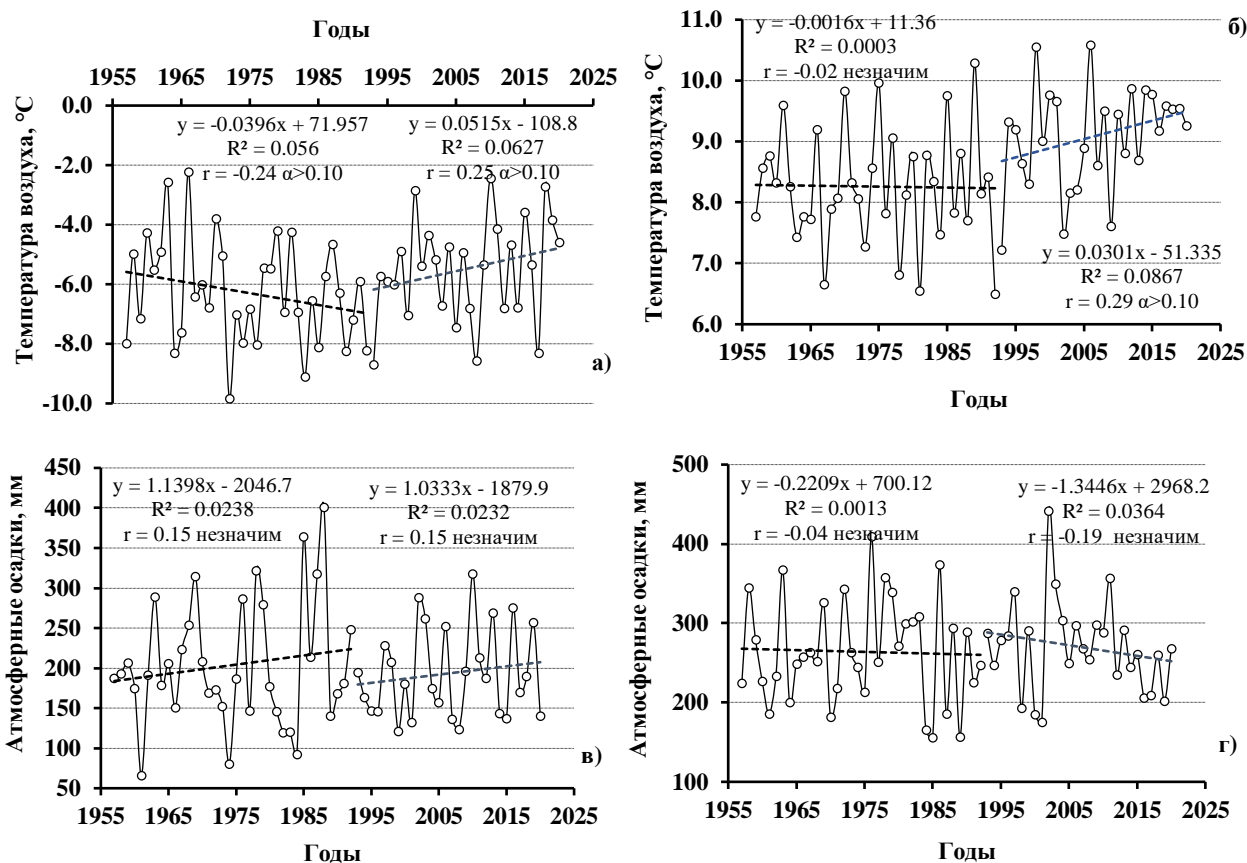


Рис. 5. Динамика средних температур приземного слоя воздуха за декабрь-февраль (а) и за апрель-июнь (б), а также атмосферных осадков за декабрь-февраль (в) и за апрель-июнь (г) в верховьях р. Арпа.

Как видно из рисунков 5в и 5г, на метеостанции Джермук после середины 1990-х годов характерна незначимая тенденция уменьшения атмосферных осадков за декабрь-февраль и такое же незначимое их повышение за апрель-июнь. Отсюда следует, что несмотря на то, что на изучаемой территории за последние 2-3 десятилетия наблюдается тенденция роста количества осадков за зимний период (декабрь-февраль), уменьшается объем стока весеннего половодья. Это связано с тем,

что в этот период зафиксирован рост температуры (пока с довольно невысокой значимостью – $\alpha > 0.10$) приземного слоя воздуха (рис. 5а, 5б), а в результате этого рост температуры воды (рис. 6б), увеличение повторяемости оттепелей зимой и уменьшение максимального запаса воды в снеге (рис. 6а). Следовательно, повышение в зимний сезон приземной температуры воздуха является основной причиной сокращения водности весны из-за сокращения продолжительности весеннего половодья. Об этом отмечено и в других работах. Динамика приземной температуры воздуха, особенно овышение в зимний сезон, является причиной многочисленных оттепелей, сокращения водности весной и перераспределения сезонного стока внутри года (Дмитриева, 2018).

Скорость изменения зимних атмосферных осадков во втором периоде составляла +10.3 мм/10 лет, а за апрель-июнь – -13.4 мм/10 лет. С 1993 по 2020 годы атмосферные осадки на метеостанции Джермук за период декабрь-февраль увеличились на 28.8 мм, а за период апрель-июнь сократились на 37.5 мм.

В настоящее время в связи с изменением режима половодья выявляются многочисленные гидроэкологические и водохозяйственные проблемы. Скорее всего, с уменьшением стока половодий возникнут водохозяйственные проблемы с заполнением водоема Кечут, который находится ниже гидрологического поста Джермук. В результате уменьшится наполняемость водохранилища Кечут.

С позиций водопользования сокращение объема половодий влечет неоднозначные последствия (Дмитриева, 2018). Положительной реакцией является снижение гидроэкологической напряженности, гидрологических рисков и ущерба от наводнений, затоплений и подтоплений территорий (Фролова и др., 2015; Dmitrieva, 2011). В результате уменьшения продолжительности весенних половодий на изучаемой территории увеличится продолжительность межени, что характеризуется формированием напряженности водопользования.

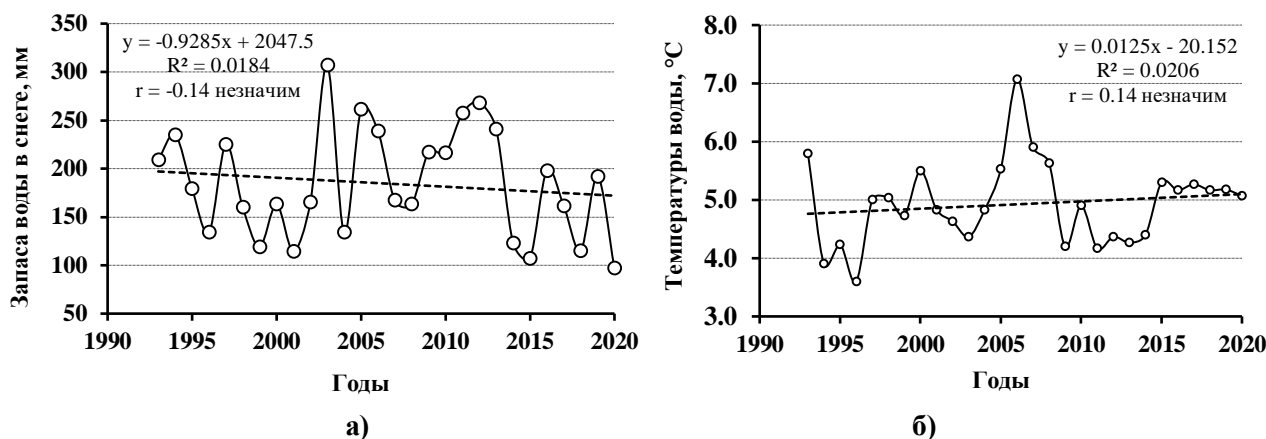


Рис. 6. Временной ход максимального запаса воды в снеге (мм) на метеостанциях Джермук (а) и средней температуры воды (°С) за апрель-июнь (б) на створе Джермук р. Арпа.

С гидрологическими и водохозяйственными проблемами, сопутствующими современной трансформации гидрологического режима, тесно связаны экологические проблемы. Фактором, обостряющим гидроэкологические проблемы, является сокращение ассимилирующей способности рек при снижении водности и проточности рек, сопровождающееся ухудшением качества воды в реках – приемниках сточных вод (Дмитриева, Нефедова, 2016). Современной проблемой гидрологии и экологии рек становится эвтрофирование русел, накопление биомассы и ухудшение качества воды. Ускорителем процесса эвтрофирования наряду с другими причинами является повышение температуры речной воды, своеобразный и неизбежный отклик на температурные изменения в приземной атмосфере. Это может стать катализатором снижения качества воды (Дмитриева, 2018).

Анализ многолетней динамики температуры воды показывает (рис. 6б), что на р. Арпа – п. Джермук с 1993 по 2020 годы наблюдается незначимая тенденция роста средних температур воды за апрель-июнь, скорость изменения которого составляла +0.12°C/10 лет. В этот период средние температуры воды за апрель-июнь повысились на 0.4°C.

Выводы

В гидрологическом режиме весеннего половодья реки Арпа, в ее верхнем течении, отмечаются сложные динамические процессы: сокращение объемов половодий и их продолжительности, снижение максимумов стока, смещение сроков половодий в сторону более ранних дат.

Изменения характеристик весеннего половодья рек бассейна проявляются в смещении его сроков и продолжительности. Наиболее существенны сдвиги даты окончания половодья – на 19 дней в сторону более ранних сроков. Сдвиги даты начала половодья составили около 13 дней в сторону более ранних сроков. В результате с 1993 года наблюдается уменьшение продолжительности половодья; половодье сместилось на 32 дня в сторону более ранних сроков.

Временные изменения водного режима весеннего половодья и их последствия рассмотрены в контексте климатических флуктуаций глобального и регионального уровня. Очевидно, что в изучаемом речном створе понижение стока – результат как изменения климата, так и деятельности человека, которое требует отдельного научного обобщения.

Происходящие в настоящий момент климатические изменения приводят к существенной деградации половодья в верхнем бассейне реки Арпа как фазы водного режима.

Основной причиной изменения водного режима реки Арпа является повышение средней температуры воздуха в зимний период, которое составило $+1.5^{\circ}\text{C}$ за последние 28 лет. Это привело к уменьшению максимального запаса воды в снеге, увеличению температуры воды и многочисленным гидроэкологическим и водохозяйственным проблемам.

Современные изменения гидрологического режима весеннего половодья и их гидроэкологические и водохозяйственные последствия требуют повышенного внимания и учета при планировании водоснабжения, разработки и осуществления соответствующих мероприятий и программ по смягчению и адаптации их негативных воздействий.

Полученные результаты могут быть использованы для оценки гидроэкологической безопасности, разработки стратегий рационального использования и охраны водных ресурсов, проектирования гидротехнических сооружений, реализации водохозяйственных мероприятий, при изучении экологической проблемы бассейна реки Арпа.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке КН РА (Комитет науки Республики Армения) и РФФИ (Российский фонд фундаментальных исследований) в рамках совместной научной программы 20RF-039 «Краткосрочный вероятностный прогноз стока рек в период весеннего половодья» и № 20-55-05006\20.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алехтин А.В., Кумани М.В.* 2015. Многолетняя динамика основных элементов весеннего стока малых и средних рек Центрального Черноземья // Научные ведомости Белгородского государственного университета, серия Естественные науки. Вып. 33. № 21 (218). С. 114-120.
- Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милокова И.П., Кашутина Е.А., Барабанова Е.А.* 2014. Современные и сценарные изменения речного стока в бассейнах крупнейших рек России. Ч. 2. Бассейны рек Волги и Дона. М.: Макс-Пресс. 216 с.
- Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Киреева М.Б.* 2013. Современные изменения водного режима в бассейне Дона // Водные ресурсы. Том 40. № 6. С. 544-556.
- Дмитриева В.А.* 2018. Аномалии весеннего половодья в Донском бассейне и их водохозяйственные и гидроэкологические последствия // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. Том 42. № 2. С. 181-190.
- Дмитриева В.А., Нефедова Е.Г.* 2016. Гидрохимический отклик малых водотоков на современные климатические процессы // Ледовые и термические процессы на водных объектах России: труды V Всероссийской конференции (Владимир, 11-14 октября 2016 г.). Владимир. 146-152.
- Киреева М.Б., Фролова Н.Л.* 2013. Современные особенности весеннего половодья рек бассейна Дона // Водное хозяйство России. № 1. С. 60-76.
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е.* 2014. Климатические изменения в бассейне Нижней Волги и их влияние на состояние экосистем // Аридные экосистемы. 2014. № 3 (60). С. 14-32. [*Kouzmina J.V., Treshkin S.E.* 2014. Climate changes in the basin of the Lower Volga and their influence on the ecosystem // Arid Ecosystems. Vol. 4. No. 3. P. 142-157.]
- Маргарян В.Г., Гайдукова Е.В., Азизян Л.В., Мисакян А.Э.* 2021. Особенности формирования весеннего

- половодья в бассейне реки Арпа // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. № 3. С. 126-152.
- Научно-прикладной справочник: Многолетние колебания и изменчивость водных ресурсов и основных характеристик стока рек Российской Федерации. 2021 / Ред. В.Ю Георгиевский. СПб.:ООО "РИАЛ". 190 с.
- Паромов В.В., Шумилова К.А., Гордеев И.Н. 2016. Условия формирования половодья большой водности и прогноз наводнения на реке Абакан // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. Том 327. № 11. С. 57-67.
- Саркисян В.О., Геворгян Н.Г., Закарян Б.Г. 2017. Оценка экологического стока в зависимости от объема весеннего речных половодья // Известия Национального Университета Архитектуры и Строительства Армении. Вып. 1. С. 57-61
- Сикан А.В., Байдук О.В. 2015. Влияние изменения климата на водный режим рек южной и восточной частей Республики Беларусь // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. № 40. С. 61-70.
- Фролова Н.Л., Киреева М.Б. Агафонова С.А., Евстигнеев В.М., Ефремова Н.А., Повалишников Е.С. 2015. Внутригодовое распределение стока равнинных рек европейской территории России и его изменение // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. № 4. С. 4-20.
- Чилингарян Л.А., Мнацаканян Б.П., Агабабян К.А., Токмаджян О.В. 2002. Гидрография рек и озер Армении. Ереван: ММ Принт. 49 с. (На армянском яз.).
- Шагинян М.В. 1981. Основные закономерности формирования элементов стока рек Армянской ССР и методика их прогнозирования. Л.: Гидрометеиздат. 176 с.
- Dmitrieva V.A. 2011. Change in the River Network and Water Resources in the Upper and Middle Reaches of the Don River Due to Current Climatic and Economic Conditions // Arid Ecosystems. No 2. P. 193-199. [Дмитриева В.А. 2011. Внутригодовая и многолетняя динамика сезонного речного стока бассейна Верхнего Дона // Аридные экосистемы. Т. 17. № 2 (47). С. 23-32.]
- Margaryan V., Azizyan L., Misakyan A., Gaidukova E., Tsibulskii G., Raevich K. 2021. Features of the maximum water flows of the Arpa river under modern conditions // E3S Web of Conferences 333. 02006. P. 6