

УДК 556.5(571.51)

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗИМНЕГО РЕЧНОГО
СТОКА И ВЛИЯНИЕ НА НЕГО ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ
В БАСЕЙНЕ ОЗЕРА СЕВАН

В. Г. МАРГАРЯН^{1*}, Е. В. ГАЙДУКОВА^{2**}, Дж. В. СУБИРОС^{3***},
О. Б. ФРУНЗИКЯН^{4****}, А. Э. МИСАКЯН^{5*****}

¹ Кафедра общей географии ЕГУ, Армения

² Российский государственный гидрометеорологический
университет (РГГМУ), Санкт-Петербург, Россия

³ Университет Жироны, Жирона, Каталония, Испания

⁴ Центр экспертизы воздействия на окружающую среду, МОС, Армения

⁵ Центр гидрометеорологии и мониторинга, МОС, Армения

В статье рассматриваются физические процессы формирования зимнего речного стока Севанского бассейна с использованием наземных данных. Оценена степень значимости и влияния климатических параметров на зимний сток. Исследования проводились с использованием значения зимнего стока воды для 12 постов на реках, впадающих в оз. Севан и имеющих ряд наблюдений за 50 лет и более. Представлены зависимости зимнего стока рек от уклона реки от наиболее удаленной точки и площади их водосборов. Установлено, что основными факторами, влияющими на изменение зимнего стока рек в современных природно-антропогенных комплексных условиях, являются увеличение температуры воздуха региона, то есть смягчение температурного режима зимы и оттепели. Выявлено, что на всех гидрометрических пунктах наблюдается уменьшение числа дней с ледовыми явлениями. При этом выявить связь между зимним стоком и днями с ледовыми явлениями не удалось. Мы планируем провести более подробные исследования по этому вопросу в нашей будущей работе.

<https://doi.org/10.46991/PYSUC.2025.59.2.386>

Keywords: rivers of the Lake Sevan basin, winter runoff, runoff formation, physical processes, air temperatures, thaws, linear trend coefficient.

Введение. Изучение формирования минимального стока рек – это проблема, которая 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

* E-mail: vmargaryan@ysu.am

** E-mail: oderiut@mail.ru

*** E-mail: josep.vila@udg.edu

**** E-mail: h.frunzikyan@mail.ru

***** E-mail: miamalya@yandex.ru

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 обеспечивает формирование минимального стока за счет подземного питания.

Обнаружение и выяснение факторов пространственно-временных закономерностей формирования зимнего минимального стока рек в исследуемом бассейне оз. Севан является актуальной научной проблемой и определяющим фактором неустойчивого водопользования. Это связано прежде всего с тем, что пространственно-временная изменчивость водного режима затрудняет организацию экономически эффективного и экологически безопасного использования водных ресурсов рек [1].

Уровень и расход воды рек, в том числе в зимний период, постоянно изменяются в пространстве и во времени, что связано с изменением многих физико-географических и антропогенных факторов, совокупно влияющих на их формирование. Об этом также свидетельствуют многочисленные научные исследования. Формирование изменения минимального зимнего стока рек определяется влиянием антропогенных и изменяющихся природных физико-географических факторов [2–5], особенно климатических [6–12]. Здесь следует отметить, что, как правило, закономерные колебания во времени уровня и расхода воды, обусловленные физико-географическими свойствами бассейна и прежде всего климатическими условиями, объединяют под названием водный режим рек [13–14].

На изменчивость зимнего стока влияют осенние осадки (осенний сток, осеннее увлажнение почв), количество атмосферных осадков зимнего периода и погодные условия, особенно в период снеготаяния [11, 15, 16], температура воздуха в зимний период (оттепели, смягчение температурного режима зимы, уменьшение глубины промерзания зоны аэрации [6, 7, 11, 12, 16, 17], сокращение запасов воды в снежном покрове, уменьшение толщины речного льда [18]).

Цель данной работы состоит в исследовании физических процессов формирования и изменения зимнего стока на территории бассейна оз. Севан с использованием наземных данных. При этом было уделено внимание влиянию ледовых явлений на зимний сток рек.

Исследование водного режима рек зимней межени имеет важное значение для рек бассейна оз. Севана и является стратегическим для республики. Согласно результатам исследований [19–21], на реках бассейна оз. Севан в последние 30 лет происходит смягчение температурного режима зимы, которое привело преимущественно к фазе повышенной водности, характеризующейся увеличением минимального стока зимней межени [21–24]. Данная тенденция подтверждается исследованиями водного режима крупных рек других регионов [25–28].

Объект исследования. Исследование особенностей физических процессов формирования изменения зимнего речного стока проведено для бассейна оз. Севан, который является сложным регионом по геологическому строению

и морфологии, по условиям климата и гидрологическому режиму рек. Согласно Закону Республики Армения “Об озере Севан”, озеро является стратегическим резервуаром пресных вод РА.

Бассейн оз. Севан ограничен горными хребтами: с запада – Гегамского горного массива, с юга – Варденисским хребтом, а с северо-востока и востока – хребтами Арегуни и Севанским. Климат бассейна континентальный, характеризуется холодной зимой, относительно теплым и солнечным летом, сырой и неустойчивой погодой весной и осенью. В оз. Севан впадает 28 рек и речек, из которых три впадает в Малый Севан, одна – на границе между Малым и Большим Севаном (р. Гаварагет), а остальные – в Большой Севан, а также несколько крупных родников. Из озера вытекает только одна р. Раздан.

Площади водосборов, относящиеся к указанным гидрологическим постам, находятся в пределах от 20,4 до 673 км², средняя высоты – от 1900 до 2300 м. Средний уклон реки от удаленной точки составляет от 87 до 433‰. Степень залесенности речных бассейнов весьма незначительна: в бассейнах рек Памбак и Даранак она не превышает 31%, а в бассейнах рек Масрик и Гаварагет – 1% (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Основные гидрографические характеристики водосборов рек бассейна оз. Севан

Река – пункт	Расстояние от устья, км	Расстояние от гидрометрического створа до наиболее удал. точки речной системы, км	Средний уклон реки от удаленной точки, ‰	Основные характеристики водосбора			
				средняя высота, м	средний уклон, ‰	залесенность, %	распаханность, %
р. Дзыгнагет – п. Цовагюх	1,0	21	34	2220	211	–	15
р. Драхтик – п. Драхтик	0,8	11	45	2270	246	–	35
р. Памбак – п. Памбак	1,8	7,3	104	2540	433	15	–
р. Даранак – п. Даранак	2,5	6,5	121	2530	341	31	–
р. Масрик – п. Цовак	2,8	44	27	2310	158	1	20
р. Карчахпюр – п. Карчахпюр	1,1	26	54	2650	174	–	15
р. Арцванист – п. Арцванист	1,0	19	74	2540	192	–	25
р. Ваденис – п. Варденик	4,1	24	48	2680	279	–	25
р. Мартуни – п. Геховит	7,2	20	60	2760	285	–	15
р. Аргичи – п. Геташен	6,0	46	14	2470	144	–	10
р. Цахкашен – п. Вагашен	2,3	–	–	2570	–	–	–
р. Личк – п. Личк	3,0	7,0	37	2060	87	–	50
р. Бахтак – п. Цаккар	6,0	28	47	2570	123	–	15
р. Шохвак – п. Дзорагюх	6,0	16	74	2650	170	–	35
р. Гаварагет – п. Норатус	7,0	41	29	2430	133	<1	15

Общей характерной чертой режима рек, питающих оз. Севан, является то, что в годовом ходе их уровней и стока ясно выделяются два периода повышенной водности – весной (весеннее половодье за счет талых вод) и осенью (паводки от дождей), и два периода низкого стока – летом и зимой (летняя и зимняя межень). И все же, кроме общности определенных черт режима, у отдельных водотоков и даже у групп рек имеются между собой существенные различия в распределении внутри года, характере питания и по некоторым другим признакам, что обуславливается, главным образом, своеобразным геологическим строением, морфологическими особенностями водосборов и рядом фактором, имеющих локальное значение [29].

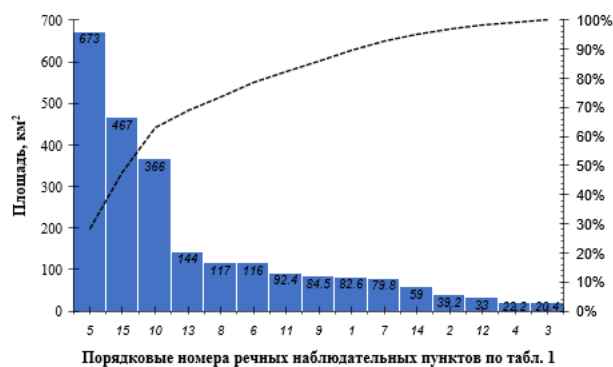


Рис. 1. Водосборные площади речных наблюдательных пунктов бассейна оз. Севана и их интегральная кривая.

В результате длительного и интенсивного использования вековых запасов озера значительно снизился его уровень воды, что привело к резким изменениям климатических, гидрологических, биологических и т.д. условий озера и всего бассейна, к нарушению экологического равновесия. В настоящее время реализуется план по повышению уровня оз. Севан, что также отразится на экологической ситуации региона. По состоянию на 1 апреля этого года уровень оз. Севан составляет 1900,40 м, что на 16 см выше по сравнению с этим же днем прошлого года.

Таблица 2

Объемы водозабора и водопользования (млн м³) по данным
Статистического комитета Республики Армения

Год	Общий водозабор (без ГЭС)	Из подземных источников	Общее водопотребление	Назначение			Потери во время транзита
				питьевые, бытовые	промышленные, коммунальные и строительные	сельское хозяйство, рыболовство и лесное хозяйство	
2019	127,3	34,9	103,9	15,7	1,0	87,2	23,4
2020	55,8	37,5	33,5	10,3	1,0	22,2	22,3
2021	56,2	35,6	32,5	11,1	0,9	20,5	23,7
2022	82,4	44,4	59,3	12,1	1,0	46,2	23,1
2023	75,4	54,6	54,3	24,8	0,8	28,7	21,1

В рассматриваемом районе воды используются для питья, орошения, рыбоводства, гидроэнергетики и других целей (табл. 2), что безусловно отразится на количественных и качественных характеристиках водных ресурсов региона. В 2022 г. в регионе насчитывалось 11 ГЭС, их объем водозабора составлял 427,7 млн m^3 , к 2023 г. число ГЭС в регионе возросло до 17, водозабор составляет 1 224,1 млн m^3 .

Материалы и методы исследования. Проанализированы соответствующие опубликованные работы [8, 13, 29, 29–34]. В качестве исходных данных использованы и проанализированы гидрометеорологические данные фактических наблюдений (до 2023 г.). Были рассмотрены 12 створов рек и 6 метеостанций, расположенных на территории бассейна оз. Севан (архив “Центра гидрометеорологии и мониторинга” ГНКО): расходы воды, сумма осадков, температура воздуха, ледовые явления. Также использованы данные по объемам воды, поступающей в оз. Севан через реки (то есть основная составляющая входной части водного баланса оз. Севан).

За дату начала осенних ледовых явлений принимается дата образования устойчивых заберегов или первый день появления шугохода, ледохода, ледостава, в зависимости от того, какое из этих явлений наступило раньше. Случаи, когда первые ледяные образования наблюдались всего 2–3 суток, после чего наступал длительный (10 суток и более) период с отсутствием ледовых явлений, во внимание не принимались. За дату окончания ледовых явлений (весеннего ледохода) принималась последняя дата, когда они наблюдались. Не принимался во внимание нехарактерный, случайный ледоход продолжительностью 1–2 суток, являющийся следствием сброса задержавшегося льда и т. п. Число суток с ледовыми явлениями и продолжительность ледостава подсчитывались для каждого года только по фактическому числу суток, в течение которых наблюдались ледовые явления, исключая сутки с чистой водой. Если явление отмечалось менее чем в 50% случаев, в строке средняя вместо даты наступления явления поставлен знак “нб” – нет наблюдений, а рядом в скобках число лет, в течение которых явление отсутствовало в процентах от общего числа лет наблюдений [30, 31].

В процессе исследования применялись методы гидрологической аналогии, интерполяции, экстраполяции, картографирования, а также стандартные методы статистического анализа.

Результаты исследования и их обсуждение. Действительно, в основном зимний поверхностный сток формируется под влиянием комплексных физико-географических факторов – климата, рельефа, характера почв и грунтов, увлажнения территории, заболоченности, лесистости, озерности [2, 11]. При этом одним из основных факторов, определяющих зимний поверхностный сток, являются гидрогеологические условия, т.к. в это время питание рек происходит преимущественно за счет подземных вод и, конечно, одним из главных факторов, определяющих величину минимального стока, является степень увлажнения территории. Большое влияние также имеет экономическая деятельность человека.

Обычно в зимнюю межень наблюдаются преимущественно наименьшие значения стока, обусловленные уменьшением подземного питания. Но иногда

из-за активного потребления воды минимальный сток на реках рассматриваемого региона наблюдается в период не зимней, а летне-осенней межени. А в отдельные годы в зимний период отмечается определенное повышение стока за счет снеготаяния при оттепелях. Анализ показал, что годовой минимальный сток в основном является генетически однородным.

Рассчитан зимний сток воды (за ноябрь–март) рек бассейна оз. Севан, который выделяется неравномерным пространственно-временным распределением (табл. 3). Обычно, с высотой увеличивается модуль зимнего стока: в рассматриваемом районе до отметки высоты 2300 м модуль зимнего стока рек составляет примерно 4,0 л/с·км², до 2500 м – 6,0 л/с·км² и более.

Таблица 3

Расход воды рек бассейна оз. Севан в период зимней межени

Река – пункт	Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль		Март	
	млн м ³	в год, %	млн м ³	в год, %	млн м ³	в год, %	млн м ³	в год, %	млн м ³	в год, %
р. Дзыгнагет – п. Цовагюх	0,93	2,7	0,62	1,8	0,52	1,5	0,58	1,7	2,02	5,9
р. Драхтик – п. Драхтик	0,30	4,3	0,25	3,5	0,20	2,9	0,21	3,1	0,58	8,4
р. Памбак – п. Памбак	0,31	5,2	0,25	4,2	0,22	3,7	0,20	3,4	0,40	6,6
р. Масрик – п. Цовак	7,36	7,1	7,11	6,8	6,84	6,5	6,33	6,1	8,04	7,7
р. Карчахпюр – п. Карчахпюр	2,56	7,7	2,61	7,8	2,55	7,6	2,29	6,9	2,83	8,5
р. Ваденис – п. Варденик	1,92	3,9	1,91	3,9	1,76	3,6	1,52	3,1	1,90	3,9
р. Мартуни – п. Геховит	2,08	3,9	1,98	3,8	1,95	3,7	1,77	3,4	2,19	4,2
р. Аргичи – п. Геташен	6,44	3,8	6,43	3,8	6,23	3,7	5,64	3,3	7,79	4,6
р. Цахкашен – п. Вагашен	1,46	3,0	1,48	3,0	1,56	3,2	1,62	3,3	2,50	5,1
р. Личк – п. Личк	4,65	8,4	4,63	8,3	4,57	8,2	4,00	7,2	4,49	8,1
р. Бахтак – п. Цаккар	0,43	2,2	0,48	2,5	0,48	2,4	0,46	2,4	0,73	3,7
р. Гаварагет – п. Норатус	7,74	7,0	7,93	7,2	7,93	7,2	7,13	6,5	8,88	8,1

Получена тесная корреляция между ноябрьским стоком рек района исследований и значениями стока рек остальных месяцев зимнего периода (рис. 2). Полученные зависимости могут быть использованы при изучении стока зимнего периода неизученных или малоизученных речных бассейнов. Этот факт также свидетельствует о тесных связях речного стока зимнего периода, что можно учитывать при долгосрочном прогнозе расходов воды этого периода.

Для расчета стока неизученных рек получены корреляционные зависимости между величиной зимнего стока и уклона реки от наиболее удаленной точки (рис. 3, а), между зимним стоком и площадью водосбора (рис. 3, б). Из рисунка видно, что связь между зимним стоком и площадью водосбора линейная и прямо пропорциональная, то есть с увеличением площади водосбора также растут величины зимнего стока. Связь между зимним стоком и уклоном реки от наиболее удаленной точки обратно пропорциональная, то есть с увеличением уклона реки от наиболее удаленной точки уменьшаются величины зимнего стока. Несмотря на то, что связи не тесные, они могут дать представление о стоке в зимний период неизученных водосборов рек, что может быть включено в стратегическое использование водных ресурсов территории.

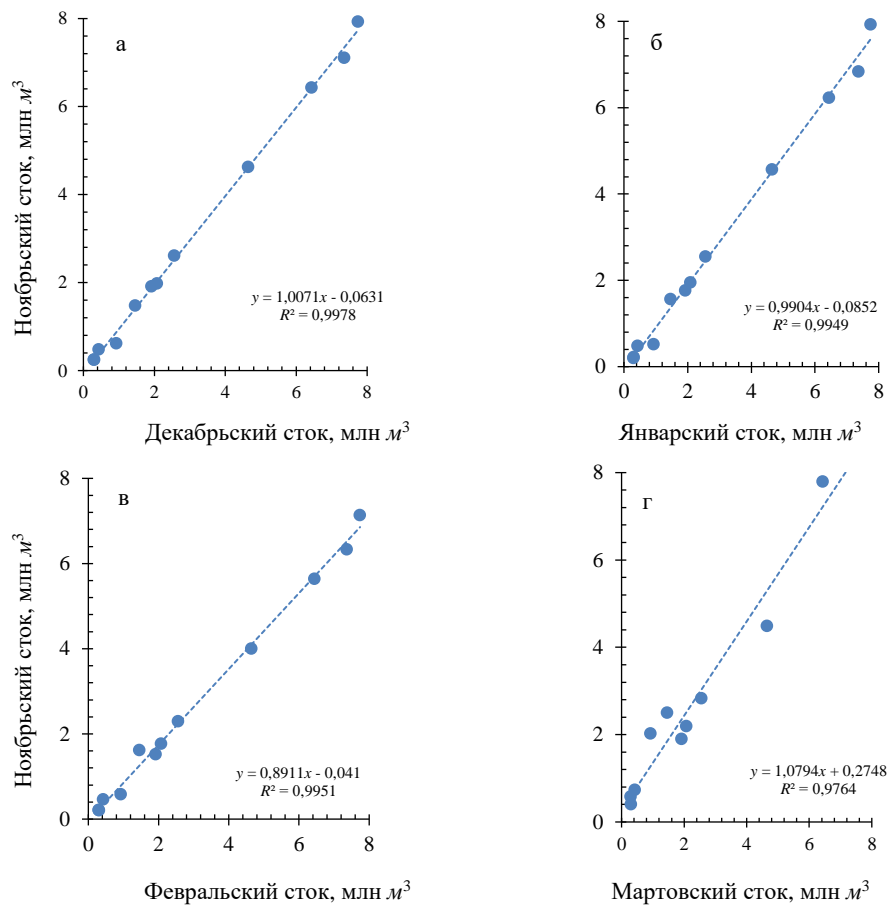


Рис. 2. Корреляционная связь между значением стока (млн м³) за ноябрь и значениями стока за декабрь (а), январь (б), февраль (в), март (г).

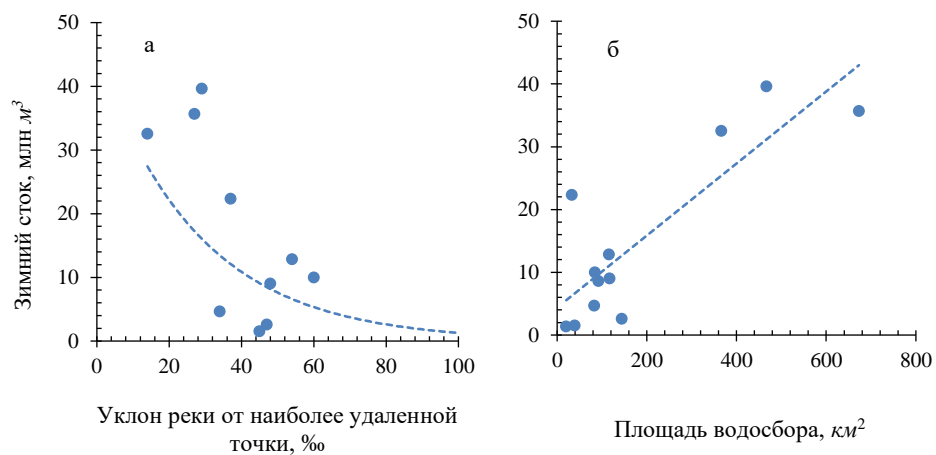


Рис. 3. Корреляционные зависимости между величиной зимнего стока и уклоном реки от наиболее удаленной точки (а), между зимним стоком и площадью водосбора (б).

Исследования показывают, что на обсуждаемой территории наблюдается тенденция как увеличения, так и уменьшения зимнего минимального стока. Об этом свидетельствует рис. 4, где показана в качестве примера динамика отклонения объема зимнего стока (млн m^3) р. Дзыкнагет и р. Бахтак.

Река Дзыкнагет берет начало на северо-восточных склонах горного хребта Памбак на высоте 2310 м [28]. Длина реки 22 км, площадь водосбора 90,5 км². Долина реки в верхнем течении V-образная, в нижнем течении корытообразная. Питание реки преимущественно снеговое и дождевое (82%). Во время весенних половодий (апрель–июнь) формируется 75–80% годового стока. Годовой сток составляют 1,08 м³/с, а абсолютный максимальный сток – 46,4 м³/с (14.04.1948). Плотность речной сети составляет 1,13 км/км². Воды используются для орошения. Для р. Дзыкнагет – п. Цовагюх скорость изменения зимних декадных минимальных расходов воды составляет +0,006 м³/с/10 лет за весь период наблюдения.

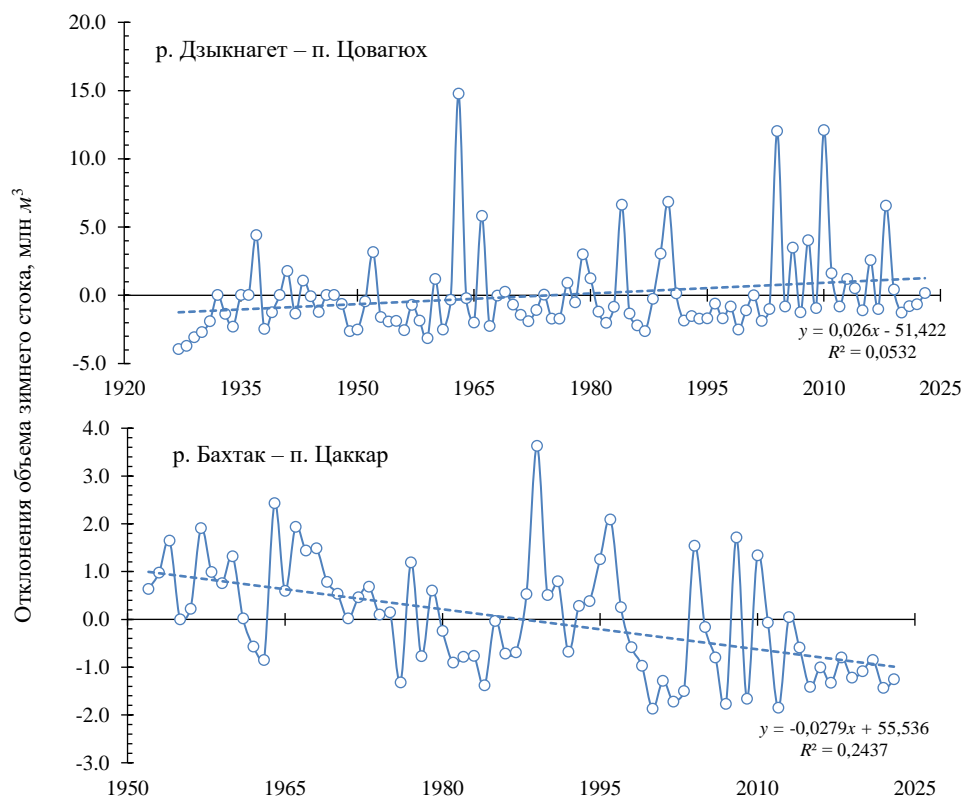


Рис. 4. Пример динамики изменения объема зимнего стока рек бассейна оз. Севан.

На участке п. Цаккар р. Бахтак протекает в узком каньоне. Склоны долины покрыты луговой растительностью, посевами злаковых культур и огородами. Пойма на участке поста отсутствует. Русло реки извилистое, сложенное валунами, галькой, гравием и песком, деформирующееся. Берега реки крутые, обрывистые, высотой 1,5–2,0 м. Зимой на реке наблюдается

забереги, ледостав, заторы, зажоры льда. В табл. 4 представлены даты наступления ледовых явлений, по которым можно оценить сдвиг дат в современном климате. Установлено, что на всех гидрометрических пунктах наблюдается уменьшение числа дней с ледовыми явлениями. Однако попытка установить тесную связь между зимним стоком и днями с ледовыми явлениями не удалась.

Таблица 4

Ледовые явления на участке р. Бахтак – п. Цаккар

Характеристика	Дата					Продолжительность			
	начала осенних ледовых явлений	начала осеннего ледохода	начала ледостава	начала весеннего ледохода	окончания ледовых явлений	осеннего ледохода, шугохода	весеннего ледохода, шугохода	ледостава	всех ледовых явлений
Средняя	29/11	нб (100%)	16.12	14.03	17.03	–	–	(87) 85	(109) 106
Ранняя (наибольшая)	20.10.1977	–	21.11.1957	3.02.2009	1.02.2015	– –	3 1963, 1964	127 1967– 1968	(157)145 (1981–1982) 2011–2012
Поздняя (наименьшая)	11.01.1997	–	1.02.1953, 1966	9.04.1992	10.04.1982	0 100%	0 64%	0 10%	(41)38 (2014–2015) 2009–2010

Примечание: Продолжительность периода с осенними ледяными образованиями, ледостава и весенних ледовых явлений вычислена по разности дат начала и окончания соответствующих ледовых фаз, включая в них и дни, в которые ледовые явления отсутствовали. Во всех случаях, когда продолжительность, вычисленная по разности, отличается от фактической в соответствующих графиках, в строке “Средняя” фактическое число дней с ледовыми явлениями показано с скобках. Когда наименьшая продолжительность какой-либо ледовой фазы имела нулевое значение более чем в двух годах, то вместо года, в которой она была зафиксирована, указан процент случаев с нулевыми значениями продолжительности от общего числа лет наблюдений.

Таблица 5

Статистика зимних климатических параметров бассейна оз. Севан за период 1993–2022 гг.

Климатические параметры	Среднее значение	Тренд / 10 лет
Средняя температура воздуха, °C	–2,70	+0,65
Сумма температур воздуха выше 0°C, °C	138,4	+21,3
Число дней с положительной температурой воздуха	47	+7,01
Сумма осадков, мм	149	+4,88

В табл. 5 видно, что явно выражена тенденция к повышению температуры воздуха, увеличению атмосферных осадков и числа оттепелей в холодное время года, что способствует росту зимнего стока рек. Исходя из того, что температура играет значительную роль в формировании зимнего стока, для более подробных исследований и количественных оценок рассмотрим совместную динамику стока и температуры воздуха (рис. 5). Отчетливо

выражена прямая связь между рассматриваемыми параметрами. Из приведенных фактов можно сделать вывод, что отклонение объема стока рек вызвано изменением температуры воздуха.

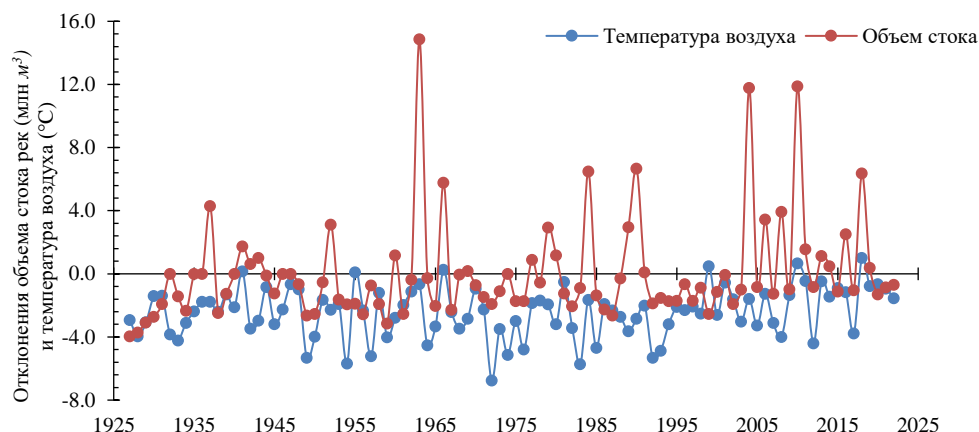


Рис. 5. Связь отклонения объема стока рек и средней температуры воздуха зимнего сезона по отношению к среднееголетнему показателю (р. Дзкнагет).

Исследования показали, что выявленные тренды зимнего стока исследуемых рек различаются как по знаку, так и по величине. На всей изучаемой территории бассейна оз. Севан преобладает увеличение стока. Этому способствует рост числа дней и сумма с положительными температурами, температура воздуха, сумма осадков за период ноябрь–март. Изменение количества осадков за зимний период и увеличение “оттепельных” дней отражает условия формирования зимнего стока рек.

Изучены объемы воды основных рек, впадающих в Севан в зимний период и их изменения с 2000 г. Было установлено, что с 2000 г. наблюдается тенденция к снижению объема стока с линейным трендом $2,10 \text{ млн м}^3/10 \text{ лет}$ (рис. 6, а). Установлена связь между общим стоком рек в оз. Севан и стоком, поступающим в озеро по рассматриваемым рекам в зимний период (рис. 6, б). Данная связь позволит рассчитывать общий сток рек оз. Севан как входную составляющую баланса озера.

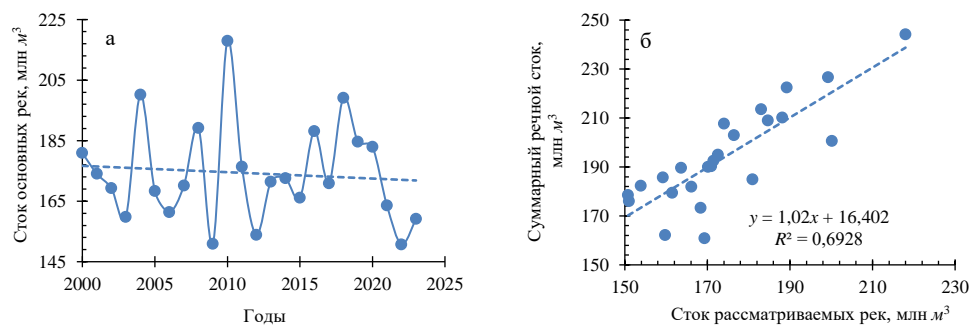


Рис. 6. Изменение стока основных рек (а) и график связи суммарного речного стока и стока рек, впадающих в оз. Севан (б).

Заключение. В ходе исследования выявлено, что в последние десятилетия происходит увеличение стокообразующих климатических показателей (температуры воздуха и осадков), что привело к увеличению зимнего меженного стока. Следует отметить, что при отсутствии больших значимых трендов осадков в зимний период важнейшая роль в формировании зимнего стока принадлежит количеству дней и сумме со среднесуточными положительными температурами. В настоящее время происходит смягчение температурного режима зимы.

На отдельных реках наблюдается снижение зимнего стока, что, возможно, является следствием уменьшения запасов подземных вод. Данный факт требует внедрения эффективных решений при использовании водных ресурсов для предупреждения возможных будущих рисков.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета по науке МОНКС Республики Армения в рамках научного проекта 24WS-IE035.

Поступила 04.04.2025

Получена с рецензии 20.06.2025

Утверждена 15.08.2025

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилев А.А. Изменения водного режима рек бассейна реки Урал. *Доклады Академии Наук* **488** (2019), 545–549.
<https://doi.org/10.31857/S0869-56524885545-549>
2. Бейсембаева М.А., Дубровская Л.И., Земцов В.А. Минимальный сток Иртыша в равнинной части бассейна на территории Республики Казахстан в условиях антропогенной нагрузки. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов* **327** (2016), 35–43.
3. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И. и др. Климатические и антропогенные факторы в многолетних изменениях стока реки Волги. *Водное хозяйство России* **4** (2013), 4–19.
4. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И. и др. Современные и сценарные изменения стока Волги и Дона. *Водное хозяйство России* **3** (2017), 6–23.
<https://doi.org/10.35567/1999-4508-2017-3-1>
5. Volchak A.A., Parfomuk S.I. Assessment of Changes in the Viliya River Runoff in the Territory of Belarus. *Limnological Review* **18** (2018), 185–196.
<https://doi.org/10.2478/limre-2018-0020>
6. Батуев В.И., Калужный И.Л. Анализ факторов, определяющих многолетнее изменение стока с олиготрофных болот. *Водное хозяйство России* **6** (2020), 28–46.
<https://doi.org/10.35567/1999-4508-2020-6-2>
7. Буренина Т.А., Прысов Д.А., Федотова Е.В. Влияние климатических и антропогенных факторов на гидрологический режим рек юга Красноярского края. *Сибирский лесной журнал* **2** (2018), 48–60.
8. *Водные ресурсы России и их использование* (под ред. И.А. Шикломанова). Санкт-Петербург, ГГИ (2008), 600.
9. Гуревич Е.В. Связь экстремумов минимального зимнего стока рек с температурным и ледовым факторами. *Гидросфера. Опасные процессы и явления* **2** (2020), 44–52.
<https://doi.org/10.34753/HS.2020.2.1.44>
10. Попова В.В., Бабина Е.Д., Георгиади А.Г. Климатические факторы изменчивости стока Волги во второй половине XX – начале XXI вв. *Известия Российской академии наук. Серия географическая* **4** (2019), 63–72.
<https://doi.org/10.31857/S2587-55662019463-72>

11. Сенцова И.И. Оценка минимального речного стока в бассейне верхней Волги в условиях изменения климата. *Природообустройство* **5** (2011), 76–80.
12. Титкова Т.Б. Изменение климатических условий формирования зимнего стока в бассейне верхнего Дона по спутниковым и наземным данным. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса* **16** (2019), 147–157.
<https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-1-147-157>
13. *Закономерности гидрологических процессов* (под ред. Н.И. Алексеевского). Москва, ГЕОС (2012), 736.
14. Чеботарев А.И. *Гидрологический словарь*. Ленинград, Гидрометеиздат (1970), 305.
15. Alekseevskii N.I., Lebedeva M.Yu., Sokolovskii D.K. Sources of Alimentation and Variability of Their Contribution to River Runoff Formation in European Russia. *Water Resources* **34** (2007), 1–13.
<https://doi.org/10.1134/S0097807807010010>
16. Лавров С.А., Калужный И.Л. Физические процессы и закономерности формирования зимнего и весеннего стока рек бассейна Волги в условиях изменения климата. *Водное хозяйство России* **4** (2012), 74–84.
17. Калужный И.Л., Лавров С.А. Основные физические процессы и закономерности формирования зимнего и весеннего стока рек в условиях потепления климата. *Метеорология и гидрология* **1** (2012), 68–81.
18. Гуревич Е.В. Влияние температуры воздуха на зимний сток рек (на примере бассейна р. Алдан). *Метерология и гидрология* **9** (2009), 92–99.
19. Маргарян В.Г. Оценка особенностей экстремальных низких температур приземного слоя воздуха в бассейне озера Севан (Армения). *Изв. ТулГУ. Науки о земле* **3** (2020), 52–64.
20. Маргарян В.Г. Изменчивость зимних экстремальных низких температур приземного слоя воздуха в бассейне озера Севан (Армения). *Устойчивое развитие горных территорий* **12** (2020), 523–531.
<https://doi.org/10.21177/1998-4502-2020-12-4-523-531>
21. Маргарян В.Г., Аветисян Г.Д. и др. Закономерности пространственно-временного распределения абсолютных минимальных температур приземного слоя воздуха в бассейне озера Севан. *Изв. РАН. Серия географическая* **86** (2022), 232–242.
<https://doi.org/10.31857/S2587556622020078>
22. Маргарян В.Г. Временные изменения зимнего минимального декадного стока рек бассейна озера Севан. *Украинский географический журнал* **3** (2020), 20–29.
<https://doi.org/10.15407/ugz2020.03.020>
23. Маргарян В.Г., Аветисян Г.Д., Поляков А.В. Закономерности пространственно-временного распределения зимнего минимального декадного стока рек бассейна оз. Севан. *Изв. ТулГУ. Науки о Земле* **1** (2020), 92–108.
24. Margaryan V., Tsibul'skii G., Raevich K. Dynamics of Changes in Long-Term Average Annual River Runoff in the Lake Sevan Basin. *E3S Web of Conferences* **149** (2020), id. 03009.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014903009>
25. Алексеевский Н.И., Лебедева М.Ю., Соколовский Д.К. Источники питания и изменчивость их вклада в формировании стока рек Европейской территории России. *Водные ресурсы* **34** (2007), 5–17.
26. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И. и др. Природно-климатические и антропогенные изменения стока Волги и Дона. *Фундаментальная и прикладная климатология* **2** (2016), 55–78.
27. Дмитриева В.А., Нефедова Е.Г. *Гидрологическая реакция на меняющиеся климатические условия и антропогенную деятельность в бассейне Верхнего Дона. Вопросы географии*. Москва, Изд. дом “Кодекс” (2018), 285–297.
28. Павлейчик В.М., Сивохип Ж.Т. Особенности многолетнего и сезонного стока рек бассейна р. Урал (на примере рр. Салмыш и Большой Ик). *Изв. Иркутского государственного университета* **24** (2018), 70–80.
<https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.24.70>
29. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Бассейн р. Аракса*. Т. **9**, Вып. **2** (под ред. А.П. Муранова). Москва, Гидрометеиздат (1973), 471.
30. *Методические указания по ведению Государственного водного кадастра. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши*. Раздел 1, Вып. **4**, Ч. 1. Ленинград, Гидрометеиздат (1981), 80.

31. Маргарян В.Г., Вершинин Д.А. Проявления изменения климата в ледовом режиме рек бассейна р. Дебед (Армения). *Геосферные исследования* **1** (2021),. 94–103.
<https://doi.org/10.17223/25421379/18/8>
32. Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л. и др. Оценка возобновляемых водных ресурсов Европейской части России и пространственно-временной анализ их распределения. *Водное хозяйство России* **4** (2016), 18–31.
<https://doi.org/10.35567/1999-4508-2016-4-2>
33. Маргарян В.Г., Цибульский Г.М. и др. Пространственно-временные закономерности формирования минимального стока рек в Севанском бассейне. *Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли. Матер. X Междунар. науч. конф.* Красноярск (2023), 225–230.
34. IPCC. Climate change 2013: The Physical Science Basis (eds. T.F. Stocker, D. Qin, et al.). *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, New York, Cambridge Univ. Press (2013), 1535.
35. Petoukhov V., Semenov V. A Link between Reduced Barents-Kara Sea Ice and Cold Winter Extremes over Northern Continents. *J. of Geophys. Res. Atmospheres* **115** (2010), D21111.
<https://doi.org/10.1029/2009JD013568>
36. Trenberth K.E., Fasullo J.T. An Apparent Hiatus in Global Warming? *Earth's Future* **1** (2013), 19–32.
<https://doi.org/10.1002/2013EF000165>

Վ. Գ. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ, Ե. Վ. ԳԱՅԴՈՒԿՈՎԱ, Զ. Վ. ՍՈՒԲԻՐՈՍ,
Հ. Բ. ՖՐՈՒԼՈՎԱ, Ա. Ե. ՄԻՍԱԿՅԱՆ

ՍԵՎԱՆԱԿԱՆ ԼՃԻ ԱՎԱԶԱՆՈՒՄ ՉՄԵՌԱՅԻՆ ԳԵՏԱՅԻՆ ՀՈՍՔԻ
ՁԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԸ ԵՎ ԴՐԱ ՎՐԱ
ՍԱՌՑԱՅԻՆ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում քննարկվում են Սևանա լճի ավազանում ձմեռային գետային հոսքի առաջացման ֆիզիկական գործընթացը՝ օգտագործելով երկրային տվյալներ: Գնահատվում է կլիմայական պարամետրերի նշանակությունը և ձմեռային հոսքի վրա ազդեցությունը: Ուսումնասիրությունները կատարվել են Սևանա լիճ հոսող գետերի 12 հիդրոլոգիական դիտակետերի ջրի ձմեռային հոսքի արժեքների հիման վրա, որոնք ունեցել են 50 և ավելի տարվա դիտարկումների շարք: Ներկայացվել են գետերի ջրհավաք ավազանների ամենահեռու կետից գետերի թեքությունից ու մակերեսից ձմեռային հոսքի կախվածությունները: Հաստատվել է, որ ժամանակակից բնա-մարդածին համալիր պայմաններում գետերի ձմեռային հոսքի փոփոխության վրա ազդող հիմնական գործոններն են տարածաշրջանի օդի ջերմաստիճանի բարձրացումը, այսինքն՝ ձմեռների ջերմաստիճանային ռեժիմի մեղմացումը և տաքացումները: Պարզվել է, որ բոլոր ջրաչափական դիտակետերում, որտեղ նկատվում են սառցային երևույթներ, դիտվում է վերջիններիս տևողության (դրանց օրերի թվի, օր) նվազում: Միևնույն ժամանակ, ձմեռային շրջանի գետային հոսքի և սառցային երևույթների տևողության միջև որևէ կապ չի հաստատվել: Այդ մասին ավելի մանրամասն ուսումնասիրություններ նախատեսվում ենք կատարել մեր հաջորդ աշխատանքներում:

V. G. MARGARYAN, E. V. GAIDUKOVA, J. V. SUBIROS,
O. B. FRUNZIKYAN, A. E. MISAKYAN

PHYSICAL PROCESSES OF WINTER RIVER RUNOFF FORMATION
AND INFLUENCE OF ICE PHENOMENA IN THE LAKE SEVAN
BASIN ON IT

Summary

In contemporary natural-anthropogenic complex conditions, the physical processes of the formation of winter river flow in the Sevan basin are considered using ground-based data. The values of winter water flow were calculated for 12 measuring posts on rivers that have a number of observations of 50 years or more and flow into Lake Sevan. The dependencies of the winter river flow on the river slope from the most distant point and the area of their catchment areas have been identified. It has been established that the main factors influencing the increase in winter river flow in recent decades are an increase in average daily air temperature, as well as an increase in the number of winter thaws. It was found that at all hydrometric points there is a decrease in the number of days with ice phenomena. At the same time, a close connection between winter runoff and days with ice phenomena could not be established. We plan to conduct more detailed studies on this in our future work.