

Т. Г. ВАРДАНИЯ

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ГОДОВОГО СТОКА РЕК АРМЕНИИ

Изменения стока воды оценены по данным за 1930–2000 гг. для высокогорных малых рек, где сток близок к естественному, а также для низкогорных рек, сток которых приведен к естественным условиям. Данные сопоставлены с показателями изменения атмосферных осадков и температуры воздуха. Произведено сглаживание колебаний стока с использованием 9–11-летнего биномиального фильтра.

The water flow rate changes have been inferred from the data for 1930–2000 for high-mountain small rivers where the flow rate approaches a natural one, as well as for low-mountain rivers whose flow rate is reduced to natural conditions. The data have been compared with the indices of changes in atmospheric precipitation and air temperature. A smoothing was applied to the flow rate fluctuations with using the 9–11-year binomial filter.

В течение последнего столетия многочисленные попытки регулирования речного стока и переброски водных ресурсов, рационализация их использования, охрана рек и озер, а также изменение природных условий вследствие глобального потепления климата привели к значительным изменениям стока рек [1–5]. Это и определило появление большого количества исследований, посвященных изучению состояния водных объектов, изменения их гидрологических показателей в различных регионах. Интерес к водным объектам обусловлен тенденциями развития мирового хозяйства, резким увеличением потребностей в пресной воде, причем он максимален в странах, где имеются трансграничные водные объекты — реки, озера и водохранилища.

Очевидно, что и на территории Армении влияние факторов формирования стока воды очень разнообразно. При прочих равных условиях в высокогорных частях речных бассейнов минимально влияние хозяйственной деятельности. Здесь речной сток близок к естественному состоянию. В низкогорных частях бассейнов роль этого фактора резко возрастает, что определяет необходимость раздельного (по высотным поясам) анализа гидрологических показателей.

ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА ВОДЫ В НИЗКОГОРНОЙ ЧАСТИ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ

В низкогорьях реки становятся относительно крупными. Их отнесение к низкогорным является условным, поскольку средняя высота бассейна, даже р. Дебед — 1770 м. Часть их стока формируется на территории соседних стран — Грузии и Азербайджана.

Длительный период наблюдений позволяет восстановить естественный сток и оценить оказываемое на него влияние физико-географических условий в разных регионах Армении. Изменение сред-

Тенденции изменения стока в низкорной части речных бассейнов

Река–пункт	Уравнение тренда	Коэффициент корреляции (R)	Среднегодовой расход воды, м ³ /с	Изменение расхода воды (Q)	
				м ³ /с	%
Ахурян – Айкадзор	$Q = 0,11T - 198,12$	0,19	32,2	2,27	7,05
Дзорагет – ниже р. Гаргар	$Q = 0,023T - 30,05$	0,15	16,4	0,35	2,13
Ташир – Саратовка	$Q = 0,013T - 23,86$	0,23	2,7	0,25	9,23
Памбак – Ширакамут	$Q = -0,002T + 5,42$	0,04	2,5	-0,08	-3,20
Памбак – Туманян	$Q = -0,005T + 20,42$	0,04	10,4	-0,18	-1,73
Дебет – Айрум	$Q = -0,038T + 107,37$	0,08	33,1	-1,17	-3,53
Агстев – Иджеван	$Q = 0,021T - 31,05$	0,14	9,6	0,75	7,81
Мармарик – Агавнадзор	$Q = -0,013T + 30,96$	0,12	5,2	-0,15	-2,88
Гаварагет – Норадуз	$Q = 0,005T - 5,86$	0,22	3,8	0,30	7,89
Аргичи – В. Геташен	$Q = 0,020T - 32,95$	0,27	5,6	0,47	8,39
Масрик – Торф	$Q = 0,007T - 9,48$	0,19	3,8	0,12	3,16
Арпа – Арени	$Q = 0,062T - 99,51$	0,25	21,9	1,79	8,17
Веди – Урцадзор	$Q = -0,001T + 4,32$	0,03	1,9	-0,03	-1,58
Азат – Гарни	$Q = -0,002T + 9,50$	0,03	6,1	-0,01	0,00
Воротан – Воротан	$Q = 0,0342T - 44,65$	0,14	22,5	0,94	4,18
Вохчи – Капан	$Q = 0,123T - 230,77$	0,44	11,1	2,70	24,32
Мегригет – Мегри	$Q = 0,006T - 8,28$	0,09	3,5	0,19	5,43

негодового стока воды оценено по данным за 1930–2000 гг. для 17 участков рек. Сглаживание колебаний стока произведено с использованием 9–11-летнего биномального фильтра. Линии тренда соответствуют линейным уравнениям с параметрами, характеризующими степень выраженности тенденций изменения стока (табл. 1). По характеру изменений стока воды реки Армении можно объединить в три группы (увеличение стока, уменьшение стока, относительно стабильный сток) (рис. 1).

Увеличение стока характерно для преобладающей (64,8 %) части исследуемых рек (Ахурян, Дзорагет, Ташир, Агстев, Аргичи, Гаварагет, Масрик, Арпа, Воротан, Вохчи, Мегригет). Эти реки расположены в районах, имеющих разные физико-географические условия, однако для них характерно преобладание вулканических пород в бассейнах рек, отличающихся повышенной способностью к инфильтрации атмосферных осадков.

Максимальное увеличение стока отмечено для р. Вохчи (у г. Капан) — 24,32 % в 1945–1990 гг. Для остальных рек оно в среднем составило 7–8 % (см. табл. 1). Изменение средних годовых расходов воды р. Вохчи имеет одну особенность. В высокогорной части бассейна этой реки (у г. Каджаран) увеличение стока составляет практически за тот же период всего 6,39 % на фоне некоторого уменьшения осадков. По-видимому, большие различия в интенсивности увеличения среднего годового расхода воды обусловлены хозяйственной деятельностью, в частности, работой водозаборов горнодобывающего комбината городов Каджаран и Капан.

Изменения водных ресурсов остальных рек в большинстве случаев согласуются с изменчивостью слоя атмосферных осадков. Исключение составляют реки Арпа, Дзорагет и Ташир, в бассейнах которых увеличение стока сопровождается уменьшением осадков. Эта разница не существенна и, по-видимому, обусловлена различиями в точности методов приведения стока этих рек к естественному состоянию или точностью измерений. Степень влияния этого фактора можно оценить на основе сравнения величины среднегодового стока и среднего многолетнего майского стока. Операция сравнения имеет смысл, поскольку 60–70 % возобновляемых водных ресурсов Армении формируется в весенние месяцы, а сток воды в мае максимально близок к естественному, так как в мае отсутствует забор воды на орошение.

Выполненное сравнение не дает однозначного результата. Водность рек Агстев, Ахурян и Ташир в мае имеет тенденцию к увеличению, а рек Вохчи, Воротан, Арпа и Дзорагет — к уменьшению. Сток же рек Аргичи и Гаварагет оказался неизменным.

Уменьшение стока характерно для малой части (17,6 %) исследуемых рек (Дебет, Мармарик и Памбак). Для них многолетние изменения среднегодового стока почти полностью соответствуют вариации атмосферных осадков. Та же тенденция отмечена для водности рек в мае. Эти реки объединены еще одной общей закономерностью: их бассейны расположены в зоне складчато-глыбовых, в основном водоупорных, пород, а в их стоке преобладает доля снего-дождевого питания.

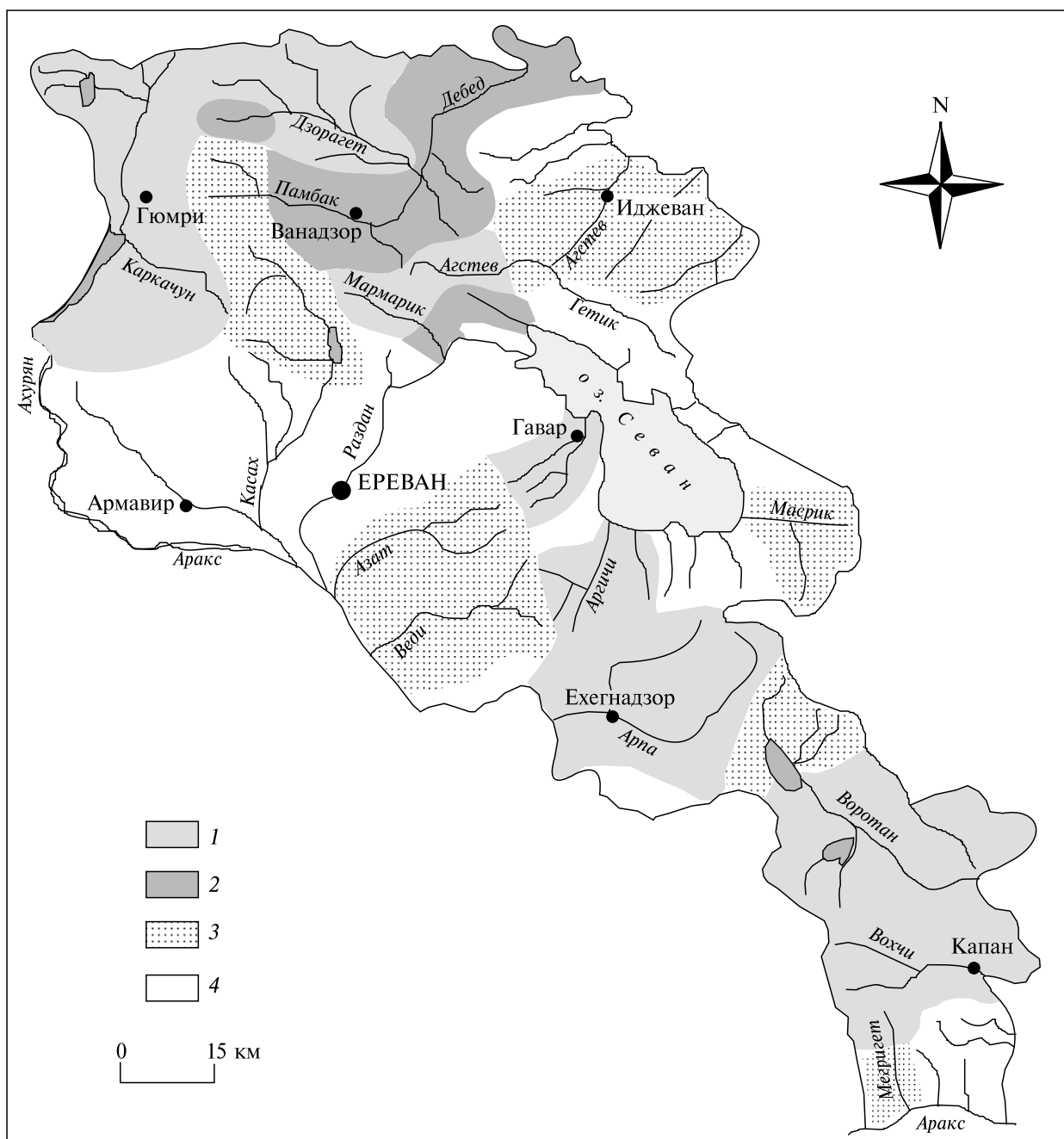


Рис. 1. Районирование территории Армении по тенденции изменения стока рек.

Тенденция изменения: 1 — увеличение; 2 — уменьшение; 3 — относительная стабильность; 4 — сток не изучен.

Для 17,6 % рек существенные изменения стока воды отсутствуют (изменения не достигают 2 % от принятого в качестве признака стабильности водного стока). В бассейнах таких рек, как Азат, Веди и Памбак (г. Туманян), существует соответствие многолетних изменений стока воды, водности рек в мае и атмосферных осадков.

Таким образом, в низкогорных частях речных бассейнов (64,8 %) многолетний среднегодовой сток воды в прошлом веке возрастал. Возобновляемые водные ресурсы были стабильны на 17,6 % рек. Для незначительной части водотоков (17,6 %) сток воды уменьшался. Эта закономерность отражает изменчивость стока в мае и обусловлена величиной и режимом выпадения атмосферных осадков.

Колебания стока воды носят периодический характер. Они повторяются с периодичностью раз в 25, 11 лет или каждые 4–5 лет. Наиболее продолжительные однонаправленные изменения типичны лишь для некоторых лет (Аргичи, Гаварагет, Ахуриан). Циклы изменения стока большей продолжи-

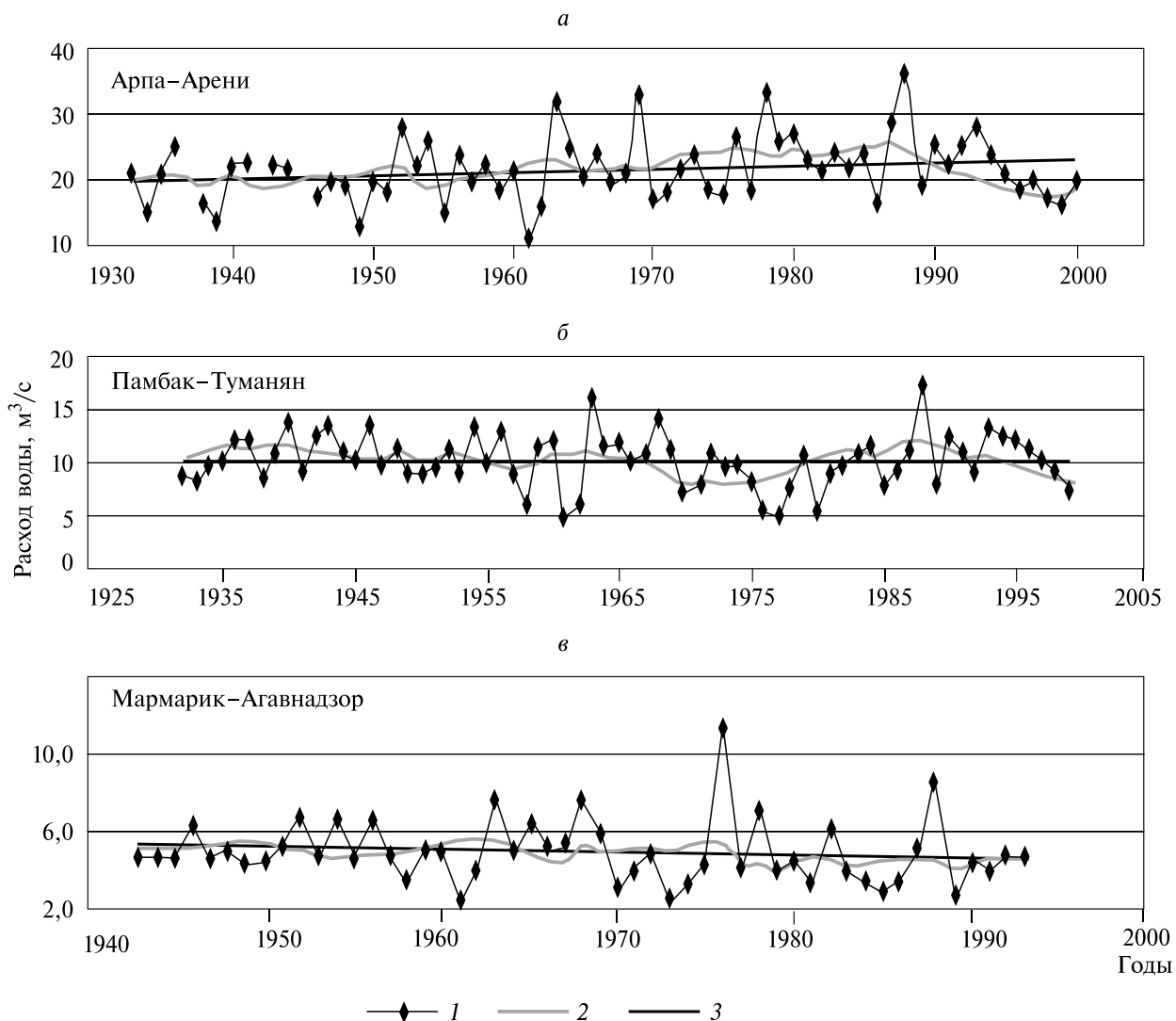


Рис. 2. Колебания стока воды некоторых рек Армении.

a — тенденция к увеличению стока; *б* — относительно стабильный сток; *в* — тенденция к уменьшению стока.
 1 — кривая изменений стока; 2 — сглаженная; 3 — тренд.

тельности достоверно не выявляются. Возможно, это связано с ограниченностью периода наблюдений, который не превышает 60–70 лет.

Внутри 9–11-летних циклов изменения речного стока существуют хорошо выраженные и более короткие циклы (рис. 2). В основном 4–5-летние, которые хорошо согласуются с колебаниями суммы атмосферных осадков.

ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА ВОДЫ МАЛЫХ РЕК В ВЫСОКОГОРНОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНОВ

Важный компонент географической среды — малые реки, которые представляют начальный элемент гидрографической сети. Это наиболее многочисленный тип водотоков. Он отличается чрезвычайно большой чувствительностью по отношению к изменению природных факторов и техногенных нагрузок [6, 7]. Состояние малых рек имеет высокую территориальную изменчивость, что необходимо учитывать при осуществлении любых гидротехнических мероприятий с целью рационального использования и охраны их водных ресурсов.

Безусловно, понятие «малая река» весьма относительно. Общим его свойством является местное водохозяйственное значение малой реки. Однако и малые реки могут сильно отличаться между собой по гидрографическим и гидрологическим характеристикам (площади водосборного бассейна, длине реки) [8, 9].

Гидрографические, метеорологические и гидрологические характеристики высокогорных участков бассейнов рек

Река–пункт	Площадь бассейна, км ²	Средняя высота, м	Средние годовые показатели		
			расход воды, м ³ /с	осадки, мм (метеостанция)	температура, °С
Алвар – Алвар	83	2470	0,75	583 (Пахакн)	2,1
Дзорагет – Катнарат	140	2320	2,6	670 (Ташир)	6,0
Гехарот – Арагац	40	3100	0,96	802 (Арагац)	1,1
Мармарик – Анкаван	94	2430	1,65	776 (Анкаван)	3,8
Агстев – Фиолетово	93	2080	1,36	750 (Лермонтово)	5,5
Мартуни – Геховит	85	2760	1,7	495 (Мартуни)	5,7
Арпа – Джермук	180	2790	5,33	741 (Джермук)	4,7
Воротан – Цхук	507	2630	6,95	715 (Воротанский перевал)	2,6
Вохчи – Каджаран	120	2840	3,6	578 (Капан)	12,1
Мегригет – Личк	21	2960	0,70	273 (Мегри)	14,2

Высокогорные бассейны рек Дзорагет (Катнарат), Алвар, Агстев (с. Фиолетово), Гехарот, Мармарик, Арпа (Джермук), Мартуни, Вохчи, Мегригет, Воротан (Цхук) и других относительно небольшие по площади. Гидрографические и гидрологические характеристики этих рек приведены в табл. 2. Эти участки отличаются рядом особенностей в отношении колебаний стока, хотя здесь он близок к

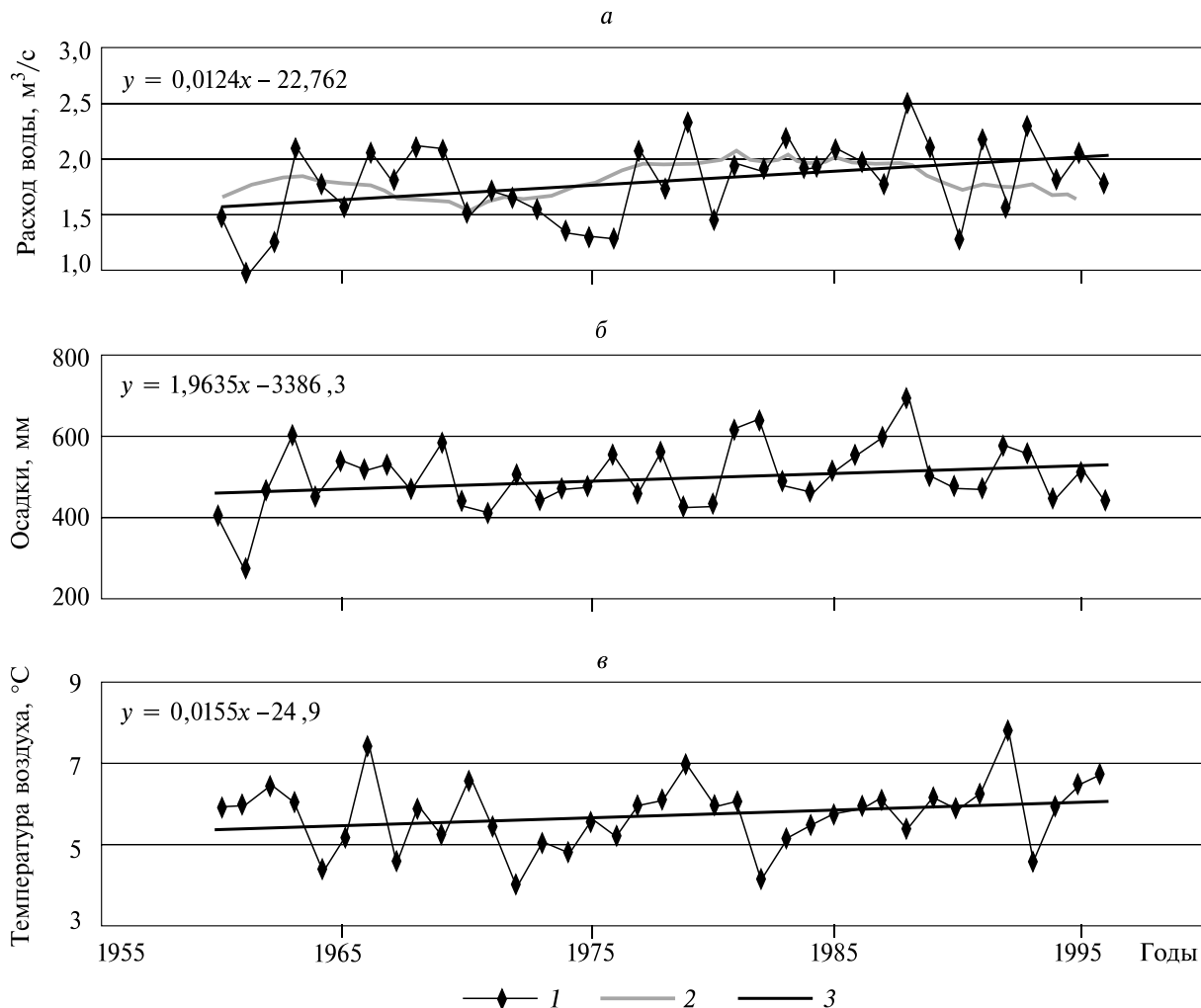


Рис. 3. Сравнение изменчивости стока воды (а), атмосферных осадков (б) и температуры воздуха (в).
1–3 см. на рис. 2.

Характеристики вариации стока рек в высокогорьях Армении

Река–пункт	Уравнение тренда	R	Среднегодовой расход воды, м ³ /с	Изменение расхода воды (Q)	
				м ³ /с	%
Дзорагет – Катнарат	$Q = -0,002T + 6,81$	0,05	2,60	-0,18	-6,92
Алвар – Алвар	$Q = 0,004T - 8,83$	0,27	0,75	0,08	10,66
Агстев – Фиолетово	$Q = 0,0044T - 7,47$	0,16	1,30	0,01	0,8
Гехарот – Арагац	$Q = -0,001T + 3,55$	0,04	0,96	-0,01	-1,04
Мармарик – Анкаван	$Q = 0,0017T - 1,61$	0,05	1,65	0,13	7,88
Мартуни – Геховит	$Q = 0,013T - 22,76$	0,28	1,70	0,25	14,70
Арпа – Джермук	$Q = 0,018T - 29,45$	0,18	5,33	0,38	7,13
Воротан – Цхук	$Q = -0,006T + 18,12$	0,05	6,95	-0,16	-2,30
Вохчи – Каджаран	$Q = 0,013T - 21,27$	0,14	3,60	0,23	6,39
Мегригет – Личк	$Q = -0,001T - 1,29$	0,08	0,63	0,08	12,7

естественному. Колебания стока фиксируются в течение 30–40 лет, что соответствует стандартному периоду, принятому Межправительственной группой экспертов по изменению климата (1961–2000 гг.) для оценки тенденций многолетней изменчивости водных ресурсов. На территории речных бассейнов или близко к ним находятся метеорологические станции, на которых контролируются величина и режим выпадения атмосферных осадков, изменчивость температуры воздуха.

Данные наблюдений на этих реках обработаны с использованием методических средств, которые привлекались для изучения изменчивости водных ресурсов низкогорных бассейнов. Разница состояла лишь в том, что динамика стока воды сопоставлялась не только с изменчивостью атмосферных осадков, но и с колебаниями температуры воздуха (рис. 3). По всем выделенным участкам сток воды в высокогорных зонах почти однозначно возрастает. Исключение составляют р. Дзорагет (Катнарат), где сток в незначительной степени (-6,9 %) уменьшается, и реки Воротан (Цхук), Агстев (Фиолетово) и Гехарот (Арагац). Для них изменение стока воды составляет 0–2,3 %, что можно считать признаком неизменности (стабильности) водных ресурсов.

Максимальная скорость увеличения стока отмечена для рек Мартуни (14,7 %), Мегригет (12,7 %) и Алвар (10,66 %) (табл. 3). Средняя скорость характерна для рек Мармарик, Арпа и Вохчи (6–8 %), а наименьшая — для р. Агстев (0,8 %).

Эти закономерности согласуются с колебаниями температуры воздуха и, следовательно, испарения. В то же время они часто не согласуются с изменениями величин атмосферных осадков. Например, в бассейнах рек Вохчи и Арпа на фоне уменьшения осадков водность увеличивается. Возможно, это обусловлено влиянием экспозиции склонов на интенсивность испарения. В бассейне р. Гехарот при повышении температуры воздуха и снижении роли дождевого питания стабильность возобновляемых водных ресурсов поддерживается за счет увеличения ледникового таяния.

Колебания стока воды рек в высокогорных районах имеют циклический характер и повторяются через каждые 4–5 лет. При этом их продолжительность и частота совпадают с колебаниями стока рек в низкогорной части их бассейнов.

В целом в высокогорной части речных бассейнов наблюдается увеличение стока для 60 % рек. В 30 % случаев водность рек неизменна во времени. Лишь для 10 % водотоков сток воды уменьшился. Эти выводы отличаются от результатов предшествующих исследований [10, 11], что обусловлено двумя причинами. Первая — ранее исследования проводились на ограниченном числе рек. Вторая — в этих работах изменение водности рек анализировалось по рядам не естественного, а фактического стока воды.

Тенденции изменения водности в высокогорных и низкогорных участках бассейна одной реки (Дзорагет, Памбак, Мармарик, Арпа, Воротан и Вохчи) показали, что они практически совпадают, поскольку основная часть стока формируется в высокогорьях. Исключение составляют реки Воротан и Мармарик, для которых указанная закономерность не отмечена, что, видимо, связано с недостоверностью исходных данных.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СУММАРНОГО СТОКА РЕК АРМЕНИИ

Для получения целостного представления об изменении стока основных рек Армении проведен анализ его изменчивости на высокогорных и низкогорных участках речных бассейнов за 1950–1991 гг. Этот период выбран специально, так как для некоторых рек сток воды до 1950 г. не изучался или

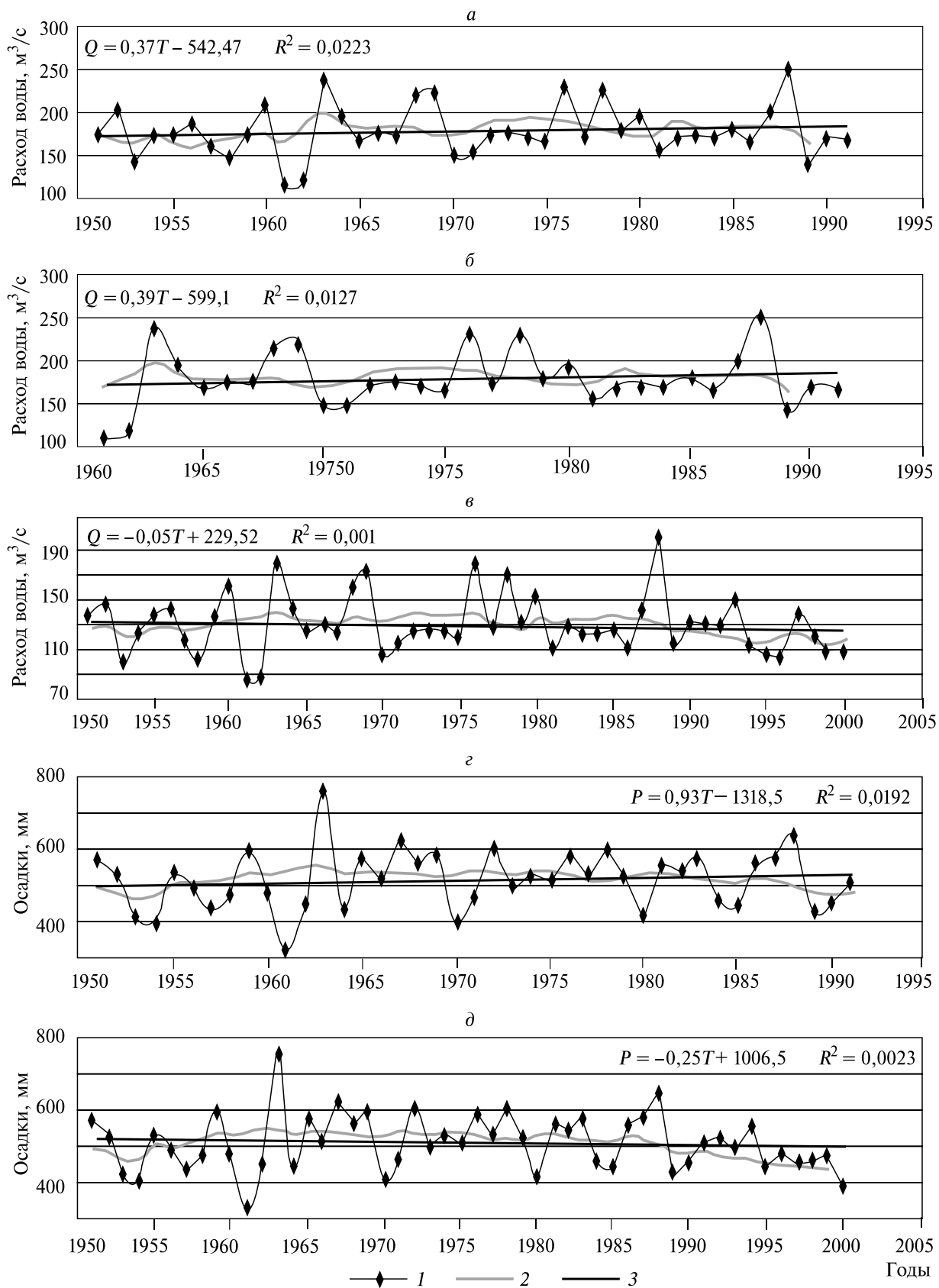


Рис. 4. Динамика суммарного стока рек за 1950–1991 гг. (а), 1961–1991 гг. (б), 1950–2000 гг. (в) и вариации атмосферных осадков за 1950–1991 гг. (с), 1950–2000 гг. (д) на территории Армении.

1–3 см. на рис. 2.

контролировался эпизодически. Методы же удлинения рядов для них оказались недостаточно эффективными. Поэтому для обеспечения однородности рядов наблюдений предпочтительнее использовать период наблюдений после 1950 г. Окончание периода наблюдений (1991 г.) обусловлено наличием достоверной гидрологической информации. Данные наблюдений за 1991–2000 гг. уже не регулярны и лишь для ограниченного числа рек.

Суммарный сток рек Армении в 1950–1991 гг. возрастал (рис. 4, а). Увеличение суммарных водных ресурсов в этот период составило 4–5 % по сравнению с нормой. Изменение суммарного среднегодового стока почти полностью соответствует вариации атмосферных осадков за аналогичный период времени (см. рис. 4, з).

Всемирная метеорологическая организация (ВМО), а также Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) датируют начало активного периода влияния хозяйственной деятельности человека на климат 1961-м годом [1, 2]. На территории Армении речной сток в это время слабо возрастал (3 %), а с учетом возможных погрешностей был практически стабильным (см. рис. 4, б). Суммарный сток рек уменьшался в 1950–2000 гг. (см. рис. 4, в). Однако его уменьшение не превышало 0,9–1 %. Изменчивость суммарного среднегодового стока почти полностью контролировалась вариацией атмосферных осадков (см. рис. 4, д).

Изменчивость водного стока рек Армении не всегда совпадает с колебаниями водности рек в других регионах. Так, тенденция увеличения речного стока характерна для Белоруссии [12], лесостепных и степных районов юга Сибири [13], бассейна Волги [14, 15], высокогорных рек Кавказа [16], Удмуртии [17], Ирландии [18], Грузии [19]. Уменьшение стока воды отмечено на территории Испании [20], Африки [21] и др. В целом же для земного шара в 1880–1980 гг. поверхностный сток имел тенденцию к увеличению [22]. На океанических островах увеличение стока составило 12 %, а во внутренних районах континентов сток уменьшился на 20 %.

Таким образом, исследования, проведенные за период 1930–2000 гг., показывают, что на рассмотренных 27 участках рек (низкогорных и высокогорных) среднегодовые значения стока воды в 63 % случаев возросли. Почти не подвергся изменению сток воды 22,2 % рек, и только для 14,8 % характерно уменьшение их водности.

В низкогорьях в 64,8 % случаев водность рек возросла, в 17,6 % — уменьшилась, в 17,6 % не изменилась. В высокогорной части речных бассейнов в 60 % случаев водность рек возросла. Для незначительной части водотоков (10 %) сток воды уменьшился, а в 30 % оставался стабильным.

Суммарный сток исследованных рек Армении в 1950–1991 гг. возрос на 4–5 % по сравнению со средним многолетним стоком. Для периода быстрого изменения климата (1961–1991 гг.) он практически не изменился. В динамике суммарного стока некоторых рек (всего 15) в течение 1950–2000 гг. заметна тенденция его уменьшения: 0,9–1 % по отношению к среднему.

Характер многолетних изменений стока воды в общих чертах совпадает с колебаниями водности рек в наиболее многоводный сезон года (апрель–май). Он хорошо согласуется с вариацией суммы атмосферных осадков и температуры воздуха. Колебания средних годовых расходов воды носят циклический характер. Циклы направленного изменения стока повторяются через 4–5 и 25 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. — Cambridge University Press, 2001.
2. Будыко М. И., Ефимова Н. А., Строкина Л. А. Эмпирические оценки изменения климата к концу XX столетия // Метеорол. и гидрол. — 1999. — № 12.
3. Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-экономические последствия. — М., 2000.
4. К устойчивому развитию Армении. Основополагающие документы ООН и опыт развития стран. — Ереван, 1999. — Т. 1.
5. Garcia-Ruiz Jose M., Jones J., Arnaez Jose. Environmental Change and Water Sustainability // Ynstituto Pirenaico de Ecologia Consejo Superior de Investigaciones. — Zaragoza, Spain, 2002.
6. Малые реки // Вопросы географии: Науч. сб. Моск. фил. Геогр. об-ва СССР. — М.: Мысль, 1981. — № 118.
7. Алексеевский Н. И., Гончаров А. В., Ефремов П. В. Подobie и гидроэкологические особенности малых рек и водосборных территорий // Проблемы гидрологии и гидроэкологии. — М., 2004. — Вып. 2.
8. Гидрология суши: Термины и определения. ГОСТ 1917–73. — М., 1973.
9. Варданян Т. Г. Классификация рек по величине с применением закона распределения математической статистики // Новые подходы и методы в изучении природных и природно-хозяйственных систем: Материалы Междунар. конференции. — Алматы, 2000.
10. Саркисян В. О. Оценка влияния глобального изменения климата на водные ресурсы Армении // Армения: Проблемы изменения климата. — Ереван, 1999. — Вып. 1 (на арм. яз.).
11. Никогосян Г. Т. Оценка воздействия изменения климата на водные ресурсы Республики Армения // Там же.

12. **Изменения** климата Беларуси и их последствия / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Изд-во НАН Беларуси, 2003.
13. **Баженова О. И., Мартыанова Г. Н.** Оценка влияния современных изменений климата на природные процессы геосистем // Тезисы докл. Междунар. науч. конференции «География, общество, окружающая среда: развитие географии в странах Центральной и Восточной Европы». — Калининград; Светлогорск, 2001. — Ч. 1.
14. **Шикломанов И. А., Георгиевский В. Ю.** Влияние климатических изменений на ресурсы и водный режим рек России // Тезисы докл. Всемир. конференции по изменению климата. — М., 2003.
15. **Мусаелян С. М., Мусаелян А. С.** Изменение климата и водных ресурсов (на примере р. Волги) // Рациональное использование и охрана водных ресурсов в изменяющейся окружающей среде. — Ереван: Изд-во Ереван. ун-та, 2004. — Т. 2.
16. **Лурье П. М., Панов В. Д.** Речной сток Кавказа в условиях современного изменения климата // Тезисы докл. Всемир. конференции по изменению климата. — М., 2003.
17. **Рысин И. И.** О проявлениях глобального потепления климата на территории Удмуртии // Тезисы докл. Междунар. конференции «География, общество, окружающая среда: развитие географии в странах Центральной и Восточной Европы». — Калининград; Светлогорск, 2001. — Ч. 1.
18. **Charlton R., Moore S., Sweeney J., Fealy R.** Climate Change and Water Resources in Ireland: Initial Investigations Using Downscaled GCMs and Hydrological Modeling Techniques // Environmental Change and Water Sustainability. — Zaragoza, Spain, 2002.
19. **Брегвадзе Г., Григолия Г. Л., Кереселидзе Д. Н.** Влияние глобального потепления климата на режим стока некоторых рек Грузии // Рациональное использование и охрана водных ресурсов в изменяющейся окружающей среде. — Ереван: Изд-во Ереван. ун-та, 2004. — Т. 2.
20. **Gallart F., Llorens P.** Water Resources and Environmental Change in Spain. A Key Issue For Sustainable Integrated Catchment Management // Environmental Change and Water Sustainability. — Zaragoza, Spain, 2002.
21. **Бабкин В. И., Маркелова Т. Г., Скрягина Е. Л.** Водные ресурсы Африки (глобальные факторы формирования и изменчивость) // Глобальные изменения природной среды (климат и водный режим). — М.: Научный мир, 2000.
22. **Клиге Р. К.** Глобальные изменения в гидросфере // Там же.

*Ереванский государственный университет,
Армения*

*Поступила в редакцию
11 июля 2006 г.*