

УДК 911.2:556.5

Вардуи Гургеновна Маргарян,

к. геогр. н., доцент кафедри фізическої географії і гідрометеорології,
факультет географії і геології, Єреванський державний університет,
ул. Алека Манукяна, 1, г. Єреван, 0025, Армения,
e-mail: vmargaryan@ysu.am, <https://orcid.org/0000-0003-3498-0564>;

Валентина Григорьевна Клименко,

доцент кафедри фізическої географії і картографії,
факультет геології, географії, рекреації і туризму,
Харьковский національний університет імені В. Н. Каразіна,
пл. Свободи, 4, г. Харьков, 61022, Україна,
e-mail: valent.klimenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6777-1606>;

Татьяна Григорьевна Ткаченко,

к. геогр. н., доцент кафедри фізики і вищої математики,
Харьковский національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва,
п/о «Докучаєвское - 2», Харьковский р-н, Харьковская обл., 62483, Україна,
e-mail: ttg298240@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0811-6345>

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗИМНЕГО МИНИМАЛЬНОГО МЕСЯЧНОГО СТОКА В РЕКАХ БАСЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН (АРМЕНИЯ)

В работе рассматривается пространственно-временная изменчивость зимних минимальных месячных расходов воды рек бассейна озера Севана. Минимальный сток является одной из основных характеристик, который нужно учитывать при проектировании гидротехнических сооружений. Исходя из физико-географических особенностей местности, зимние месячные минимальные расходы рек бассейна озера Севана отличаются неравномерным пространственным распределением и колеблются в широких пределах от 0,015 до 1,68 м³/с.

На реках исследуемой территории продолжительность зимней межени составляет примерно 3–5 месяцев – с ноября-декабря по февраль-март. Минимальные расходы преимущественно наблюдаются в январе-феврале, а в отдельные годы – в ноябре или марте.

Получены тесные корреляционные связи между зимними минимальными месячными расходами и среднемесячным стоком декабря, января и февраля. С помощью этих связей, имея данные о среднемесячном стоке, можно заранее спрогнозировать зимние минимальные месячные расходы воды рек бассейна озера на календарный год. Наличие довольно-таки тесной связи между ними свидетельствует о том, что насколько мал минимальный месячный сток, настолько же мал средний сток за зимний период и наоборот.

На исследуемой территории наблюдается закономерное повышение минимального стока с увеличением площадей водосборов и с увеличением средневзвешенной высоты водосборов.

На территории бассейна озера Севан коэффициент вариации зимних минимальных месячных расходов составляет 0,15–0,60, а коэффициент асимметрии – от -0,64 до 1,77. Получена корреляционная прямо пропорциональная связь между величинами коэффициентов вариации и асимметрии зимнего среднего минимального месячного стока.

Было также установлено, что у большинства рек, впадающих в озеро Севан (из 12 постов на 7) наблюдается тенденция роста зимних среднедекадных минимальных расходов воды. Исключение составляют реки Масрик, Мартуни, Бахтак, Личк и Гаварагет.

Ключевые слова: изменчивость, пространственно-временное распределение, минимальные месячные расходы, коэффициенты вариации и асимметрии, бассейн озера Севан, Армения.

В. Г. Маргарян, В. Г. Клименко, Т. Г. Ткаченко. ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ ЗИМОВОГО МІНІМАЛЬНОГО МІСЯЧНОГО СТОКУ У РІЧКАХ БАСЕЙНУ ОЗЕРА СЕВАН (ВІРМЕНІЯ). *В роботі розглядається просторово-часова мінливість зимових мінімальних місячних витрат води річок басейну озера Севан. Мінімальний стік є однією з основних характеристик, який потрібно враховувати при проектуванні гідротехнічних споруд. Виходячи з фізико-географічних особливостей місцевості, зимові місячні мінімальні витрати річок басейну озера Севан відрізняються нерівномірним просторовим розподілом і коливаються в широких межах від 0,015 до 1,68 м³/с.*

На річках досліджуваної території тривалість зимової межени становить приблизно 3-5 місяців - з листопада-грудня по лютий-березень. Мінімальні витрати переважно спостерігаються в січні-лютому, а в окремі роки - в листопаді або березні.

Отримано тісні кореляційні зв'язки між зимовими мінімальними місячними витратами і середньомісячним стоком грудня, січня і лютого. За допомогою цих зв'язків, маючи дані про середньомісячний стік, можна заздалегідь спрогнозувати зимові мінімальні місячні витрати води річок басейну озера на календарний рік. Наявність досить-таки тісного зв'язку між ними свідчить про те, що наскільки малий мінімальний місячний стік, настільки ж малий середній стік за зимовий період і навпаки.

На досліджуваній території спостерігається закономірне підвищення мінімального стоку зі збільшенням площ водозборів та зі збільшенням середньозваженої висоти водозборів.

На території басейну озера Севан коефіцієнт варіації зимових мінімальних місячних витрат становить 0,15-0,60, а коефіцієнт асиметрії - від -0,64 до 1,77. Отримано кореляційний прямо пропорційний зв'язок між величинами коефіцієнтів варіації та асиметрії зимового середнього мінімального місячного стоку.

Було також встановлено, що у більшості річок, що впадають в озеро Севан (з 12 постів на 7) спостерігається тенденція зростання зимових середньодекадних мінімальних витрат води. Виняток становлять річки Масрик, Мартуни, Бахтак, Личко і Гаварагет.

Ключові слова: *мінливість, просторово-часовий розподіл, мінімальні місячні витрати, коефіцієнти варіації та асиметрії, басейн озера Севан, Вірменія.*

Введение. Минимальный сток является одной из основных характеристик, который нужно учитывать при проектировании гидротехнических сооружений. Немаловажно знать его значения в меженный период, рассматривать режим минимального стока в период перехода рек на подземное питание. Кроме того, это имеет важное значение при исследовании других источников питания рек, изучении внутрigoдового распределения стока. Минимальный сток представляет собой один из лимитирующих факторов, который имеет практическое применение. Так при проектировании гидроэлектростанций, водохранилищ, создании прудов для рыбозаведения важны минимальные средние месячные расходы воды 75 – 95 % обеспеченности, тогда как для водопотребления – средние (летние и зимние) суточные минимальные расходы воды 95 % обеспеченности. Данные о минимальном стоке нужны также для орошения, поскольку антропогенная нагрузка в последнее время значительно возросла.

Изучение формирования минимального стока рек требует проведения детальных исследований распределения модулей минимального стока разной обеспеченности в отдельные месяцы летне-осенней и зимней межени. Более того необходимо более глубоко изучать влияние физико-географических факторов на формирование минимального стока рек.

Будучи сложным природным процессом, который формируется в географической среде, важно определить степень влияния физико-географических факторов, а именно: климата, рельефа, разнообразия почв, растительности, озерности, заболоченности, карста, влияния хозяйственной деятельности человека и т. д. Разновидность подстилающей поверхности обеспечит формирование минимального стока за счет подземного питания, часть которого может быть разной.

Изучение минимального стока рек является актуальным, так как в мире продолжается проявляться тенденция глобального потепления. В этот период важен статистический анализ динамики распределения зимнего и летнего минимального стока рек.

Методики исследований и исходные данные. Для решения поставленных задач в работе были использованы данные многолетних наблюдений расходов воды на 12 гидрологических постах изучаемой территории, имеющих продолжительные ряды наблюдений (40 лет и более). Основанием для изучения зимнего минимально-

го расхода воды в данной статье послужило то, что во многих водохозяйственных организациях Армении они имеют широкое применение, ими оперируют при гидрологических расчетах и проектных разработках.

В статье использованы методы: математико-статистический, экстраполяции, интерполяции, анализа, аналогии, корреляционный.

Целью данной работы является анализ и оценка закономерностей временного и пространственного изменений зимних минимальных месячных расходов воды в ряде многолетних наблюдений для рек, которые впадают в озеро Севан.

Результаты исследований. На реках исследуемой территории наблюдается хорошо выражена устойчивость стока в зимний период. Зимнее маловодье устанавливается с конца ноября-декабря по февраль-март и продолжается примерно 3–4-5 месяцев (рис. 1). Зимние месячные минимальные расходы преимущественно наблюдаются в январе-феврале. Однако, в отдельные годы расходы наблюдались в ноябре или марте и поэтому зимние месячные минимальные расходы наблюдались за период XI–III месяцы. В этот период расходы воды на реках изучаемой территории резко понижаются (13–40% от величины среднего годового стока), что обусловлено питанием рек подземными водами. По проведенным расчетам сток зимней межени для рек с подземным питанием может составлять 35–40% от годового стока, а для рек, что имеют преимущественно поверхностное питание – 13–22%. В результате исследования установлено, что сток летне-осеннего маловодного периода (VII–IX) уступает (на нескольких реках – значительно) стоку зимнему маловодному периоду (XI–III). Обычно летний маловодный период должен превышать зимний, поэтому возможно нарушение этой закономерности, которое обусловлено водопотреблением.

Воды рек, впадающих в озеро, используются в питьевых, бытовых, оросительных, промышленных, гидроэнергетических целях, а также в рыбном хозяйстве, в целях обводнения. Значительная часть водопотребления (57,1 %), приходится на долю сельского, рыбного и лесного хозяйств. Причем, из подземных водных источников водозабор составляет значительную часть общего водозабора – 64,6–79,9%. Однако из-за отсутствия данных водозабора из рек, в работе использованы только результаты фактических наблюдений. С другой стороны, нужно отметить, что обсуждаемый за зимний период сток можно

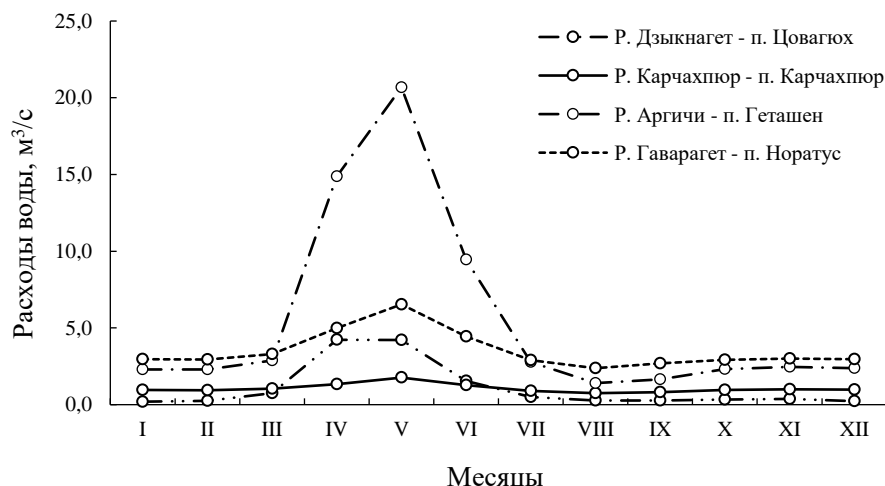


Рис. 1. Внутрірічні розподіли витрат води на основних реках басейна озера Севан

принять близьким к естественному, так как в это время нет орошения, а это, как было отмечено, является главным потребителем воды изучаемой территории.

Минимальный сток рек бассейна озера формируется в сложных природных условиях, благодаря сложности горного рельефа и геологического строения, разнообразия климатических условий и ряда других природных факторов. Их влияние нашло отражение в неравномерности пространственного распределения минимального декадного стока. Так, на изучаемой территории, диапазон зимних месячных минимальных расходов в среднем колеблется в широких пределах – от 0,066 (р. Драхтик – п. Драхтик) до 2,73 м³/с (р. Гаварагет – п. Норатус) (табл. 1). Максимальные значения месячных минимальных расходов находятся в диапазоне от 0,12 м³/с (р. Памбак – п. Памбак) до 4,61 (р. Аргичи – п. Геташен), а минимальные значения – от 0,015 (р. Драхтик – п. Драхтик) до 1,68 м³/с (р. Гаварагет – п. Норатус). Величины среднего расхода зимнего периода (XI–III) колеблются от 0,10 до 3,02 м³/с. Формирование устойчивого снежного покрова в бассейне озера в холодный период года и замерзание отдельных участков рек обуславливает меньшие значения зимних минимальных месячных расходов. Меньшие значения этих расходов характерны также и для рек с поверхностным питанием, а сравнительно большие значения – для рек бассейна с подземным питанием.

В ходе исследований были проведены, а также получены тесные корреляционные связи между зимними минимальными месячными расходами и среднемесячным стоком декабря (рис. 2. а), января (рис. 2. б) и февраля (рис. 2. в).

С помощью этих связей, имея данные о среднемесячном стоке, можно заранее спрогно-

зировать зимние минимальные месячные расходы указанных рек бассейна озера на календарный год. Из этого следует, что на указанных реках зимние минимальные декадные расходы наблюдаются преимущественно в январе.

В результате исследования получены также тесные корреляционные связи между зимним минимальным месячным стоком и средним стоком зимнего периода (рис. 3. а) и между зимним средним минимальным месячным стоком и средним годовым стоком (рис. 3. б) на реках бассейна озера Севан. Эти связи можно использовать для получения зимних минимальных месячных расходов неизученных и мало изученных рек исследуемой территории за календарный год. Наличие тесной связи между ними свидетельствует о том, насколько мал минимальный месячный сток, настолько же мал и средний сток за зимний период и наоборот. В качестве минимального месячного стока выбрано наименьшее значение месячных стоков зимнего периода, поэтому, минимальный месячный сток намного меньше, чем средний сток зимнего периода. Эта тесная связь обусловлена тем, что в зимний период в целом изменчивость стока небольшая, что связано в основном с подземным питанием рек в этот период года.

В работе рассмотрены закономерности изменения зимнего минимального месячного стока от факторов подстилающей поверхности – площадей водосборов и их средних высот. Анализируя полученные зависимости (рис. 4) можно отметить, что для рассматриваемой территории наблюдается закономерное повышение минимального стока с увеличением площадей водосборов, зависимости носят линейный характер и подтверждаются значимыми коэффициентами корреляции.

Основные гидрометрические характеристики водосборов и характеристики минимальных месячных расходов за XI–III период рек бассейна о. Севан

Река – пункт	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота водосбора, м БС	Период наблюдений, годы	Зимние минимальные месячные расходы, м ³ /с			Средний расход зимнего периода, м ³ /с
				средний	максимальный	минимальный	
р. Дзыкнагет – п. Цовагюх	82,6	2220	1936–39, 1941–44, 1947–2017	0,17	0,52	0,017	0,35
р. Драхтик – п. Драхтик	39,2	2270	1958–63, 1972–92, 1999–2017	0,066	0,17	0,015	0,12
р. Памбак – п. Памбак	20,4	2540	1947–50, 1952–53, 1955–68, 1970–89, 1998–2017	0,076	0,12	0,031	0,10
р. Масрик – п. Цовак	673	2310	1953–2017	2,34	3,39	0,99	2,73
р. Карчахпюр – п. Карчахпюр	116	2650	1952–63, 1965–94, 1998–2017	0,89	1,31	0,27	0,99
р. Ваденис – п. Варденик	117	2760	1935–38, 1940–43, 1945–46, 1949–94, 1998–2017	0,54	0,92	0,098	0,69
р. Мартуни – п. Геховит	84,5	2760	1963–2017	0,66	1,31	0,19	0,77
р. Аргичи – п. Геташен	366	2470	1935–2017	2,10	4,61	0,90	2,46
р. Цахкашен – п. Вагашен	92,4	2570	1971–99, 2004–2017	0,48	0,72	0,16	0,66
р. Личк – п. Личк	33,0	2060	1960–62, 1976–94, 1998–2017	1,62	2,86	0,92	1,82
р. Бахтак – п. Цаккар	144	2570	1951–2017	0,13	0,43	0,023	0,21
р. Гаварагет – п. Норатус	467	2430	1936–44, 1947–48, 1950, 1952–92, 1998–2017	2,73	3,70	1,68	3,02

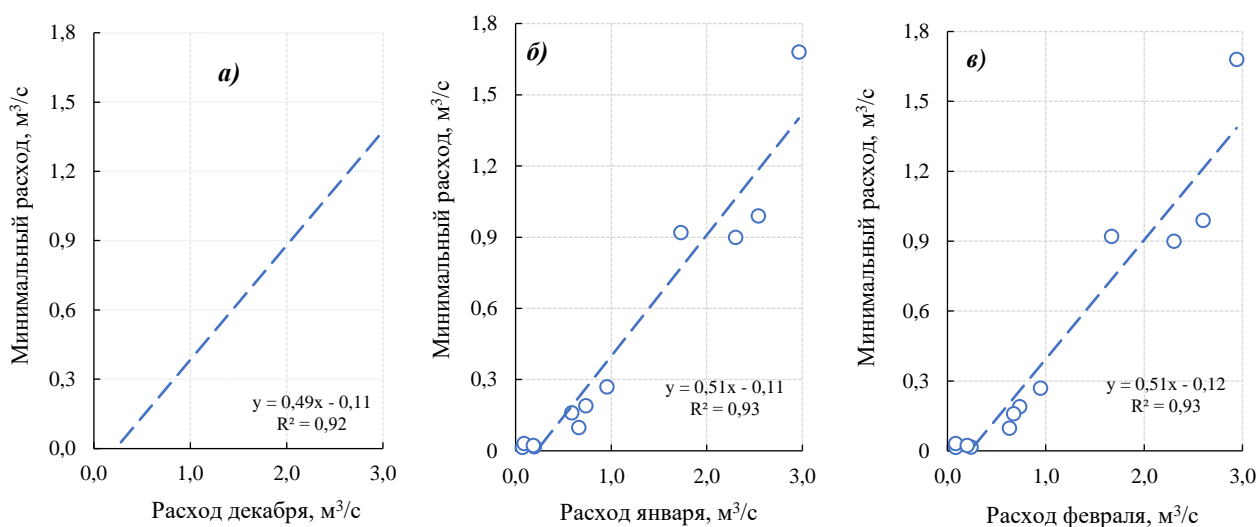


Рис. 2. Корреляционная связь между величинами зимнего минимального месячного стока и среднего месячного стока декабря (а), среднего месячного стока января (б), среднего месячного стока февраля (в)

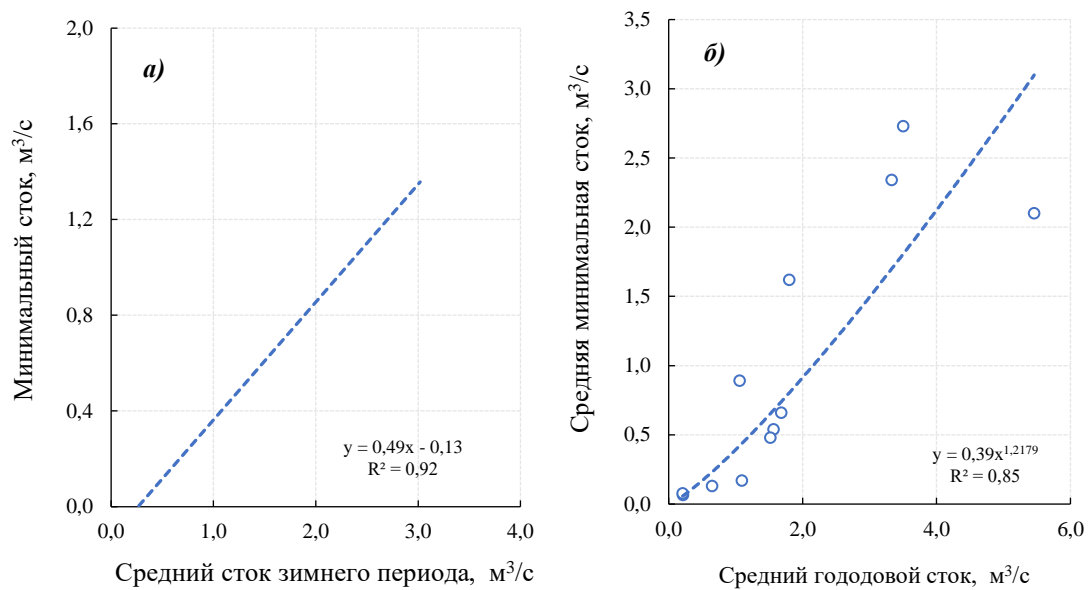


Рис. 3. Корреляційна зв'язь між величинами зимнього мінімального місячного стока і середнього стока зимнього періода (а), між величинами зимнього середнього мінімального місячного стока і середнього річного стока (б)

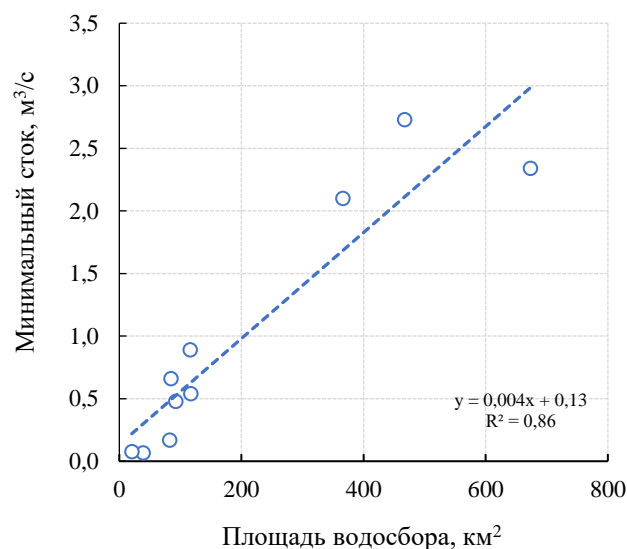


Рис. 4. Зависимость зимнего среднего минимального месячного стока (м³/с) от площади водосбора (км²) в бассейне озера Севан

С другой стороны, учитывая, что рассматриваются горные регионы, были построены и графики зависимости исследуемой величины от средних высот водосборов. На рис. 5 представлена зависимость между модулем зимнего месячного минимального стока (л/(с·км²)) и средне-взвешенной высотой водосбора (м) для рек бассейна озера Севан. Обычно, как правило, с высотой растет модуль среднего минимального месячного зимнего стока. Однако, как в случае зависимости зимнего среднего минимального месячного стока от площади водосбора, так и в случае с высотой водосбора в бассейне озера Севан наблюдаются некоторые отклонения от

закономерностей на двух постах р. Бахтак – Цаккар (0,90 л/(с·км²)) и р. Личк – Личк (49,1 л/(с·км²)). По нашему мнению, эти отклонения обусловлены физико-географическими особенностями речных бассейнов, особенностями питания. Полученные зависимости (рис. 4, рис.5) можно использовать для предварительных расчетов зимнего среднего минимального месячного стока неизученных рек рассматриваемой территории.

На исследуемой территории коэффициент вариации зимних минимальных месячных расходов составляет 0,15–0,60, а среднее его значение – 0,34. Как правило, небольшие значения измен-

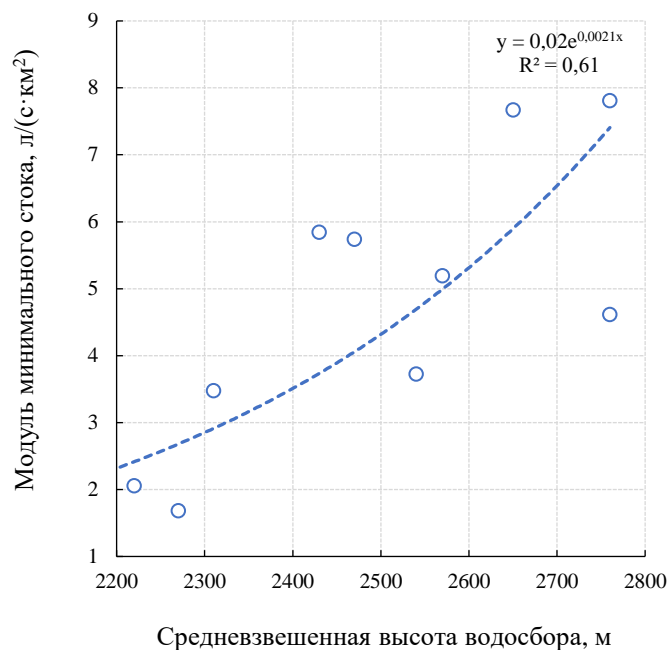


Рис. 5. Зависимость модуля зимнего среднего месячного минимального стока (л/(с·км²)) от средневзвешенной высоты водосбора (м) для рек бассейна озера Севан

чивости наблюдаются на реках, которым свойственна естественная зарегулированность стока и большая доля подземного питания. Так, с относительно большим подземным питанием (на 70% и более превышает поверхностное) на исследуемой территории выделяются такие реки как Масрик, Карчахпюр, Гаварагет. Сравнительно большие коэффициенты вариации наблюдаются и на реках с дождевым питанием и тальми водами, а также на малых реках. Расчетные зна-

чения коэффициента асимметрии зимних минимальных месячных расходов находятся в пределах от $-0,64$ до $1,77$, а среднее его значение $-0,34$. Исследования свидетельствуют, что коэффициенты вариации и коэффициенты асимметрии зимних минимальных декадных расходов увеличиваются с высотой.

Статистические характеристики минимальных месячных расходов воды рек бассейна озера Севан за XI-III периоды приведены в табл. 2.

Таблица 2

Статистические характеристики минимальных месячных расходов воды рек бассейна озера Севан за XI-III период

Статистическая характеристика	Река – пункт											
	р. Дзыкнагет – п. Цовагтох	р. Драхтик – п. Драхтик	р. Памбак – п. Памбак	р. Масрик – п. Цовак	р. Карчахпюр – п. Карчахпюр	р. Ваденис – п. Варденик	р. Мартуни – п. Геховит	р. Аргичи – п. Геташен	р. Цахкашен – п. Вагашен	р. Личк – п. Личк	р. Бахтак – п. Цаккар	р. Гаварагет – п. Норатус
Коэффициент вариации	0,46	0,49	0,31	0,21	0,25	0,37	0,32	0,27	0,26	0,33	0,60	0,15
Коэффициент асимметрии	1,77	0,84	0,15	-0,20	-0,64	-0,31	0,49	1,02	-0,56	0,68	1,06	-0,24

В работе также исследованы закономерности изменения коэффициента вариации зимнего минимального стока от площадей водосборов (рис. 6, а) и от коэффициента асимметрии (рис. 6, б). Анализируя полученные зависимости, можно отметить, что для рассматриваемой территории наблюдается закономерное уменьшение минимального стока с увеличением площадей водосборов. Зависимости носят криволинейный характер, что подтверждается значительными коэффициентами корреляции. Полученная корреляционная связь между величинами коэффициентов вариации и асимметрии зимнего среднего минимального месячного стока оказалось прямо пропорциональной.

Были также изучены временные изменения зимних минимальных декадных расходов рек бассейна озера на отдельных гидрологических постах. Результаты исследований показали, что у большинства рек исследуемой территории наблюдается увеличение зимних средних декадных минимальных расходов (рис.7). Так, среди 12 исследуемых постов на 7 (58 %) наблюдается увеличение зимних средних декадных минимальных значений, а на 5 постах (реках Масрик, Мартуни, Бахтак, Личк и Гаварагет), что составляет 42 % происходит уменьшение. В результате исследований можно сделать вывод, что в речных бассейнах, на которых происходили исследования, наблюдается уменьшение запасов подземных вод.

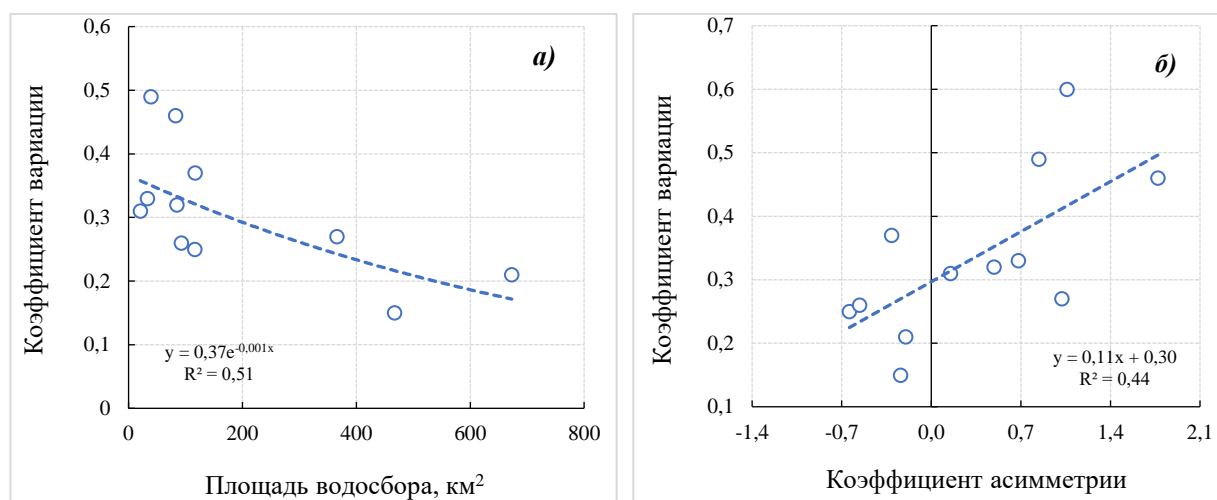


Рис. 6. Корреляционная связь между величинами коэффициента вариации зимнего минимального месячного стока от площадей водосборов (а), между величинами коэффициента вариации и коэффициента асимметрии зимнего среднего минимального месячного стока (б)

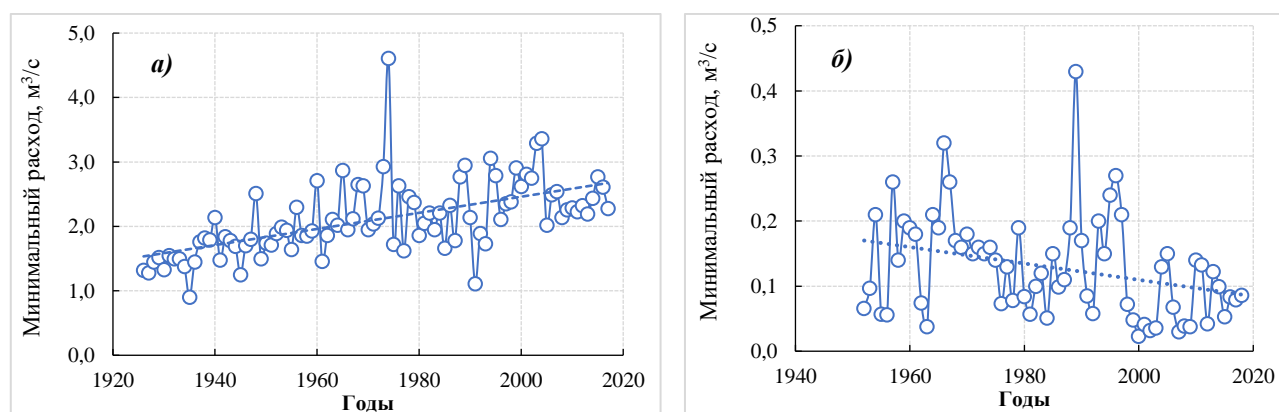


Рис. 7. Временные изменчивости зимних минимальных месячных расходов рек бассейна озера; а – р. Аргичи – п. Геташен, б – р. Бахтак – п. Цаккар

Такие же результаты были получены и в других странах нашей планеты [1, 12–15]. Так, для большинства рек Беларуси характерно увеличение летне-осенних (73% исследуемых рек) и зимних (80%) минимальных расходов воды, но на большей части рек градиент изменения стока

в зимний период достигает больших значений, чем в летне-осенний период [5]. Практически на всей территории ЕТР отмечается увеличение нормы минимального стока. Наибольший рост отмечается в южных частях бассейнов, в степной и лесостепной зонах [10]. Так, Болгов М.В. и др.

[2] определили, что для большей части рек бассейна р. Волга можно выделить две фазы — длительный период пониженной водности (минимальный расход за зимний период) сменяется периодом повышенной водности, который продолжается по настоящее время. Показано, что регулирование стока воды Верхне-Иртышским каскадом водохранилищ привело к существенному увеличению зимнего минимального расхода (на 78 %) [1].

Для рек с уменьшением зимних декадных минимальных расходов, речные экосистемы становятся более уязвимыми, что приводит к резкому возрастанию степени риска водопотребления. В речных бассейнах, на которых интенсивно развита гидроэнергетика, в настоящее время наблюдается неблагоприятное экологическое

состояние, которое характерно и для других речных бассейнов изучаемой территории. С другой стороны, сток малых рек часто почти полностью расходуется благодаря неэффективному водозбору из рек и в результате чего часть рек зимой полностью замерзают.

Была также изучена оценка влияния климатических факторов на сток рек, а именно временной ход средних температур и атмосферных осадков в зимний период для бассейна рек, впадающих в озеро Севан (рис. 8). Анализ линий трендов показывает, что на всех метеостанциях бассейна наблюдается рост температуры воздуха, атмосферных осадков, которые обуславливают положительную динамику изменений зимних минимальных декадных расходов бассейна озера Севан.

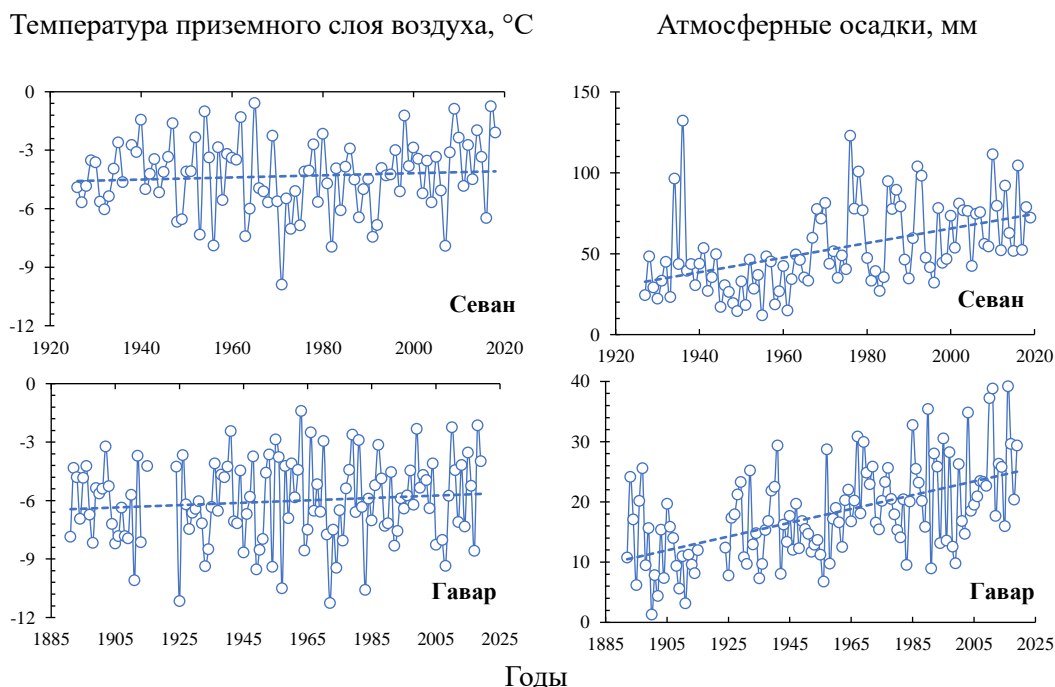


Рис. 8. Линии тренда межгодового хода средних температур приземного слоя воздуха и атмосферных осадков за зимний период в бассейне оз. Севан

Выводы. Таким образом исследования показали, что в минимальном стоке рек выявлены различные тренды, обусловленные случайными изменениями, отражающие климатические изменения. Так, тенденция повышения зимних минимальных месячных расходов рек обусловлена положительной изменчивостью распределения температур воздуха и атмосферных осадков за зимний период в виде устойчивого снежного покрова, замерзания отдельных участков рек. Зимний минимальный месячный расход колеблется от 0,015 (р. Драхтик) до 1,68 м³/с (р. Гаварагет). Больших значений зимних минимальных месячных расходов воды достигают преимущественно реки, имеющие подземное питание.

У большинства рек, впадающих в озеро Севан (из 12 постов на 7) наблюдается тенденция роста зимних среднедекадных минимальных расходов воды. Исключения составляют реки Масрик, Мартуни, Бахтак, Личк и Гаварагет.

Получены также тесные корреляционные связи между зимним минимальным месячным стоком и средним стоком зимнего периода, а также средним годовым стоком на реках бассейна озера Севан. Эти данные можно использовать при изучении зимних минимальных месячных расходов неизученных и мало изученных рек исследуемой территории за календарный год.

Исследования показали, что с высотой водосборов растет модуль минимального стока. Однако бывают отклонения от этих закономерностей.

стей. Примером могут быть реки Бахтак и Личк, формирование гидрологического режима которых, обусловлено местными физико-географическими факторами и особенностями питания

рек. Такие тенденции изменения зимних минимальных месячных расходов воды в бассейнах рек, впадающих в озеро Севан, нужно учитывать при решении водохозяйственных проблем.

Литература

1. Бейсембаева М.А. Минимальный сток Иртыша в равнинной части бассейна на территории Республики Казахстан в условиях антропогенной нагрузки / М.А. Бейсембаева, Л.И. Дубровская, В.А. Земцов // Известия Томского политехнического университета. – Инжиниринг георесурсов, 2016. – Т. 327. – № 4. – С. 35–43.
2. Болгов М.В. Современные изменения минимального стока на реках бассейна р. Волга / М.В. Болгов, Е.А. Коробкина, М.Д. Трубецкова, М.К. Филимонова, И.А. Филиппова // Метеорология и гидрология, 2014, № 3. – С. 75–84.
3. Варданян Т.Г. Зимний минимальный сток р. Аргичи и его расчет / Т.Г. Варданян // Ученые записки ЕГУ, N 2, 1991. – С. 150–156. [На армянском яз.]
4. Волчек А.А. Минимальный сток рек Беларуси: монография / А.А. Волчек, О.И. Грядунова // Брест. гос. ун–т имени А.С. Пушкина. Брест: БрГУ, 2010. – 169 с.
5. Гуревич Е.В. Влияние температуры воздуха на зимний сток рек (на примере бассейна р. Алдан) / Е.В. Гуревич // Метеорология и гидрология, 2009. – № 9. – С. 92–99.
6. Маргарян В.Г. Анализ и оценка изменения зимних наименьших среднедекадных расходов воды притоков озера Севан / В.Г. Маргарян, Т.М. Давтян, А.М. Амроян и др. // Современные задачи географии и геологии. (Материалы международного симпозиума, посвященного 100-летию основания Ереванского Государственного Университета, Факультет Географии и геологии, Ереван, 27–29 сентября, 2018). Издательство ЕГУ. – 2018. – С. 242–246. [На армянском яз.]
7. Мурадян З.З. Расчет и оценка риска экстремальных расходов рек бассейна Аракс РА / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. – Ереван, 2014. – 32 с. [На армянском яз.]
8. Ресурсы поверхностных вод СССР / Под ред. А.П. Муранова. – М.: Гидрометеоиздат, 1973. – Том 9, бассейн р. Аракса, вып. 2. – 472 с.
9. Филиппова И.А. Минимальный сток рек Европейской части России и его оценка в условиях изменения климата. – Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. – М.: ИВП РАН, 2014. – 210 с.
10. Шагинян М.В. О возможности прогнозирования меженного стока по уровням грунтовых вод / М.В. Шагинян, Б.П. Мнацаканян // Сборник работ Ереванского ГМО, Том 9, бассейн р. Аракса, вып. 2. – 1982. – Вып. 4. – С. 36–39.
11. Хільчевський В.К. та ін. Гідролого–гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / За ред. В.К. Хільчевського. – К.: Ніка-Центр, 2007. – 184 с.
12. Frolova N.L. Many-year variations of river runoff in the selenga basin / N.L. Frolova, P.A. Belyakova, V.Yu. Grigor'ev et al. // Water Resources and the Regime of Water Bodies, 2017. – Vol. 44. – No. 3. – Pp. 359–371. <https://doi.org/10.1134/S0097807817030101>
13. Rets E.P. Recent trends of river runoff in the North Caucasus / E.P. Rets, R.G. Dzhamalov, M.B. Kireeva et al. // Geography, environment, sustainability. 2018. – No. 11(3). – Pp. 61–70.
14. Telegina E.A. Spatial and temporal variations of winter discharge under climate change: Case study of rivers in European Russia // Remote Sensing and GIS for Hydrology and Water Resources (IAHS Publ. 368, 2015) (Proceedings RSHS14 and ICGRHWE14, Guangzhou, China, August 2014). – Pp. 245–250. <https://doi.org/10.5194/piahs-368-245-2015>

Вклад авторов: все авторы сделали равный вклад в эту работу.

UDC 911.2:556.5

Varduhi Margaryan,

PhD (Geography), Associate Professor of the Department of Physical Geography and Hydrometeorology,
Yerevan State University, 1 Alek Manoukian St., Yerevan, 0025, Armenia,
e-mail: vmargaryan@ysu.am, <https://orcid.org/0000-0003-3498-0564>;

Valentina Klymenko,

Associate Professor, Department of Physical Geography and Cartography,
Faculty of Geology, Geography, Recreation and Tourism, V. N. Karazin Kharkiv National University,
4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine,
e-mail: valent.klimenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6777-1606>;

Tetiana Tkachenko,

PhD (Geography), Associate Professor,
V. V. Dokuchaiev Kharkiv National Agrarian University,
"Dokuchaevskoye-2", Kharkov district, Kharkov region, 62483, Ukraine,
e-mail: ttg298240@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0811-6345>

SPATIAL-TEMPORARY VARIABILITY OF THE WINTER MINIMUM MONTHLY RUNOFF IN THE RIVERS OF LAKE SEVAN BASIN (ARMENIA)

Formulation of the problem. The paper considers spatial-temporary variability of the winter minimum monthly flow rates of the rivers in the basin of Lake Sevan, as well as air temperature and atmospheric precipitation of the basin. The values of hydrological and statistical characteristics of the winter minimum monthly expenditure have been calculated.

Purpose of the work is: to analyze and evaluate the patterns of temporal and spatial changes in the winter minimum monthly water discharge in a number of long-term observations for rivers that flow into Lake Sevan.

Methods. The study is based on observation data from 12 hydrological posts of the “Service for Hydrometeorology and Active Impact on Atmospheric Phenomena” of the Ministry of Emergencies of the Republic of Armenia. The following methods were used for this purpose: mathematical-statistical, extrapolation, interpolation, analysis, analogy, correlation.

Results. Minimum runoff is one of the main characteristics to be considered when designing hydraulic structures. Duration of winter low-water period is approximately 3–4–5 months on the rivers of the studied territory. It is established from late November – December to February – March. Minimum consumption is mainly found in January-February. However, in some years it is possible in November or March.

Based on physical and geographical features of the area, the monthly winter minimum flow rates of the rivers of the Lake Sevan basin are characterized by uneven spatial distribution. Winter monthly minimum consumption ranges widely from 0.015 to 1.68 m³/s.

Close correlations between the winter minimum monthly and the average runoff of the winter period and between the winter average minimum monthly runoff and the average annual runoff were also obtained. These relations can be used to obtain the winter minimum monthly consumption of unexplored and little studied rivers of the territory under discussion for a calendar year. A close relationship between them indicates that depending on the low minimum monthly runoff, the average runoff during the winter period is just as low, and vice versa.

In the study area, there is a regular increase in the minimum runoff with an increase in catchment areas, as well as with an increase in the weighted average height of the catchment.

The variation coefficient of winter minimum monthly consumption is 0.15–0.60 on the territory of the Lake Sevan basin and the asymmetry coefficient is from -0.64 to 1.77. As a rule, there is a regular decrease in the minimum runoff with an increase in catchment areas. The correlation directly proportional relationship has been obtained between the coefficients values of variation and asymmetry of the winter average minimum monthly flow.

There is a tendency to an increase in winter average decade decimal consumption in most rivers flowing into Lake Sevan (7 out of 12 studied posts, that is, in 58% of cases) and an increase in air temperatures and precipitation at all currently operating meteorological stations in the basin.

Keywords: variability, spatial-temporary distribution, minimum monthly consumption, variation and asymmetry coefficients, Lake Sevan basin, Armenia.

References

1. Beysembaeva M.A. et al. (2016). Minimum flow of the upper irtysk river in the basin flat part in the republic of kazakhstan under anthropogenic impact. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 327, 4, 35–43. [in Russian].
2. Bolgov M. V., Korobkina E. A., Trubeckova M. D., Filimonova M. K., Filippova I. A. (2014). Modern changes in the minimum runoff in the rivers of the basin of the river Volga. *Meteorology and hydrology*, 3, 75-84. [in Russian].
3. Vardanian T.G. (1991). The minimal flow of the river Argidji in winter and the methods of its calculation. *Proceedings of the YSU, Series Geology and Geography*, 2, 150-156. [in Armenian].
4. Volchek A.A., Gryadinova O.I. (2010). Minimum runoff of the rivers of Belarus: monography. A.S. Pushkin Brest. state University. Brest: BrSU, 169. [in Russian].
5. Gurevich E.V. (2009). Air Temperature Influence on the Winter River Runoff (Case Study of the Aldan River Basin). *Meteorology and hydrology*, 9, 92-99. [in Russian].
6. Margaryan V.G., Davtyan T.M., Amroyan A.M., Churshudyan S.A., Sargsyan K.G., Matevosyan V.A. (2018). Analysis and assessment of changes in the winter minimum mean decadal water flow in the tributaries of lake Sevan. *Contemporary issues of geography and geology. Dedicated to the 100th Anniversary of the Yerevan State University, International Conference Proceedings September 27-29, 2018, Yerevan. YSU*, 242-246. [in Armenian].
7. Muradyan Z.Z. (2014). Calculations and risk assessment of the extreme outcomes of the rivers of the Araks Basin of the RA. Thesis for the degree of candidate of geographical sciences. Yerevan, 32. [in Armenian].
8. Surface water resources of the USSR, Volume 9, the Araks River basin, Issue 2. L.: Gidrometeoizdat. [in Russian].
9. Filippova I.A. (2014). The minimum flow of rivers in the European part of Russia and its assessment in the context of climate change. Candidate's thesis. Moscow, 210. [in Russian].
10. Shaginyan M.V., Mnatsakanyan B.P. (1982). About the possibility of forecasting low-flow runoff through the groundwater levels. *Collected Works of the Yerevan GMO*, 4, 36-39. [in Russian].
11. Khilchevsky V.K., Romas I.M., Romas M.I., Grebin V.V., Shevchuk I.O., Chunarev O.V. (2007). Hydro-hydrochemical characteristic of the minimum runoff of rivers the Dnipro basin. K.: Nika-Center, 184. [in Ukrainian].
12. Frolova N.L., Belyakova P.A., Grigor'ev V.Yu., Sazonov A.A., and Zotov L.V. (2017). Many-year variations of river runoff in the selenga basin. *Water Resources and the Regime of Water Bodies*, 44, 3, 359–371. <https://doi.org/10.1134/S0097807817030101>
13. Rets E.P., Dzhamalov R.G., Kireeva M.B., Frolova N.L., Durmanov I.N., Telegina A.A., Telegina E.A., Grigoriev V.Y. (2018). Recent trends of river runoff in the North Caucasus. *Geography, environment, sustainability*, 11(3), 61-70.
14. Telegina E.A. (2015). Spatial and temporal variations of winter discharge under climate change: Case study of rivers in European Russia. *Remote Sensing and GIS for Hydrology and Water Resources (IAHS Publ. 368, 2015) (Proceedings RSHS14 and ICGRHWE14, Guangzhou, China, August 2014)*, 245-250. <https://doi.org/10.5194/piahs-368-245-2015>