

К ОЦЕНКЕ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА РЕКИ МАРМАРИК

В.Г. Маргарян

Ереванский государственный университет, vmargaryan@ysu.am

Речная долина р. Мармарик имеет большие рекреационные возможности, в ее долине находится месторождение минеральной воды «Анкаван», на реке Мармарик построено одноименное водохранилище. В работе обсуждаются и анализируются особенности формирования максимальных расходов реки Мармарик, оценены закономерности многолетних колебаний максимального расхода в разных речных створах. В качестве исходного материала использованы фактические данные наблюдений Армгидромета за максимальным расходом, температурой воздуха и атмосферными осадками. Исследования показывают, что как значения, так и даты прохождения максимального расхода существенно различаются. Максимальный расход воды обычно формируется в конце апреля — начале мая, но чаще — в первой половине мая. Максимальный расход воды в р. Мармарик формируется с участием талого, дождевого и подземного стока, причем талый сток преобладает над другими. В результате исследования выявлена тенденция уменьшения значений максимального расхода воды, что является результатом как деятельности человека, так и изменения климата. В частности, положительный тренд температуры воздуха оказывает заметное влияние на снижение максимального стока.

Ключевые слова: максимальный сток, температура воздуха, количество осадков, многолетние колебания, тренд, река Мармарик.

ESTIMATE OF THE LONG-TERM FLUCTUATIONS MAXIMUM RUNOFF OF THE MARMARIK RIVER

V.G. Margaryan

Yerevan State University

The river valley of the Marmarik River has great recreational opportunities, there being situated a mineral water deposit “Hankavan” and the reservoir of the same name built on the Marmarik River. Therefore, the article discusses and analyzes the peculiarities of formation of maximum discharge of the Marmarik River, evaluates the patterns of multi-year fluctuations of the maximum discharge in different river sections. Actual observational data of Armhydromet for maximum discharge, air temperature and precipitation have been used as the source material.

Research shows that both values and the dates of the maximum discharge vary significantly. Maximum water discharge is usually formed in late April - early May, but especially in the first half of May. The maximum water discharge in the Marmarik River is formed with melt, rain, and underground runoff, the melt runoff prevailing over the others. As a result of the study, a tendency of decreased values of the maximum water discharge has been revealed, being the result of both the human activities and the climate change. In particular, the positive trend in the air temperature has a significant effect on reducing the maximum discharge.

Keywords: maximum runoff, air temperature, precipitation, long-term fluctuations, trend, Marmarik River.

Введение

Река Мармарик является основным и самым многоводным притоком р. Раздан. Длина реки составляет 37 км, площадь водосборного бассейна — 427 км², средняя высота бассейна — 2300 м, отметки истока и устья — 2520 и 1699 м

соответственно. Средний уклон речного бассейна — 22 %. Основные притоки р. Мармарик — реки Мисхана, Еркаргет, Улашик, Шумлар, Артаваз, Кабахлу, Гомур. Питание реки снего-дождевое (74,8 %) и подземное (25,2 %) [2]. Половодье наблюдается весной и в начале лета — на этот период приходится 65—80 % годового стока. Воды реки используются с целью орошения и водоснабжения промышленных предприятий. Речная долина имеет большие рекреационные возможности: здесь действует комплекс летних домов отдыха. В долине р. Мармарик находится месторождение минеральной воды «Анкаван».

С учетом роли и значения р. Мармарик в работе были поставлены следующие задачи:

- выявить основные физико-географические факторы, обуславливающие максимальный сток реки;
- выявить особенности многолетних колебаний максимального расхода рек речного бассейна в условиях современных изменений климата.

Материалы и методы исследования

Для решения указанных выше задач в работе использовались следующие данные:

- оценки максимального стока и сроки его прохождения на гидрологических постах Анкаван и Агавнадзор (р. Мармарик) и на посту Меградзор (р. Гомур);
- значения температуры воздуха и количества осадков по данным наблюдений на метеорологических станциях Анкаван, Раздан и Апаран.

В бассейне р. Мармарик гидрологические и метеорологические исследования проводились начиная с 30-х годов XX века (табл. 1 и 2). Их результаты в виде книжек наблюдений и рабочих таблиц хранятся в основном гидрометеорологическом фонде Армгидромета.

В бассейне р. Мармарик метеорологические наблюдения выполнялись начиная с ноября 1934 г. Однако отметим, что бассейн р. Мармарик является одной из исключительно плохо освещенных метеорологическими наблюдениями территорий. В бассейне в разные годы действовали одна метеорологическая станция (Анкаван) и два наблюдательных поста (Агавнадзор и Меградзор). В настоящее время (2019 г.) в речном бассейне действует только одна метеорологическая станция — Анкаван, которая расположена на высоте 1957 м. Метеорологическая станция Анкаван некоторое время имела статус наблюдательного поста (т. е. там проводились наблюдения только за осадками и снежным покровом), затем она вновь стала выполнять роль метеорологической станции. В результате непрерывность ряда наблюдений здесь нарушена. Поэтому нами использованы данные наблюдений на соседних метеорологических станциях Раздан и Апаран.

В период 1930—2018 гг. в бассейне р. Мармарик в общей сложности действовало девять гидрометрических наблюдательных постов, из которых только один функционировал до 1958 г., а три — с 1958 до 1960 г. Сравнительно длинный ряд наблюдений имеют четыре гидрометрических наблюдательных поста (р. Мармарик — п. Анкаван, р. Мармарик — п. Агавнадзор, р. Улашик — п. Артаваз,

р. Гомур — п. Меградзор), а с 1 июня 1988 г. не действует также пост Артаваз на р. Улашик. В настоящее время (2019 г.) в бассейне действуют только три наблюдательных поста, данные которых и были использованы в исследованиях прогноза максимального стока.

Таблица 1

Действовавшие в бассейне р. Мармарик метеорологические станции и наблюдательные посты

Stations and posts operating in the Marmarik River basin

Название	φ° с.ш.	λ° в.д.	Абсолютная высота, м	Станция	Наблюдательный пост
Анкаван	40° 38'	44° 29'	1957	1934—1940, 1957—04.1987, 1998—02.2002, 08.2002—01.2018	1941—1957, 1988—1997, 02.2002—08.2002
Меградзор	40° 37'	44° 40'	1729		1953—1956, 1979—1997
Агавнадзор	40° 34'	44° 42'	1739		1914, 1953—1997

Таблица 2

Основные гидрометрические и гидрологические характеристики бассейна р. Мармарик

Basic hydrometric and hydrological characteristics of the Marmarik River basin

Река — пост	Расстояние от устья, км	Водосбор		Период наблюдений	Многолетние значения характеристик стока				
		Площадь, км ²	Средняя высота, м		Сред. годовой, м ³ /с	Модуль, л/с·км ²	Слой стока, мм	Макс., м ³ /с	Мин., м ³ /с
Мармарик — Анкаван	30,0	93,5	2430	1956—2017	1,67	17,9	563	33,4	0,12
Мармарик — Артаваз		167	2420	1958—1960	2,76	16,5	521	29,8	0,34
Мармарик — Агавнадзор	3,6 7,7 8,0	395 387 375	2350	1936—1940, 1942—1991, 2000—2017	4,79	12,1	382	86,7	0,14
Шумлар — Каракала		2,10	2260	1958—1960	0,016	7,62	240	0,28	0,00
Корогли — Артаваз		8,50	2470	1958—1960	0,12	14,1	445	1,67	0,00
Улашик — Артаваз	0,5	39,4	2560	1970—1988	0,80	20,3	640	12,2	0,050
Гомур — Меградзор	1,8 2,9 2,6	97,0 101 101	2430	1936—1956, 1958—1994, 2000—2017	1,52	15,7	494	50,6	0,010
Тежгет — в 4,7 км от устья		11,5	2740	1958	—	—	—	—	—
Без названия — близ устья		7,00	2720	1958	—	—	—	—	—

Результаты и обсуждение

Известно, что именно физико-географические условия определяют возникновение стока и его изменение во времени, этапы водного режима и особенности формирования стока. В формировании максимального стока горных рек, к которым относится и р. Мармарик, основная роль принадлежит талым и дождевым водам. На формирование максимального стока влияют также такие факторы, как геологическое и гидрогеологическое строение, морфометрические и морфологические элементы рельефа, средняя высота водосборного бассейна реки, запас воды в снеге, интенсивность снеготаяния, количество жидких осадков и инфильтрация, продолжительность выпадения осадков и их неравномерное распределение в пределах бассейна и во времени, испарение, озерность бассейна, почвенно-растительный покров и др. [2, 4, 6, 10].

Рельеф бассейна р. Мармарик типично горный — он сильно расчленен долинами, оврагами и водотоками. С орографической точки зрения он находится в области Северо-Восточных складчато-глыбовых гор [8]. Гидрогеологические условия бассейна р. Мармарик неблагоприятны для инфильтрации поверхностных вод, и для него не характерно значительное накопление подземных вод. Вода атмосферных осадков быстро стекает по имеющим большой уклон горным склонам: здесь коэффициент стока намного больше, чем в вулканических областях.

Климат бассейна р. Мармарик континентальный — с холодными зимами и умеренно теплым летом. Орографические особенности бассейна сильно влияют на распределение метеорологических элементов, а следовательно, и на формирование речного стока. Важными метеорологическими элементами формирования максимального стока являются температура воздуха и атмосферные осадки, оценки которых и были использованы в работе.

Средняя годовая температура воздуха на метеорологической станции Анкаван составляет 3,98 °С, температура воздуха самых жарких месяцев (июль и август) 14,6 °С, самого холодного месяца (январь) –7,71 °С. Годовое количество осадков в исследуемом бассейне равно 782 мм. Большая часть осадков (в среднем 30—50 % годового количества) выпадает во второй половине весны и в первой половине лета, а меньшая часть — во второй половине лета и зимой. В апреле — июне количество осадков в среднем составляет 294 мм. Некоторое увеличение количества осадков наблюдается также в октябре — ноябре, однако их влияние на формирование стока незначительно. Во второй половине лета (июль — август) количество осадков уменьшается и составляет 20—50 % годовой суммы. Зимой (декабрь — февраль) количество осадков также невелико (средняя многолетняя сумма 146 мм) и составляет 10—30 % годового количества.

Годовой сток бассейна р. Мармарик характеризуется одним ярко выраженным весенним (апрель — июнь) максимумом. Во время весенних половодий в реках бассейна проходит 65—80 % годового стока, и на этот период часто приходится максимальный расход воды реки.

Максимальный расход воды формируется с участием трех основных компонентов стока — талого, дождевого и подземного. Преобладает, как правило, талый сток. Максимальные расходы воды обычно формируются в конце апреля — начале мая, но прежде всего в первой половине мая (табл. 3). Ранние сроки максимальных расходов обусловлены влиянием снегового фактора, поздние — влиянием дождей. Максимальные расходы, наблюдаемые с середины апреля — начала мая, обычно формируются под влиянием одновременного воздействия снегового и дождевого факторов и характеризуются большими значениями.

Между значениями максимального расхода и сроками его прохождения в разных частях бассейна заметны довольно большие различия, что объясняется неодновременным таянием снега, а также различиями климатических условий.

В табл. 4 приведены уравнения линейных трендов и статистические характеристики (коэффициенты трендов β ($\text{м}^3/\text{с} / 10$ лет), стандартные ошибки и т. д.). Из таблицы видно, что наибольший коэффициент линейного тренда отмечается на р. Мармарик в п. Анкаван, где он равен $-1,05 \text{ м}^3/\text{с} / 10$ лет, что в пересчете на 50 лет ($\Delta Q_{\text{max},50}$) дает уменьшение максимального речного стока на $5,25 \text{ м}^3/\text{с}$.

Таблица 3

Основные характеристики максимальных расходов воды

Main characteristics of maximum water flow

Река — пост	Максимальный расход				Сроки прохождения максимального расхода		Средний максимальный расход, $\text{м}^3/\text{с}$
	Абсолютный максимум		Абсолютный минимум		Самый ранний	Самый поздний	
	$\text{м}^3/\text{с}$	Сроки прохождения	$\text{м}^3/\text{с}$	Сроки прохождения			
Мармарик — Анкаван	33,4	11.05.2007	5,08	09.05.2014	08.04.2001	28.07.1982	15,8
Мармарик — Агванадзор	86,7	18.04.1968 03.05.1987	9,85	25.08.2014	06.03.2004	01.09.2014	39,4
Улашик — Артаваз	12,2	05.06.1977	2,53	07.06.1979	14.04.1970	04.08.1982	6,83
Гомур — Меградзор	50,6	01.05.1976	2,40	01.05.2000	24.03.2008	28.06.1953	15,1

Таблица 4

Уравнения линейных трендов и статистические характеристики для годового максимального стока

Equations of linear trends and statistical characteristics for annual maximum flow

Река — пост	Уравнение линейного тренда	Статистическая характеристика					Обеспеченность, %		
		β , $\text{м}^3/\text{с} / 10$ лет	$\Delta Q_{\text{max},50}$, $\text{м}^3/\text{с}$	σ , $\text{м}^3/\text{с}$	C_v	C_s	0,01	0,5	5
Мармарик — Анкаван	$y = -0,105x + 224,69$	-1,05	-5,25	0,86	0,41	0,92	53,4	37,9	27,6
Мармарик — Агванадзор	$y = -0,082x + 202,18$	-0,82	-4,10	2,67	0,49	0,94	154	107	75,3
Гомур — Меградзор	$y = -0,090x + 193,74$	-0,90	-4,50	1,03	0,55	1,89	85,2	51,3	31,5

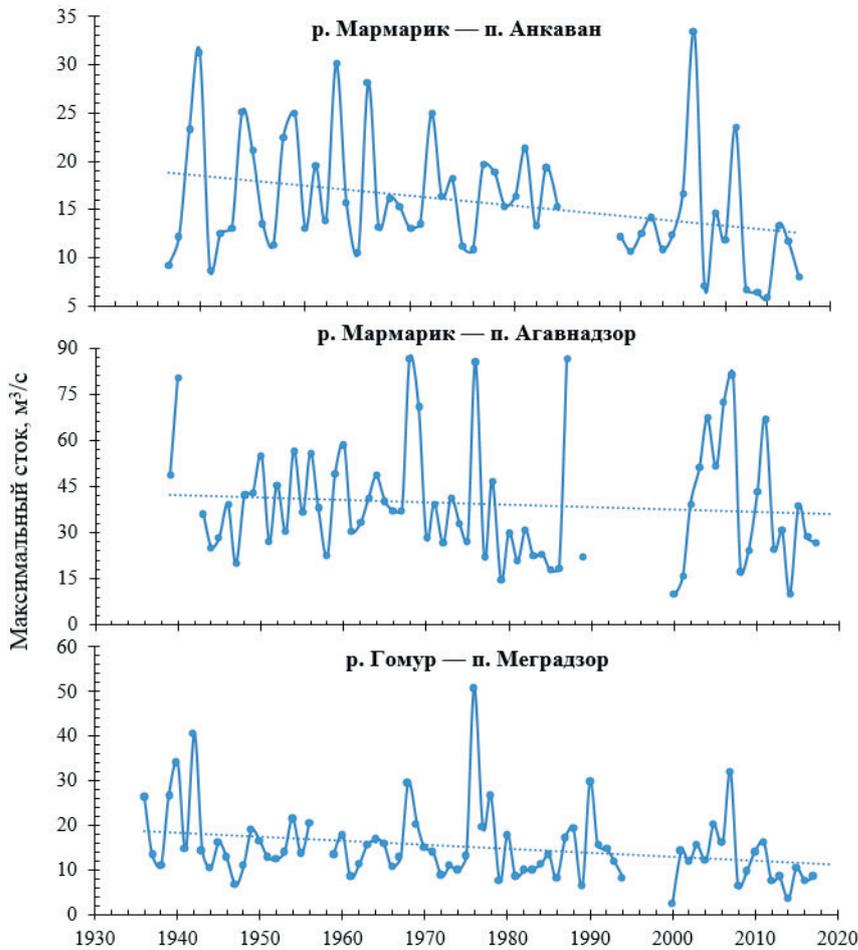


Рис. 1. Межгодовой ход максимального стока с линией тренда в бассейне р. Мармарик.

Fig. 1. Interannual run of maximum flow with a trend line in the Marmarik River basin.

Из рис. 1 также видно, что в межгодовой изменчивости максимального речного стока четко проявляется тенденция к его уменьшению, что, скорее всего, обусловлено повышением температуры воздуха. Подобная ситуация характерна и для некоторых других рек на территории СНГ [1, 3, 5, 7, 9, 11].

В речном створе Агавнадзор р. Мармарик на динамику изменения максимального стока определенное воздействие оказывает построенное на р. Мармарик одноименное водохранилище. Для оценки степени этого воздействия требуется дополнительное изучение. Здесь лишь отметим, что уменьшение максимального стока наблюдается также и на двух других створах, на которые водохранилище Мармарик не влияет. Поэтому можно предположить, что на всех створах изучаемой территории межгодовая изменчивость максимального стока воды в основном



Рис. 2. Мармарикское водохранилище.

Fig. 2. Marmarik reservoir.

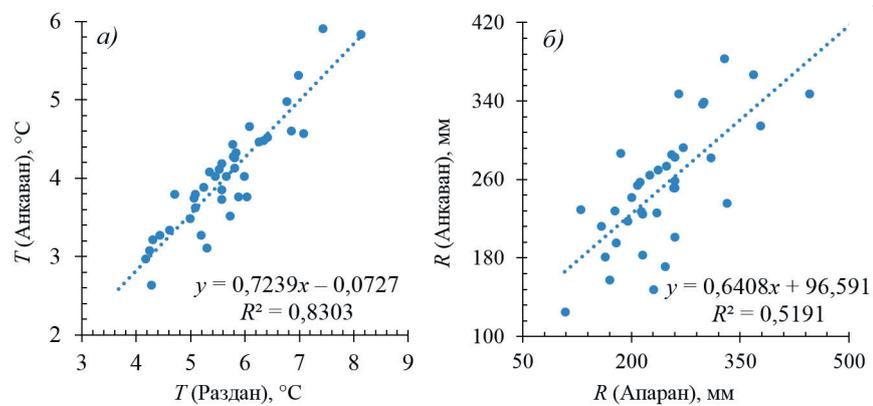


Рис. 3. Корреляционная связь значений среднегодовой температуры воздуха по данным метеостанций Анкаван и Раздан (а) и количества атмосферных осадков в холодный период по данным метеостанций Анкаван и Апаран (б).

Fig. 3. Correlation between the values of average annual air temperatures between the Hankavan and Hrazdan weather stations (a) and the precipitation during the cold period between the Hankavan and Aparan weather stations (b).

обусловлена природными факторами, т. е. изменениями климата. Водоохранилище имеет плотину высотой 55 м, его общий объем 24 млн м³ и полезный объем 23 млн м³; объем воды на 23 августа 2019 г. составил 1,04 млн м³ (рис. 2).

Как было отмечено выше, основное влияние на межгодовые колебания годового речного стока оказывают температура воздуха и атмосферные осадки, которые были оценены по данным метеорологической станции Анкаван за весь период деятельности станции. Однако из табл. 1 видно, что наблюдения на ст. Анкаван имеют пропуски, поэтому они были восстановлены по данным метеорологических станций Раздан и Апаран. При этом точность восстановления температуры воздуха оказалась существенно выше, чем атмосферных осадков (рис. 3).

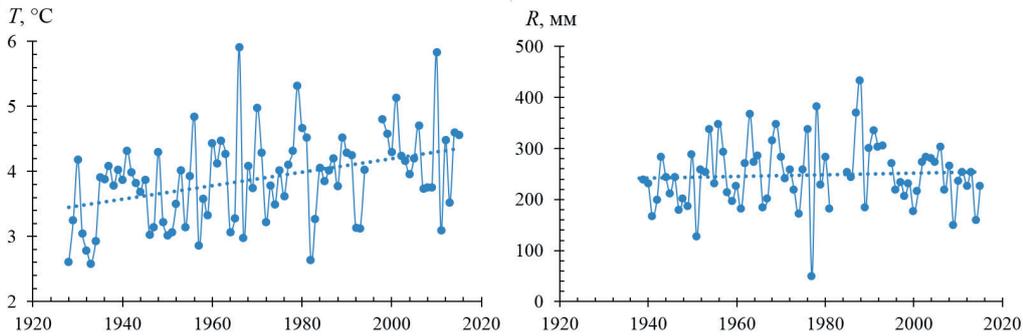


Рис. 4. Межгодовой ход среднегодовой температуры воздуха (T) и количества осадков (R) в холодный период по данным метеостанции Анкаван.

Fig. 4. Interannual variation of average annual air temperatures (T) and precipitation (R) during the cold period according to Hankavan weather station.

На рис. 4 представлен межгодовой ход среднегодовой температуры воздуха (1924—2018 гг.) и атмосферных осадков за холодный период (1938—2018 гг.) по данным метеостанции Анкаван. Нетрудно видеть, что для температуры воздуха отмечается четко выраженный значимый положительный тренд. Для осадков тренд незначим, т. е. они, по сути, не оказывают какого-либо заметного влияния на уменьшение максимального стока.

Выводы

В бассейне р. Мармарик отмечается четкая тенденция к уменьшению максимального речного стока, что обусловлено, главным образом, повышением температуры воздуха в ее бассейне, и это следует учитывать при регулировании речного стока с помощью водохранилища Мармарик. Наибольший коэффициент линейного тренда β , полученный для максимального стока створа Анкаван (р. Мармарик), составляет — $1,05 \text{ м}^3/\text{с} / 10 \text{ лет}$, что в пересчете на 50 лет дает уменьшение максимального речного стока на $5,25 \text{ м}^3/\text{с}$. Получена тесная корреляционная связь между среднегодовыми значениями температуры воздуха на станциях Анкаван и Раздан, а также количеством осадков за холодный период года на станциях Анкаван и Апаран, что позволило восстановить пропуски значений среднегодовой температуры воздуха и количества осадков за холодный период на станции Анкаван.

Список литературы

1. Апухтин А.В., Кумани М.В. Многолетняя динамика основных элементов весеннего стока малых и средних рек Центрального Черноземья // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. 2015. Вып. 33, № 21 (218). С. 114—120.
2. Гидрография Армянской ССР. Ереван: Изд-во АН Арм. ССР, 1981. 177 с. (На армянском яз.)
3. Иманов Ф.А., Гасанова Н.И. Многолетние колебания максимального стока горных рек // Ученые записки РГГМУ. 2009. № 9. С. 40—45.
4. Мамедов М.А. Расчёты максимальных расходов воды горных рек (на примере рек Кавказа). Л.: Гидрометеиздат, 1989. 184 с.

5. *Маргарян В.Г., Врданян Т.Г.* Закономерности пространственно-временного распределения стока весенних половодий реки Мармарик // Ученые записки Ереванского государственного университета. Геология и география. 2011. № 1. С. 30—39. (На армянском яз.)
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 9, вып. 2. Бассейн р. Аракса / Под ред. А.П. Муранова. М.: Гидрометеиздат, 1973. 471 с.
7. *Сафина Г.Р., Голосов В.Н.* Влияние изменений климата на внутригодовое распределение стока малых рек южной половины Европейской территории России // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. 2018. Т. 160, кн. 1. С. 111—125.
8. Физическая география Армянской ССР. Ереван: изд-во АН Арм. ССР, 1971. 470 с. (На армянском языке.)
9. *Фролова Н.Л., Белякова П.А., Григорьев В.Ю., Сазонов А.А., Зотов Л.В.* Многолетние колебания стока рек в бассейне Селенги // Водные ресурсы. 2017. Т. 44, № 3. С. 1—13.
10. *Шагинян М.Б.* К вопросу формирования максимальных расходов воды рек Армянской ССР // Известия Академии наук Армянской ССР. 1963. Т. 16, № 6. С. 47—56.
11. *Margaryan V.G.* Assessment and management challenge of maximum river flow of the spring flood risk of Marmarik Rivers // Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolojiia: The scientific collection / The editor-in-chief Valentyn Khilchevskiy. 2018. № 4 (51). P. 56—63.

References

1. *Apukhtin A.V., Kumani M.V.* Longstandig dynamics of basic elements of the spring drain of the small and middle rivers of the Central Chernozem region. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Yestestvennyye nauki.* Scientific bulletins of the Belgorod State University. Series: Natural Sciences. 2015, 21 (218): 114—120. [In Russian].
2. *Gidrografiya Armyanskoy SSR.* Hydrography of ASSR. Yerevan: Academy of Sciences of ASSR, 1981: 177 p. [In Armenian].
3. *Imanov F.A., Hasanova N.I.* Long term fluctuations of mountain river maximum flow. *Uchenyye zapiski RGGMU.* Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University. 2009, 9: 40—45. [In Russian].
4. *Mamedov M.A.* *Raschoty maksimal'nykh raskhodov vody gornyykh rek (na primere rek Kavkaza).* Calculation of the maximum water discharge of mountain rivers (for example the rivers of the Caucasus). Leningrad: Hydrometeoizdat, 1989, 184 p. [In Russian].
5. *Margaryan, V.G., Vardanyan, T.G.* Regularities of spatiotemporal of spring flood runoff of river Marmarik. *Uchenyye zapiski Yerevanskogo gosudarstvennogo universiteta. Geologiya i geografiya.* Proceedings of Yerevan State University, Geology and geography. 2011, 1:30—39. [In Armenian].
6. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR.* Surface-Water Resources of the USSR. V. 9. Issue. 2. Moscow: Hydrometeoizdat, 1973: 471 p. [In Russian].
7. *Safina G.R., Golosova V.N.* The effect of climate change on the annual flow distribution of small rivers in the southern half of the European Territory of Russia. *Uchenyye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Yestestvennyye nauki.* Proceedings of Kazan University, natural Sciences Series. 2018, 160 (1):111—125. [In Russian].
8. *Fizicheskaya geografiya Armyanskoy SSR.* Physical Geography of the Armenian SSR. Yerevan: Academy of Sciences of ASSR, 1971: 470 p. [In Armenian].
9. *Frolova N.L., Belyakova P.A., Grigoryev V.Yu., Sazonov A.A., Zotov L.V.* Long-term fluctuations in river flow in the Selenga basin. *Vodnyye resursy.* Water resources. 2017, 44 (3): 1—13. [In Russian].
10. *Shaginyan M.B.* To the question of the formation of maximum water discharge of the rivers of the Armenian SSR. *Izvestiya Akademii nauk Armyanskoy SSR. Geografiya i geologiya.* Proceedings of National Academy of Sciences of Armenia. 1963, 16 (6): 47 — 56. [In Russian].
11. *Margaryan V.G.* Assessment and management challenge of maximum river flow of the spring flood risk of Marmarik Rivers. *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolojiia.* 2018. 4 (51): 56—63.

Статья поступила 20.05.2019

Принята после повторного рецензирования 30.10.2019

Сведения об авторе

Маргарян Вардуи Гургеновна, канд. геогр. наук, доцент кафедры физической географии и гидрометеорологии Ереванского государственного университета, vmargaryan@ysu.am

Information about authors

Margaryan Vardui Gurgenovna, Ph.D., Associate Professor, Chair of Physical Geography and Hydrometeorology, Yerevan State University