

ГИДРОЛОГИЯ

УДК 911.2:556.5

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СТОКА МНОГОВОДНОГО ПЕРИОДА РЕК БАССЕЙНА РЕКИ АРПА В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ



В.Г. Маргарян

Ереванский государственный университет, Ереван, Армения

Многоводный период является одним из основных этапов водного режима рек бассейна Арпа. Ежегодно он формируется за счет талых вод, дождей и подземных вод и наблюдается в виде хорошо выраженной волны. За многоводный период по рекам изучаемой территории проходит значительная часть годового стока, 57–69%. В то же время преимущественно в этот период наблюдается максимальный расход воды. Следовательно, для стабильного развития экономики очень велика роль и значение оценки динамики стока многоводного периода в особенности в условиях глобального изменения климата. В работе выявлены основные физико-географические факторы, обуславливающие сток многоводного периода, проанализированы и оценены закономерности его временного распределения. С этой целью обработаны результаты фактических наблюдений «Службы по гидрометеорологии и активному воздействию на атмосферные явления» МЧС Республики Армения, имеющиеся литературные источники. В работе использованы методы: математико-статистического анализа, метод сопоставления и сравнения, экстраполяции и корреляции.

Ключевые слова: многоводный период, сток, температура, осадки, закономерности временного распределения, бассейн р. Арпа.

Введение

Речной бассейн р. Арпа характеризуются неравномерным пространственным и временным распределением водных ресурсов. При этом преобладающее количество атмосферных осадков и поверхностного стока приходится на многоводный период года, а в остальные сезоны (маловодный период) ощущается острый дефицит влаги, несмотря на то что в маловодный летний период есть большая потребность в воде, особенно с целью орошения сельскохозяйственных угодий. Следовательно, возникает необходимость эффективного использования и регулирования стока многоводного периода. А для стабильного развития стока важна оценка динамики стока многоводного периода, особенно в условиях глобального изменения климата.

Цель работы – исследовать, проанализировать и оценить закономерности временных изменений стока многоводного периода рек бассейна р. Арпа. Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

– исследовать, выявить и проанализировать основные физико-географические факторы, обуславливающие сток многоводного периода;

– собрать, обработать и оценить данные о стоке многоводного периода и гидрологические характеристики речного бассейна;

– проанализировать особенности стока многоводного периода;

– проанализировать и оценить закономерности временных изменений стока многоводного периода рек бассейна.

Материалы и методы исследования

Для решения поставленных задач в работе использовалась соответствующая литература [Григорьев и др., 2018; Маргарян, 2011, 2014а, б, 2015, 2016; Мусаелян, 1989; Чилингарян и др., 2002; Шикломанов, Георгиевский, 2007; Фролова, 2016; Ясинский, 2004; Margaryan, 2011; Nohara et al., 2006]. В качестве исходного материала в работе использованы результаты фактических наблюдений Службы по гидрометеорологии и активному воздействию на атмосферные явления МЧС Республики Армения.

Река Арпа является левым притоком р. Аракс и берет начало на северо-западном склоне Сюникского нагорья, высота 3260 м, а главный ее приток Ехегис – на южном склоне Варденисского хребта, высота 3050 м. Длина реки – 128 км, площадь водосбора 2630 км² (на территории РА – 92 км, 2080 км² соответственно), из которых 1880 км² – площадь водосборного бассейна до замыкающего водомерного поста Арени. Воды реки используются для орошения и в гидроэнергетических целях. Значительная часть ее вод по туннелю Воротан-Арпа-Севан втекает в оз. Севан (табл. 1).

Таблица 1
Основные гидрометрические характеристики рек бассейна Арпа и их водосборов [Маргарян, 2017]

Table 1

Main hydrometric characteristics of Arpa rivers basin and its catchment [Margaryan, 2017]

Река – пункт	Расстояние от устья, км	Уклон реки, ‰		Основные характеристики водосбора		
		средний от наиболее удаленной точки	средневзвешенный от наиболее удаленной точки	площадь, км ²	средняя высота, м	средний уклон, ‰
Арпа – Джермук	105	52	48	199	2790	188
Арпа – Ехегнадзор	56	30	22	1220	2140	-
Арпа – Арени	40	26	20	1880	2110	-
Вайк – Заригап	6,5	94	85	58,0	2280	257
Гладзор – Вернашен	8,4	153	122	19,8	2300	407
Ехегис – Эрмоне	24	71	55	205	2630	308
Ехегис – Шатин	10	57	43	458	2350	337
Артабун – Артабуйнк	4,0	127	125	45,0	2460	369
Салигет – Шатин	0,6	73	59	144	2070	346

В бассейне р. Арпа гидрологические и метеорологические исследования проводились начиная с 30-х гг. XX в., результаты которых в виде книжек наблюдений и рабочих таблиц хранятся в основном гидрометеорологическом фонде Службы по гидрометеорологии и активному воздействию на атмосферные явления МЧС Республики Армения. В период 1930–2018 гг. в бассейне р. Арпа в общей сложности действовали 43 водомерных поста, из которых 12 – только от 1 до 4 лет. Сравнительно длинный ряд наблюдений имеют 10 гидрометрических наблюдательных постов. В настоящее время в бассейне действует лишь 9 водомерных постов (табл. 1), данные которых и были использованы в исследованиях стока.

Бассейн сложен в основном вулканогенными породами, в верхней части преобладают андезиты-базальты четвертичного возраста, а также распространены андезиты, туфы, туфобрекчии третичного периода.

В работе применены следующие методы: метод математико-статистического анализа, метод сопоставления и сравнения, экстраполяции и корреляции.

Результаты и их обсуждения

Многоводный период является одним из основных этапов водного режима не только рек бассейна

р. Арпа, но и республики. Он каждый год наблюдается на всех реках в виде хорошо выраженной волны, формируясь снеготаянием, дождями и подземными водами. В это время по рекам изучаемой территории проходит большая часть годового стока, около 55–69%. Максимальный расход воды также наблюдается преимущественно в этот период. Несмотря на общность многих черт гидрологического режима, характер многоводного стока на реках не является однотипным, а отличается большим разнообразием, отражая в основном особенности питания рек, взаимосвязь поверхностных и подземных вод, влияние местных факторов. Большое значение при этом имеют распределение водосборных площадей по высотным зонам, средняя высота бассейнов, изрезанность поверхности водосборов, обуславливающая затяжной характер таяния снега, что находит отражение в условиях формирования многоводного стока. Поэтому если у равнинных рек длительность последнего определяется в основном морфометрическими характеристиками, в частности длиной реки и размерами ее бассейна, то для горных рек решающими факторами являются распределение водосборных площадей по высотным зонам и средняя высота бассейна [Ресурсы поверхностных вод СССР, 1973].

Таблица 2

Многолетние средние фактические значения основных метеорологических элементов по данным метеорологической станции Ехегнадзор

Table 2

Average long-term actual values of main meteorological elements by data of Yeghegnadzor meteorological station

Показатель	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	<i>Температура воздуха, °С</i>											
Средний	-4,40	-2,10	3,90	10,3	15,4	19,8	24,1	24,4	20,2	13,3	5,60	-1,40
Средний максимум	0,60	3,10	9,40	16,1	21,7	26,4	30,9	31,3	27,1	19,9	11,3	3,60
Средний минимум	-8,10	-6,30	-0,9	5,00	9,30	12,8	17,0	17,2	13,0	7,30	0,90	-4,80
Абсолютный максимум / год	15,9 / 1966	19,0 / 1993	23,5 / 1970	26,6 / 1970	30,5 / 1974	35,2 / 1975	38,5 / 1966	38,3 / 1976	35,2 / 1975	29,1 / 1987	22,1 / 1974	16,7 / 1961

Показатель	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средний абсолютный максимум	7,69	10,7	17,0	22,5	27,1	31,9	35,9	35,3	31,9	25,4	17,5	11,3
Абсолютный минимум / год	-22,5 / 1972	-21,9 / 1972	-20,0 / 1985	-10,5 / 1965	0,90 / 1984	1,50 / 1967	8,50 / 1992	9,00 / 1988	2,50 / 1992	-5,20 / 1965	-10,8 / 1964	-18,5 / 1994
Средний абсолютный минимум	-17	-15	-9	-2	4	8	12	12	7	2	-6	-13
Температура поверхности почвы, °C												
Средний	1,77	-1,83	5,47	13,2	19,4	26,2	31,1	30,3	23,7	13,5	5,46	-0,88
Средний максимум	14,9	20,6	39,4	47,7	54,8	62,2	65,6	63,9	57,2	44,9	30,9	19,9
Абсолютный максимум / год	28,0 / 1963	39,0 / 1970	45,1 / 1990	56,1 / 2000	63,6 / 1989	70,0 / 1980	70,1 / 1996	68,0 / 1983	62,0 / 1980	49,0 / 1969	36,2 / 1998	29,0 / 1983
Средний минимум	-19,8	-19,6	-12,9	-4,51	1,26	5,84	9,98	9,72	4,15	-2,78	-8,56	-15,8
Абсолютный минимум / год	-34,0 / 1972	-32,0 / 1972	-27,9 / 1985	-14,0 / 1965	-3,10 / 2000	0,00 / 1967	4,90 / 1957	6,00 / 1971	-0,60 / 1989	-7,80 / 1985	-17,0 / 1981	-27,0 / 1975
Влажность воздуха												
Упругость водяного пара, гПа	3,61	4,01	4,99	7,01	9,24	11,0	13,0	12,3	9,65	7,90	6,01	4,41
Относительная влажность, %	71,5	69,4	61,1	58,1	56,6	49,8	45,7	43,8	44,9	56,5	65,2	72,2
Недостаток насыщения, гПа	1,40	2,00	3,20	6,40	9,40	14,2	19,3	20,0	15,3	8,10	3,60	1,60
Скорость ветра, м/сек												
Средняя скорость	0,50	0,69	1,29	1,51	1,61	1,71	1,82	1,75	1,62	1,14	0,84	0,61
Атмосферные осадки												
Количество осадков, мм	31,5	33,9	40,4	59,4	59,7	41,4	20,1	13,5	15,2	36,6	29,6	33,1
Высота снежного покрова, см	12	9	1									4

Важными метеорологическими элементами в формировании стока многоводного периода рек бассейна р. Арпа являются температура воздуха и атмосферные осадки. Особое значение имеют осадки, выпавшие в виде снега. Большую роль играет также приток тепла [Гидрография Армянской ССР, 1981; Маргарян, 2011, 2017; Шагинян, 1981]. Условия формирования стока многоводного периода из года в год меняются в зависимости от метеорологических факторов. В табл. 2 представлены многолетние средние фактические значения основных метеорологических элементов по данным метеорологической станции Ехегнадзор.

В связи с разнообразием природных условий изучаемой территории сток многоводного периода распределяется весьма неравномерно (табл. 3), но при этом ведущая роль принадлежит климату в сочетании с особенностями рельефа, почвенно-растительного

покрова и геолого-гидрогеологического строения речных водосборов. Средний суммарный слой стока многоводного периода рек бассейна р. Арпа колеблется в больших пределах: от 117 (р. Арпа – п. Ехегнадзор) до 563 мм (р. Арпа – п. Джермук). В многоводный период по рекам проходит более 55–69% годового стока (см. табл. 3), а это время в свою очередь сменяется летне-осенней и зимней меженью, когда проходят остальные 31–45% стока.

Многоводный период в речном бассейне в створах рек в среднем начинается в конце марта – начале апреля. Указанный период обычно в среднем заканчивается в конце июня – начале июля. Средняя продолжительность многоводного периода колеблется в пределах 2,5–3,5 месяца (табл. 3, 4). Такая же картина получена нами в результате прошлых исследований [Маргарян, 2011, 2015, 2017; Margaryan, 2011].

Средние величины характеристик многоводного периода рек бассейна р. Арпа

Таблица 3

Table 3

Average values of characteristics of high water period of Arpa rivers basin

Река – пост	Дата (день, месяц)		Продолжительность периода, сутки	Суммарный слой стока за период, мм	Сток (%) от годового
	начала	окончания			
Арпа – Джермук	04.04	07.07	95	563	60
Арпа – Ехегнадзор	29.03	21.06	85	117	55
Арпа – Арени	20.03	29.06	101	144	63
Вайк – Заритап	30.03	22.06	85	172	66
Гладзор – Вернашен	24.03	08.06	78	158	67
Ехегис – Эрмоне	22.03	31.06	102	397	68
Ехегис – Шатин	23.03	03.07	103	287	69
Артабун – Артабуйнк	25.03	01.07	99	389	60
Салигет – Шатин	21.03	24.06	95	252	64

Таблица 4

Характеристика элементов многоводного периода

Table 4

The characteristics of elements of high water period

Река – пункт	Средняя дата		Ранняя дата		Поздняя дата		Общая продолжительность половодья, дни		
	начала половодья	конца половодья	начала половодья	конца половодья	начала половодья	конца половодья	наибольшая (год)	средняя	наименьшая (год)
Арпа – Джермук	04.04	07.07	08.03.2010	06.06.61	28.04.2009	23.08.92	145 (1992)	95	50 (1961)
Гладзор – Вернашен	24.03	09.06	01.03.1998, 2006	09.04.2008	16.04.2007	08.07.1986	118 (1965)	78	37 (2007)
Артабун – Артабуйнк	25.03	01.07	01.03.2010, 2014	31.05.1998	15.04.1974, 1981	29.07.1986	135 (1978)	99	63 (2015)
Салигет – Шатин	21.03	24.06	27.02.1962	15.05.1998	15.04.1986, 1995	21.07.1986, 2006	130 (1978)	95	36 (1998)

Сроки наступления и окончания, продолжительность многоводного периода зависят в основном от условий питания рек и высотного расположения их водосборов. Существенную роль при этом играют метеорологические условия данного года, причем особое значение имеет характер весны – насколько она бывает дружной или затяжной, ранней или запоздалой. При дружном таянии снега половодье обычно протекает бурно, отличается высокими подъемами уровня воды, проходит в более или менее короткие периоды времени, имеет одну асимметричную волну с резко выраженным интенсивным подъемом и более плавным спадом. При рано начавшемся таянии снега и последующей затяжной весне сход снежного покрова происходит медленно, талые воды в русла рек поступают с перебойями (особенно у водотоков высокогорной зоны), что обуславливает низкое растянутое половодье с несколькими волнами-подъемами [Ресурсы поверхностных вод СССР, 1973; Шагинян, 1981].

Наблюдения показывают, что при достижении температуры воздуха 5–10°C начинается подъем

уровня основной волны многоводного периода (рис. 1). Это особенно касается тех створов, в бассейнах которых образуется устойчивый снежный покров.

В годы, когда в горах образуются большие запасы влаги, аккумулирующейся в снежном покрове, сток многоводного периода может почти в 2–3 раза превысить средние многолетние величины последнего, а при малых запасах снега – в такое же число раз быть меньше нормы. Так, например, это имело место зимой 1987–1988 г. (XI–III), когда на метеостанции Джермук было зарегистрировано 570 мм осадков, что в 1,7 раза больше среднемноголетней величины (341 мм). В то же время на р. Арпа – п. Джермук сток многоводного периода в 1,8 раза превысил средние многолетние величины последнего. Зимой 1960–1961 г. на метеостанции Джермук было зарегистрировано 161 мм осадков (что в 2,1 раза меньше среднемноголетнего (341 мм)). В то же время на р. Арпа – п. Джермук сток многоводного периода в 1,8 раза был меньше средних многолетних величин последнего (рис. 2).

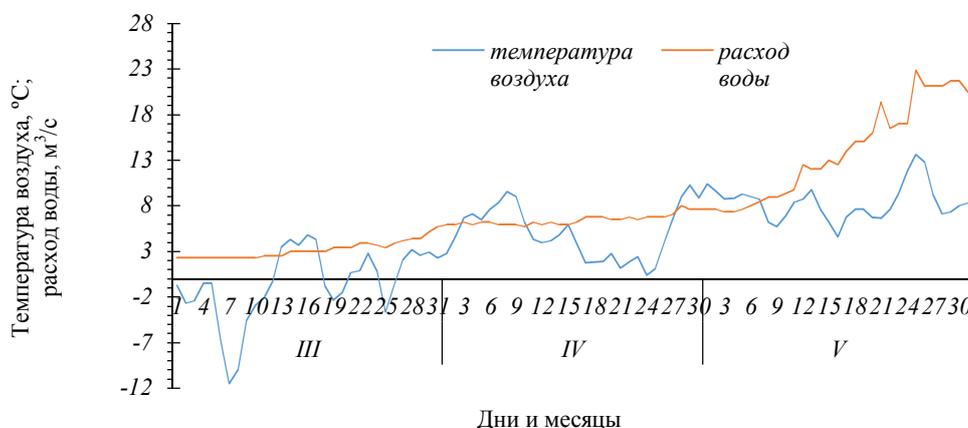


Рис. 1. Ход температуры воздуха на метеостанции Джермук и расход воды на р. Арпа – п. Джермук за 2013 г.

Fig. 1. The course of air temperature at Jermuk meteorological station and water flow on r. Arpa – p. Jermuk for 2013

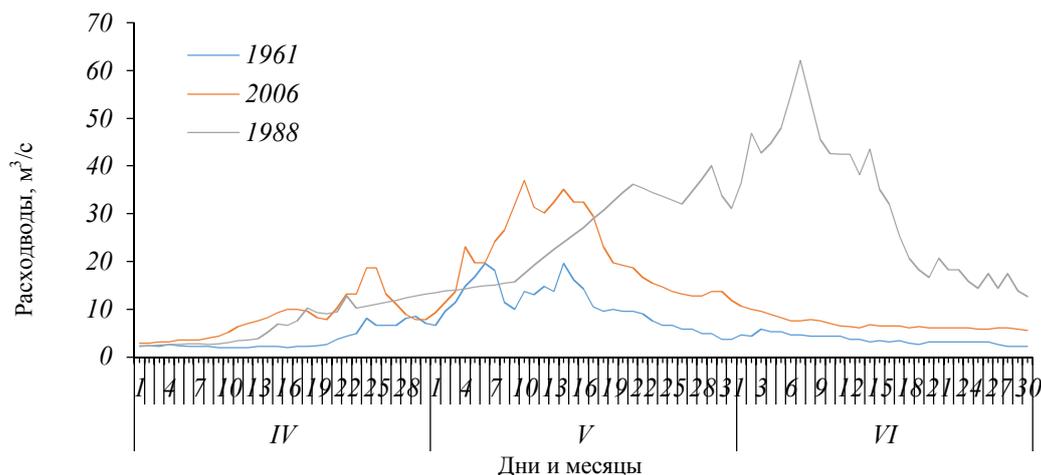


Рис. 2. Гидрографы р. Арпа – п. Джермук в характерные многоводный (1988), средний по водности (2006) и маловодный (1961) годы

Fig. 2. The hydrographs of r. Arpa – p. Jermuk in characteristic high water period (1988), average water content (2006) and low water period (1961) years

Таблица 5

Слой стока за многоводный период, мм

Table 5

Runoff layer for high water period, mm

Река – пункт	Период наблюдений		За период наблюдений					Обеспеченность, %				
	годы	кол-во лет	наибольший		средний многолетний			1	2	5	10	25
			мм	год	мм	C_p	C_s					
Арпа – Джермук	1958–2015	58	996	1988	557	0,29	0,55	996	935	847	772	657
Гладзор – Вернашен	1964–1968, 1970–2015	51	415	1988	157	0,53	0,57	382	350	305	266	207
Артабун – Артабуйнк	1962–2015	54	728	2010	389	0,41	0,17	778	729	658	595	492
Салигет – Шатин	1945–2015	71	655	1969	253	0,51	0,88	633	574	493	427	327

На изучаемой территории сток многоводного периода в 1969, 1987, 1988, 2007 гг. был наибольшим по сравнению с предыдущими годами наблюдений. А 1961, 1998, 1999 и 2001 гг. были с наименьшими по объему стока в сравнении с предыдущими наблюдениями.

В табл. 5 обобщены данные характеристик слоя стока за многоводный период (половодье).

Объем стока многоводного периода для рек бассейна р. Арпа составляет 55–69% от общего объема годового стока. Между двумя этими категориями стока имеется сравнительно тесная связь. Отметим, что, как правило, на территории Республики Армения годовая водность рек бассейна р. Аракс тесно связана со стоком многоводного периода. Эту связь можно использовать для прогноза годового стока. Такие результаты были получены также во всех предыдущих исследованиях [Маргарян, 2014а, 2017].

На величину слоя стока влияют многие природные факторы, среди которых определяющими явля-

ются климатические условия и особенно осадки. Так, общая картина распределения слоя стока многоводного периода по бассейну р. Арпа в основном соответствует распределению норм сезонных (зимних и весенних) сумм атмосферных осадков, величина которых колеблется от 300 до 780 мм (рис. 3).

Распределение осадков, а следовательно, и формирование слоя стока многоводного периода зависят также от взаимодействия различных по происхождению воздушных масс, сложного и разнообразного рельефа поверхности, ориентации склонов горных хребтов относительно направления движения влажных воздушных масс, а также от ряда местных факторов. В связи с этим характер выпадения осадков и их абсолютные величины существенно меняются по территории, а это в свою очередь является причиной того, что у водосборов, расположенных примерно на одной высоте, наблюдается разный по величине слой стока за половодье [Ресурсы поверхностных вод СССР, 1973].

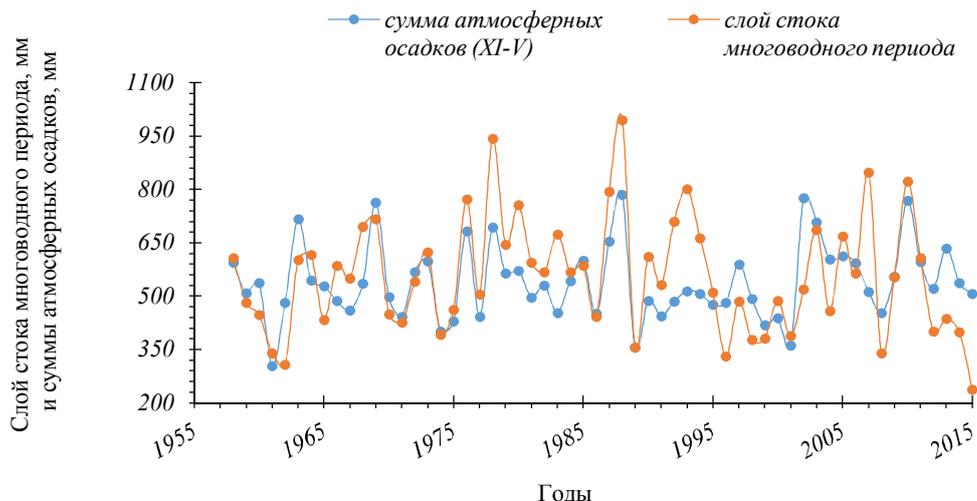


Рис. 3. Распределение слоя стока многоводного периода р. Арпа – п. Джермук и сумм атмосферных осадков на метеостанции Джермук

Fig. 3. Distribution of runoff layer of high water period of r. Arpa – p. Jermuk and sums of rainfall at Jermuk meteorological station

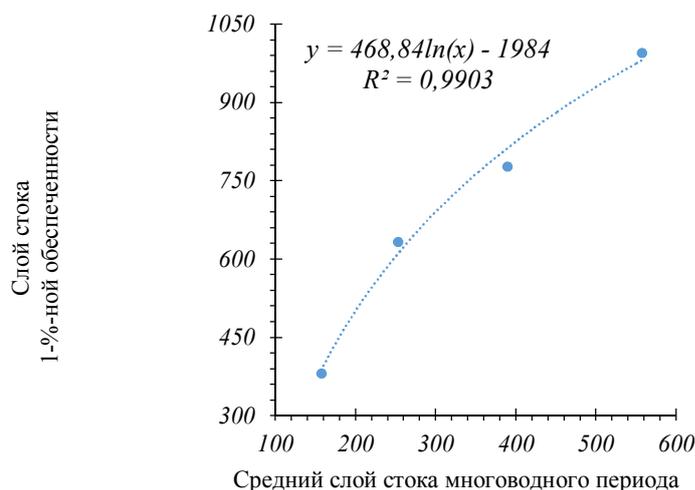


Рис. 4. График связи между слоем стока 1%-ной обеспеченности и средним его значением

Fig. 4. Graph of the relationship between runoff layer of 1% security and its average value

Для подавляющего числа створов величина коэффициента вариации слоя стока многоводного периода не превышает 0,60, чаще всего она находится в пределах 0,35–0,55 и несколько превышает показатель изменчивости годового стока. Значения коэффициентов вариации слоя стока за многоводный период для различных рек приведены в табл. 5. Коэффициент асимметрии изменяется от 0,2 до 1,9.

В табл. 5 представлены данные, полученные при построении кривых различной обеспеченности (1, 2, 5, 10 и 25%-ной) величин слоя стока многоводного периода для рек рассматриваемого бассейна. Следует отметить, что имеет место достаточно тесная связь между

средним многолетним слоем стока и его значениями различной обеспеченности. На рис. 4 представлена связь только между величинами слоя стока 1%-ной обеспеченности и его средними многолетними значениями. Другие связи не рассматриваются в данной работе. Это даст возможность оценить величины слоя стока различной обеспеченности малоизученных рек.

В ходе исследований выяснилось, что в замыкающих створах рек бассейна р. Арпа наблюдается тенденция как уменьшения (причем, преимущественно), так и повышения слоя стока многоводного периода (рис. 5). С различной степенью выраженности фиксируется сокращение доли стока за половодье в среднем

годовом стоке воды в речных бассейнах других географических районов [Киреева, 2013; Киреева, Фролова, 2013].

С другой стороны, проведенные исследования [Обязов, 2013] показывают, что однонаправленные устойчивые тенденции речного стока отсутствуют, а имеют место тренды, меняющие во времени свои величину и знак вследствие преобладания в его изменениях циклических составляющих. Вместе с тем выявлены разнонаправленные изменения стока в

различные по водности фазы цикла: в многоводные фазы (периоды) сток повышается, а в маловодные – снижается. При этом соответственно возрастают его изменчивость и экстремальность. В табл. 6 приведены статистические параметры и стандарт ошибки слоя стока (мм) за многоводный период.

В результате исследований стало очевидным, что в изучаемом речном бассейне также наблюдается однотипная картина, относящаяся к изменению динамики количества осадков в зимний период.

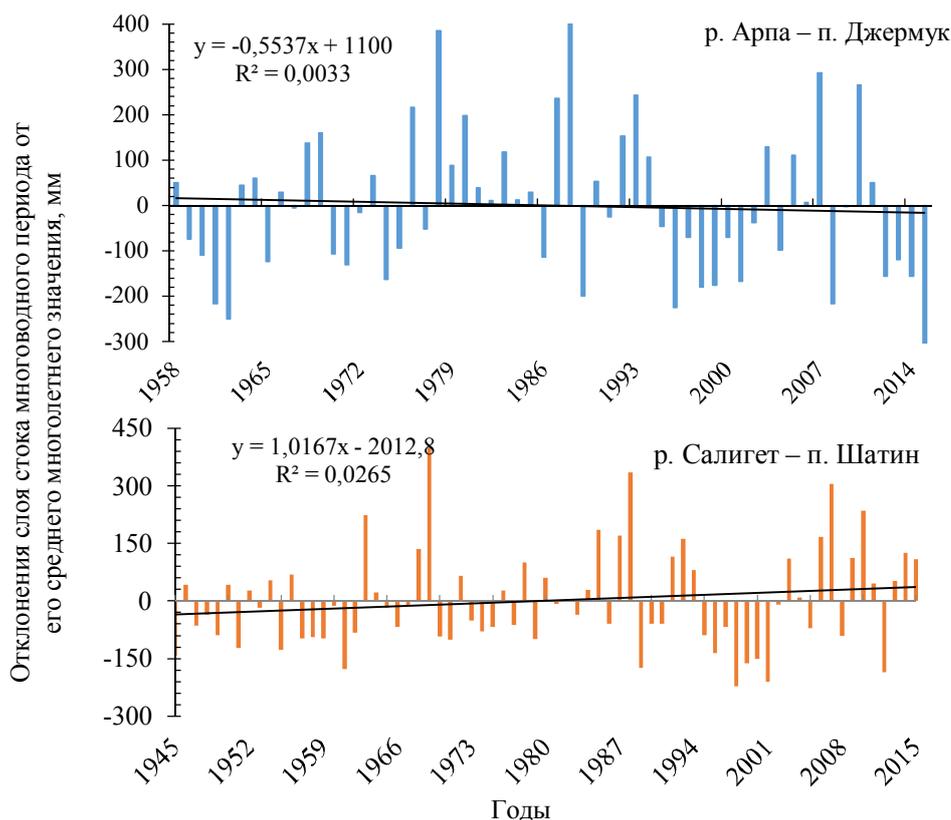


Рис. 5. Динамика изменения отклонения слоя стока многоводного периода от его среднего многолетнего значения

Fig. 5. Dynamics of changes in the deviation of the high-water period runoff layer from its multi-year mean

Статистические параметры, стандарт ошибки и коэффициенты автокорреляции слоя стока за многоводный период, мм

Таблица 6

Statistical parameters, error standard and autocorrelation coefficients of runoff layer for high-water period, mm

Table 6

Река-пункт	Статистические параметры			Стандарт ошибки расчета (при $\alpha = 5\%$)			Автокорреляция	
	C_v	C_s	C_s/C_v	$\bar{\sigma}$	σ_{C_v}	σ_{C_s}	\tilde{r}	$R(1)$
Арпа – Джермук	0,29	0,55	1,88	25,0	0,01	0,33	0,16	0,19
Гладзор – Вернашен	0,53	0,57	1,08	14,1	0,06	0,35	0,20	0,24
Артабун – Артабуйнк	0,41	0,17	0,43	29,1	0,05	>0,36	0,29	0,34
Салигет – Шатин	0,51	0,88	1,72	17,8	0,06	0,35	0,15	0,17

Таким образом, наблюдается тенденция уменьшения количества зимних осадков. Что касается изменения динамики температуры, отметим, что последняя увеличивается.

Выводы

1. Многоводный период в речном бассейне в среднем начинается в конце марта – начале апреля и заканчивается в конце июня – начале июля.

2. Средняя продолжительность многоводного периода колеблется в пределах 2,5–3,5 месяца.

3. Средний суммарный слой стока многоводного периода рек бассейна р. Арпа колеблется в больших пределах: от 117 мм до 563 мм, что в основном обусловлено синоптическими процессами и гидрометеорологическими условиями данного года. В многоводный период по рекам проходит более 55–69% годового стока.

4. Величина коэффициента вариации слоя стока многоводного периода изменяется в пределах 0,29–0,53, коэффициент асимметрии – от 0,2 до 1,9.

5. Распределение слоя стока многоводного периода по бассейну р. Арпа в основном соответствует распределению норм сезонных (зимних и весенних) сумм атмосферных осадков.

6. В изучаемом речном бассейне преимущественно наблюдается тенденция уменьшения слоя стока многоводного периода.

7. Наблюдается тенденция уменьшения количества зимних осадков и увеличения температуры.

8. В природно-климатических условиях Армении в изучаемом речном бассейне гидроресурсы в основном можно накопить за счет воды, текущей по рекам только во время многоводного периода, поскольку в это время сельскохозяйственные угодья не нуждаются в орошении и по рекам проходит около 55–69% годового стока и более.

В изучаемом речном бассейне понижение стока – результат как изменения климата, так и деятельности человека. Следовательно, необходимо запланировать, разработать и осуществить соответствующие мероприятия и программы по смягчению и адаптации последствий изменения климата.

ЛИТЕРАТУРА

- Гидрография Армянской ССР. Ереван : Изд-во АН Арм. ССР, 1981. 177 с. (На армян. яз.)
- Григорьев В.Ю., Фролова Н.Л., Джамалов Р.Г. Изменение водного баланса крупных речных бассейнов европейской части России // Водное хозяйство России. 2018. № 4. С. 36–47.
- Киреева М.Б. Водный режим рек бассейна Дона в условиях меняющегося климата : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М. : МГУ, 2013. 29 с.
- Киреева М.Б., Фролова Н.Л. Современные особенности весеннего половодья рек бассейна Дона // Водное хозяйство России. 2013. № 1. С. 60–76.
- Маргарян В.Г. Закономерности пространственно-временного распределения стока р. Арпа во время многоводного периода // Материалы Международной конференции по изменению климата и риски стихийных бедствий в горных районах. Душанбе, 2011. С. 32.
- Маргарян В.Г. Особенности формирования и внутригодового распределения стока реки Мармарик // Научная конференция по современным проблемам геологии, географии и экологии : сб. науч. тр. конф., посвящ. 70-летию со дня рождения доц. Э.Х. Харазяна (14–16 ноября, 2012). Ереван : Изд-во Тигран Мец, 2014а. С. 226–240. (На армян. яз.)
- Маргарян В.Г. Проблемы использования и охраны водных ресурсов в регионе Вайоц Дзор // КАЗАНТИП-ЭКО-2014 Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения : сб. тр. XXII Междунар. науч.-практ. конф. (Харьков, июнь 2014 г.) : в 2 т. / ГП «УкрНТЦ «Энергосталь». Харьков : НТМТ, 2014б. Т. 2. С. 251–258.
- Маргарян В.Г. Динамика изменения и оценка объема весенних половодий в условиях изменения климата на водомерном посту Арени реки Арпа // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов : труды Четвертой Всерос. науч. конф. с междунар. участием (Москва, 15–18 сентября 2015 г.) / отв. ред. М.В. Болгов. М. : ИВП РАН, 2015. С. 316–319.
- Маргарян В.Г. Проблемы эффективного использования водных ресурсов бассейна реки Арпа // Факторы и стратегии регионального развития в меняющемся геополитическом и геоэкономическом контексте : материалы междунар. науч. конф. (Грозный, 20–25 сентября 2016 г.) / под общ. ред. А.Г. Дружинина. Ростов н/Д : Изд-во Южного федерального университета, 2016. С. 338–341.
- Маргарян В.Г. Регулирование стока многоводного периода р. Арпа, основанное на долгосрочных прогнозах // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. году науки в Респ. Беларусь. Брест, 25–27 сент. 2017 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А.К. Карабанов [и др.] ; науч. ред. А.К. Карабанов, М.А. Богдасаров. Брест : БрГУ, 2017. Ч. 1. С. 188–193.
- Мусаелян С.М. Водные ресурсы Армянской ССР. Ереван : Изд-во ЕГУ, 1989. 208 с.
- Обязов В.А. Тенденции многолетних изменений речного стока в Забайкалье в многоводные и маловодные периоды // Доклады академии наук. 2013. Т. 450, № 6. С. 713–716.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 9: Бассейн р. Аракса. Вып. 2 / под ред. А.П. Муранова. М. : Гидрометеиздат, 1973. 472 с.
- Чилингарян Л.А., Мнацаканян Б.П., Агабабян К.А., Токмаджян О.В. Гидрография рек и озер Армении. Ереван : ММ Принт, 2002. 49 с. (На армян. яз.)
- Шагинян М.В. Основные закономерности формирования элементов стока рек Армянской ССР и методика их прогнозирования. Л. : Гидрометеиздат, 1981. 176 с.
- Шкломанов И.А., Георгиевский В.Ю. Влияние изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек России // Гидрологические последствия изменений климата. Новосибирск, 2007. С. 143–151.

Фролова Н.Л. Гидрология рек. Антропогенные изменения речного стока : учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. М. : Юрайт, 2016. 113 с.

Ясинский С.В. Реакция поверхностного весеннего стока на региональные изменения климата // Известия РАН. Сер. Геогр. 2004. № 4. С. 72–84.

Margaryan V.G. Spring Floods Capacity and Peak Discharge Forecasting of Arpa River at the Areni Observation Post // In: Our Water – Our Life – The Most Valuable Resource. Proceedings of the 64th CWRA National Conference, St. John's, Canada, 2011. P. 257.

Nohara D., Kitoh A., Hosaka M., Oki T. Impact of climate change on river runoff // J. Hydrometeorol. 2006. V. 7. P. 1076–1089.

Автор:

Маргарян Вардуи Гургеновна, кандидат географических наук, доцент, кафедра физической географии и гидрометеорологии, географический и геологический факультет, Ереванский государственный университет, Ереван, Армения. E-mail: vmargaryan@ysu.am

Geosphere Research, 2019, 1, 44–53. DOI: 10.17223/25421379/10/3

Varduhi G. Margaryan

Yerevan State University, Yerevan, Armenia

THE REGULARITIES OF TEMPORARY CHANGES IN RUNOFF IN THE HIGH WATER PERIOD OF THE ARPA RIVER BASIN IN THE CONTEXT OF STABLE DEVELOPMENT

The high water period is one of the main stages of the water regime of the rivers of the Arpa basin. Annually it is formed due to meltwater, rain and groundwater and is observed in the form of a well-defined wave. During the high water period, a significant part of the annual runoff passes through the rivers of the studied territory, 57–69 %. At the same time, the maximum flow of water is mainly observed during this period. Therefore, for the stable development of the economy, the role and importance of the assessment of the dynamics of runoff in the high water period, especially in the context of global climate change, is very great.

In the work, the main physico-geographical factors determining the runoff of the high water period were studied, the regularities of the time distribution of the runoff of the high water period were discussed, analyzed and evaluated.

For this purpose, the results of actual observations of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Armenia “Service for Hydrometeorology and Active Impact on Atmospheric Phenomena”, available literature sources were collected, processed and analyzed. Currently, only 9 water measuring stations are in the basin, and their data were used. Methods used in the work: mathematical-statistical analysis, method of comparison, extrapolation and correlation.

Due to the diversity of the natural conditions of the study area, the runoff of the high water period is distributed very unevenly. The average total layer of runoff in the high water period of the rivers of the Arpa basin varies over a wide range – from 117 mm to 563 mm. The high water period in the river basin on average begins in late March – early April and ends in late June – early July. The length of the wet season ranges from 2.5–3.5 months. The value of the coefficient of variation of the runoff layer of the high water period varies within 0.29–0.53, the asymmetry coefficient varies from 0.2 to 1.9.

In the study area in 1969, 1987, 1988, 2007, the runoff of the high water period was the largest in terms of the runoff among observations of all previous years, and 1961, 1998, 1999 and 2001 were the lowest. It turned out that in the Arpa river basin the distribution of the high-water runoff layer mainly corresponds to the distribution of the norms of winter and spring precipitation, mainly there is a tendency to decrease in the high flow period and the amount of winter precipitation, and an increase in temperature. The latter is the result of both human activity and climate change. So, it is necessary to plan, develop and implement appropriate activities and programs to mitigate and adopt the effects of climate change.

Keywords: *high-water period, runoff, temperature, precipitation, regularities of temporal distribution, Arpa river basin.*

References

Gidrografiya Armyanskoy SSR [Hydrography of ASSR]. Yerevan: Publ. house of the Academy of Sciences of ASSR, 1981, 177 p. In Armenian

Grigoriev V.Yu., Frolova N.L., Jamalov R.G. *Izmeneniye vodnogo balansa krupnykh rechnykh basseynov evropeyskoy chasti Rossii* [The Water balance change of large river basins of the European Russia] // Water sector of Russia: problems, technologies, management. 2018. No. 4, pp. 36–47. In Russian

Kireeva M.B. *Vodnyy rezhim rek basseyna Dona v usloviyakh menyayushchegosya klimata* [The water regime of the rivers of the Don basin in a changing climate]. Abstract dissertation for the degree of candidate of geographical sciences. 2013. Moscow State University, 29 p. In Russian

Kireeva M.B. and Frolova N.L. *Sovremennyye osobennosti vesennego polovod'ya rek basseyna Dona* [Modern features of the spring flood of the rivers of the Don basin] // Water sector of Russia: problems, technologies, management. 2013. No. 1, pp. 60–76. In Russian

Margaryan V.G. *Zakonovernosti prostranstvenno-vremennogo raspredeleniya stoka r. Arpa vo vremya mnogovodnogo perioda* [Law of Time and Space Distribution of Surplus Water of the River Arpa] // In: Climate Changes and Natural Hazards in Mountain Areas. Proceedings of the International Conference “Mountain Hazards 2011”. 2011. Dushanbe, Tajikistan, p. 31. In Russian

Margaryan V.G. *Osobennosti formirovaniya i vnutrigodovogo raspredeleniya stoka reki Marmarik* [Features of runoff formation and its within-year distribution in Marmarik River] // Modern problems of geology, geography and ecology. A collection of scientific papers devoted to the 70th anniversary of docent E.Kh. Kharazyan, 14–16 of November, 2012. Yerevan: publishing Tigran Mets. 2014. pp. 226–240. In Armenian

Margaryan V.G. *Problemy ispol'zovaniya i okhrany vodnykh resursov v regione Vayots Dzor* [Problems of use and protection of water resources in Vayots Dzor] // Kazantip-ECO-2014. Innovative ways to solve actual problems of industries, ecology, energy and re-

source saving. A collection of works of the XXII International Scientific and Practical Conference: UkrNTTS Energostal. 2014. Kharkov: NTMT, t. 2, pp. 251–255. In Russian

Margaryan V.G. *Dinamika izmeneniya i otsenka ob'yema vesennikh polovodiy v usloviyakh izmeneniya klimata na vodomernomu postu Areni reki Arpa* [Dynamics of changes and evaluation of volume spring floods of Arpa River at the gauge station Areni in a changing climate] // Fundamental Problems of Water and Water resources: Proceedings of IV Russian Scientific. Conference. 2015. Moscow: Water Problems Institute RAS, pp. 316–319. In Russian

Margaryan V.G. *Problemy effektivnogo ispol'zovaniya vodnykh resursov basseyna reki Arpa* [Problems of water efficiency of river basin Arpa] // Factors and strategies of regional development in a changing geopolitical and geo-economic context: proceedings of the international scientific conference (Grozny, September 20–25, 2016) / under general ed. A.G. Druzhinin. 2016. Rostov-on-Don: Publishing House of the Southern Federal University, pp. 338–341. In Russian

Margaryan V.G. *Regulirovaniye stoka mnogovodnogo perioda r. Arpa, osnovannoye na dolgosrochnykh prognozakh* [Regulation of the high water runoff of the Arpa river based on long-term forecasts] // Actual problems of Earth sciences: the use of natural resources and environmental scientific-practical conference dedicated to the year of science in the Republic of Belarus. 2017. Brest: BSU, pp. 188–199. In Russian

Musaelyan S.M. *Vodnyye resursy Armyanskoy SSR* [Water resources of ASSR]. Yerevan, pub. House YSU. 1989. 208 p. In Russian

Obyazov V.A. *Tendentsii mnogoletnikh izmenenii rechnogo stoka v Zabaykal'ye v mnogovodnyye i malovodnyye periody* [Tendencies of long-term changes in the river flow in the borrowing in a multi-water and low-water periods] // Reports of the academy of sciences. 2013. V. 450, no. 6, pp. 713–716. In Russian

Resursy poverkhnostnykh vod SSSR [The resousces of surface waters of USSR] // ed. A.P. Muranova, T. 9, Araks river basin, pub.2, Moscow : Hydromet. 1973. 472 p. In Russian

Chilingaryan L.A., Mnatsakanyan B.P., Aghababyan K.A., Tokmajyan O.V. *Gidrografiya rek i ozer Armenii* [Hydrography of rivers and lakes of Armenia]. 2002. Yerevan, pub.house „MM Print„, 49 p. In Armenian

Shahinyan, M.V. *Osnovnyye zakonomernosti formirovaniya elementov stoka rek Armyanskoy SSR i metodika ikh prognozirovaniya* [The main regularities of formation of the river runoff elements of Armenia and the method of their forecasting]. Leningrad : 1989. 176 p. In Russian

Shiklomanov I.A., Georgievsky V.Yu. *Vliyaniye izmeneniy klimata na gidrologicheskiy rezhim i vodnyye resursy rek Rossii* [Influence of Climate Changes on the Hydrological Regime and Water Resources of the Russian Rivers] // Hydrological Impact of Climate Change, Novosibirsk. 2007. pp. 143–151. In Russian

Frolova N.L. *Gidrologiya rek* [Hydrology of the rivers] // Anthropogenic changes in river runoff: textbook for academic bachelor. 2nd ed., corr. and add. Moscow : Yurait Publishing House. 2016. 113 p. In Russian

Yasinsky S.V. *Reaktsiya poverkhnostnogo vesennego stoka na regional'nyye izmeneniya klimata* [Reaction of the surface spring runoff to regional climate change] // Izv. Geographical series.2004. No. 4, pp. 72–84. In Russian

Margaryan V.G. Spring Floods Capacity and Peak Discharge Forecasting of Arpa River at the Areni Observation Post. In: Our Water – Our Life – The Most Valuable Resource. Proceedings of the 64th CWRA National Conference, St. John's, Canada, 2011, p. 257.

Nohara D., Kitoh A., Hosaka M., Oki T. Impact of climate change on river runoff // J. Hydrometeorol., 2006. V. 7, pp. 1076–1089.

Author:

Margaryan Varduhi G., Cand.Sci. (Geogr.), Assistant Professor, Department of Physical Geography and Hydrometeorology, Faculty of Geography and Geology Yerevan State University, Yerevan, Armenia. E-mail: vmargaryan@ysu.am