

Ледовый режим рек бассейна Дебед, Армения

© 2021 г. В.Г. Маргарян

Ереванский государственный университет, Ереван, Армения
vmargaryan@ysu.am

Ice regime of the rivers of the Debed basin, Armenia

V.G. Margaryan

Yerevan State University, Yerevan, Armenia
vmargaryan@ysu.am

Received January 29, 2020 / Revised January 19, 2021 / Accepted March 19, 2021

Keywords: Armenia, the river Debed basin, ice regime of rivers, climate change and periods of freezing.

Summary

For the first time, the ice regime and its changes in 1939–2018 was analyzed for one of the largest river basins in Armenia – the Debed River. The main material for the analysis was data from observations at six weather stations and 15 river posts of the Hydrometeorological Service of Armenia, which are located at different altitude levels – from the upper reaches of the tributaries at 1600–1900 m down to 450 m at the lower section. Ice phenomena on the rivers of the basin are diverse. More often these are shore ices, shuga (frazils), freeze-up, less often – ice dams and ice-drift, but everywhere they are poorly developed. The reason is the positive average monthly water temperature in winter in almost all the rivers of the basin. In most catchments, all ice formations exist for a short period – usually no longer than 50–100 days; a freeze-up is not formed everywhere and not every year, although on some of the highest tributaries it can last up to 40 days. An analysis of the long-term course of air temperature in the basin showed that against the background of its significant interannual fluctuations, a clear change took place in the early – mid-1990s. Over the 30-year period from the early 1960s, temperature trends in all seasons of the year had only a small positive trend, but after the mid-1990s and until 2018, the temperature rise was accelerated significantly and steadily. The ice regime of the rivers at the beginning of the XXI century was affected not only by the warming of winters by almost 0.7 °C. A significant rise of the spring temperatures by 1.4 °C noticeably displaced the dates of the end of the ice phenomena and decreased duration of them. During the 80-year observation period, the beginning of the ice regime in the middle course of the basin rivers (at altitudes of 1000–2000 m) shifted to a later date by 10–15 days, and its end is observed 15–20 days earlier, the total duration of the ice regime decreased by 25–35 days.

Citation: Margaryan V.G. Ice regime of the rivers of the Debed basin, Armenia. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2021. 61 (2): 248–261. [In Russian]. doi: 10.31857/S2076673421020086.

Поступила 29 января 2020 г. / После доработки 19 января 2021 г. / Принята к печати 19 марта 2021 г.

Ключевые слова: Армения, бассейн р. Дебед, ледовый режим рек, изменения климата и сроков ледостава.

На основе многолетних ежегодных наблюдений (1939–2018 гг.) на 15 гидропостах и шести гидрометеостанциях в крупном горном бассейне р. Дебед (Армения) рассматриваются особенности ледового режима рек на разных высотах. На всём водосборе ледовые явления развиты слабо, что объясняется положительной среднемесячной температурой воды в реках в зимний период. Показано, что влияние общего потепления климата в течение периода наблюдений, которое значительно ускорилось на данной территории с начала 1990-х годов, и особенно повышение зимних и весенних температур воздуха в начале XXI в. привели к смещению всех сроков ледовых явлений на реках и сокращению средней их продолжительности на 30 дней.

Введение

Исследование ледового режима рек становится особенно актуальным в связи с современным потеплением климата. Бассейн р. Дебед – один из крупнейших водосборов Армении, поэтому изучение пространственных особенностей зимнего режима рек в его пределах, а также изменений режима за длительный период времени необходимы при

планировании и реализации водохозяйственных мероприятий, разработке стратегий рационального использования и защиты водных ресурсов на всей территории республики. Ледовый режим рек Армении, в том числе изучаемого водосбора, изучен мало. В последние 40–50 лет этому вопросу уделялось недостаточно внимания. Большой вклад в изучение ледового режима рек внесли С.Я. Вартазаров [1] и М.В. Шагинян [2]. До сих пор рабо-

Таблица 1. Основные сведения о гидрологических постах в бассейне р. Дебед и среднем стоке за период наблюдений

Река—пост. 1–13 – номера постов на рис. 1	Расстояние от устья, км	Высота над ур. моря, м	Водосборный бассейн			Модуль стока, л/с км ²		Распределение стока по сезонам, %		
			пло- щадь, км ²	средняя высота, м над ур. моря	средний уклон, ‰	за декабрь– март	за год	III–VI	VII–X	XI–II
1. Памбак–Ширакамут	148	1606	359	2050	178	4,47	6,96	63	17	20
2. Памбак–Ванадзор	117	1318	886	–	–	4,30	6,68	61	19	20
3. Памбак–Гугарк	111	1254	1070	1980	195	4,26	7,57	62	20	18
4. Памбак–Тумаян	92	897	1370	1920	223	4,44	8,24	62	22	16
5. Дебед–Айрум	40	476	3740	1770	188	5,02	8,92	60	23	17
6. Лернадзур–Лернапат	3,3	1442	128	–	–	5,08	10,8	64	22	14
7. Тандзут–Ванадзор	0,3	1314	155	2080	319	4,77	13,2	69	21	10
8. Аларекс–Дебет	2,1	992	106	2010	323	6,55	15,4	65	24	11
9. Дзорагет–Степанаван	27	1328	1000	1930	134	6,66	11,9	57	25	18
10. Дзорагет–Гаргар	4,4	973	1450	1860	97	5,97	10,6	57	25	18
11. Ташир–Саратовка	8,7	1464	439	1810	77,9	3,09	5,98	61	24	15
12. Гаргар–Куртан	4,0	1232	123	1680	210	4,38	10,3	66	20	14
13. Марц–Тумаян	0,1	826	251	1720	288	3,93	9,45	68	22	10

та С.Я. Вартазарова «Ледовый режим рек Армении», опубликованная в 1946 г., – единственная, полностью посвящённая этой теме. По результатам многолетних исследований опубликованы работы [2–4], в которых также обсуждаются отдельные характеристики ледовых явлений на реках Армении.

В настоящей работе впервые предпринята попытка оценить ледовый режим рек всего бассейна р. Дебед с помощью длительного ряда инструментальных наблюдений на гидрологических постах (п.) и метеостанциях (МС) (1939–2018 гг.), работающих и сейчас в пределах его территории. Задачи работы заключаются в том, чтобы собрать, обработать и проанализировать результаты фактических наблюдений за ледовым режимом рек бассейна; определить и проанализировать особенности пространственного распределения ледовых явлений на реках; оценить изменения температуры воздуха за период наблюдений и их влияние на ледовый режим рек.

Материалы и методы исследования

В качестве исходного материала использованы данные наблюдений на метеостанциях и гидрологических постах за температурой воздуха и ледовым режимом рек, проводимые Гидрометеослужбой Армении в бассейне Дебеда (в пределах территории республики). Проанализированы соответствующие справочные и научные источни-

ки. Сведения о ледовых явлениях, опубликованные в Гидрологических ежегодниках, включены в программу наблюдений на гидрологических постах с 1939 г., хотя некоторые отмечались и раньше – с 1936 г. Наиболее продолжительные периоды наблюдений – по гидрологическим постам на р. Памбак. На большинстве постов учёт ледовых явлений начался одновременно с измерениями уровней воды. Со временем изменилось как число исследуемых рек, так и количество расположенных на них гидрологических постов. На территории всего бассейна в разные годы действовали 31 МС и метеопост, а также около 50 гидрологических постов. В настоящее время работают всего шесть МС и 13 водомерных постов (рис. 1, табл. 1), но только на шести из гидрологических постов ведутся наблюдения за ледовыми явлениями. Именно поэтому в работе дополнительно использованы данные ещё двух постов – Дзорашен на р. Чичхан и Катнарар на р. Дзорагет, хотя ряды наблюдений на них короче (табл. 2).

Все посты находятся вне зоны влияния водохранилищ, сбросов тёплых сточных вод и т.д. В работе не анализировали ряды наблюдений менее 20 лет. Восемь постов, данные по которым рассматриваются, распределены в пределах бассейна Дебеда неравномерно: пять из них – в бассейне р. Памбак, два – в бассейне р. Дзорагет и один – в самом низовье изучаемой территории, непосредственно на р. Дебед. Площади водосборов, относящиеся к указанным восьми гидрологическим постам, находятся

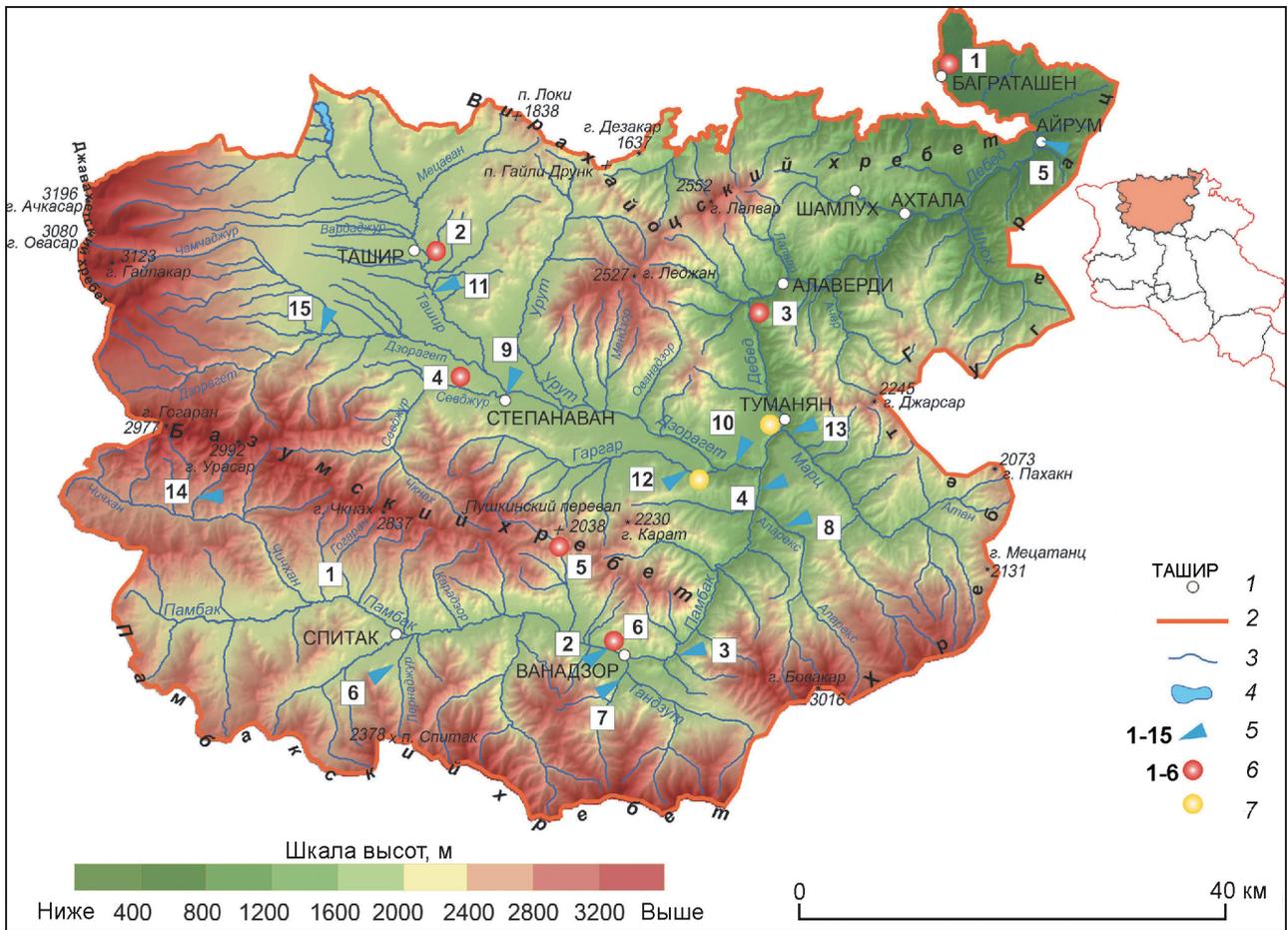


Рис. 1. Сеть метеорологических станций и гидрологических постов в бассейне р. Дебед.

1 – населённые пункты; 2 – граница бассейна р. Дебед; 3 – реки; 4 – озеро; 5 – гидрологические посты (п.): 1 – р. Памбак–п. Ширакамут, 2 – р. Памбак–п. Ванадзор, 3 – р. Памбак–п. Гугарк, 4 – р. Памбак–п. Туманян, 5 – р. Дебед–п. Айрум, 6 – р. Лернадзур–п. Лернапат, 7 – р. Тандзут–п. Ванадзор, 8 – р. Аларекс–п. Дебед, 9 – р. Дзорагет–п. Степанаван, 10 – р. Дзорагет–п. Гаргар, 11 – р. Ташир–п. Саратовка, 12 – р. Гаргар–п. Куртан, 13 – р. Марц–п. Туманян, 14 – р. Чичхан–п. Дзорашен, 15 – р. Дзорагет–п. Катнарар; 6 – метеорологические станции: 1 – Баграташен, 2 – Ташир, 3 – Одзун, 4 – Степанаван, 5 – Пушкинский перевал, 6 – Ванадзор; 7 – метеорологические посты.

На врезке приведено положение бассейна р. Дебед среди основных речных бассейнов на территории Армении

Fig. 1. Network of meteorological stations and hydrological posts in the Debed basin.

1 – settlements; 2 – boundary of Debed river basin; 3 – rivers; 4 – lake; 5 – hydrological posts (p.): 1 – r. Pambak–p. Shirakamut, 2 – r. Pambak–p. Vanadzor, 3 – r. Pambak–p. Gugarq, 4 – r. Pambak–p. Tumanyan, 5 – r. Debed–p. Ayrum, 6 – r. Lernajur–p. Lernapat, 7 – r. Tanzut–p. Vanadzor, 8 – r. Alarex–p. Debet, 9 – r. Dzoraget–p. Stepanavan, 10 – r. Dzoraget–p. Gargar, 11 – r. Tashir–p. Saratovka, 12 – r. Gargar–p. Kurtan, 13 – r. Marts–p. Tumanyan, 14 – r. Chichkhan–p. Dzorashen, 15 – r. Dzoraget–p. Katnarar; 6 – meteorological stations: 1 – Bagratashen; 2 – Tashir; 3 – Odzun; 4 – Stepanavan; 5 – Pushkin Pass; 6 – Vanadzor; 7 – meteorological points.

Inset: The position of the Debed river basin among the main river basins in Armenia

в пределах от 100 до 900 км², а средние взвешенные высоты – от 1700 до 2100 м. Результаты получились бы намного полнее, если бы на территории действовали посты с высотой водосбора более 2300 м, т.е. бассейн Дебеда, особенно его высотная зона, не полностью охвачен данными наблюдений.

За дату начала ледовых явлений принимался день появления их первичных форм (забереги, шугоход, ледоход, затем ледостав), а за дату окон-

чания – полное очищение реки ото льда. Случаи, когда первые ледяные образования наблюдались всего 2–3 сут., а после этого наступал длительный (10 сут. и более) период с отсутствием ледовых явлений, во внимание не принимались. Число суток с ледовыми явлениями и продолжительность ледостава подсчитаны для каждого года только по фактическому числу суток, в течение которых наблюдались ледовые явления, исклю-

Таблица 2. Даты образования, окончания и продолжительность ледовых явлений в среднем за годы наблюдений

Река—пост. 1, 2, 6, 8, 12–15 – номера постов на рис. 1	Высота над ур. моря, м	Период наблюдений	Дата ледовых явлений, средняя/ранняя/поздняя		Средняя продолжительность, дни (в скобках в %)*	
			начало	окончание	ледовых явлений	ледостава
1. Памбак—Ширакамут	1606	1939–1988 1990–2018	14.12/03.11/06.02	15.03/01.02/17.04	66	0 (100%)
2. Памбак—Ванадзор	1318	1975–2018	–/13.11/07.02	–/14.01/21.03	–	0 (100%)
6. Лернадзур—Лернапат	1442	1965–1988 1996–2018	18.12/19.11/20.01	28.02/17.01/17.04	57	0 (98%)
8. Аларекс—Дебет	992	1960–1965 1972–2018	18.02/27.11/27.01	05.03/18.01/06.04	69	41 (32%)
12. Гаргар—Куртан	1232	1961–2018	08.12/07.11/21.01	12.03/11.02/06.04	76	54 (40%)
13. Марц—Туманян	826	1939–1944 1946–2018	11.12/10.11/17.01	02.03/28.01/30.03	63	33 (69%)
14. Чичхан—Дзорашен	1877	1979–1988 1990–1999	18.11/01.11/19.12	23.03/08.03/15.04	115	18 (43%)
15. Дзорагет—Катнарат	1593	1949–198	04.12/22.10/19.12	30.03/14.02/17.04	97	40 (62%)

*В процентах показано число лет с данной продолжительностью явлений от общего периода наблюдений. Прочерки (п. Ванадзор) означают, что средние значения не рассчитаны, так как в этом пункте явление наблюдалось менее чем в 50% случаев.

чая сутки с полностью чистой водой. Кратковременные периоды с ледовыми явлениями (менее 10 дней) не учитывались. Так как на изучаемой территории ледовые явления иногда зафиксированы и в марте, при исследовании этих явлений использовались данные наблюдений за декабрь–март. Средние даты начала, окончания и средняя продолжительность ледовых явлений включались в расчёт, когда наблюдения за ними проводились в 50% исследуемых лет и более от общего ряда наблюдений (см. табл. 2). Если явление наблюдалось менее чем в 50% случаев (пост Ванадзор), то в строке «средняя» ставился прочерк [5].

Физико-географическая характеристика бассейна р. Дебед

Бассейн р. Дебед находится на севере Армении, между 40°41' – 41°18' с.ш. и 43°55' – 44°57' в.д., и занимает территорию площадью 3790 км² в пределах республики, т.е. около 13% общей площади. В нижнем течении р. Дебед находится самая низкая точка (375 м) территории республики, но разница в высотах в её пределах превышает 2800 м [6]. Бассейн отличается расчленённостью рельефа, имеются каньоны, достигающие 300 м глубины (каньон р. Дебед), и отдельные массивы высотой более 3000 м. На западе он отделяется от Ширакского марза Джавахкским хребтом, с южной стороны ограничен Памбакским хребтом. Восточную границу условно можно провести по водораздель-

ной линии между правыми притоками р. Дебет и бассейном р. Агстев. С запада и юго-запада по направлению к востоку и северо-востоку высоты территории постепенно понижаются по направлению к долине р. Кура. В пределах бассейна р. Дебед, между Вирахайоцским хребтом на севере и Базумским хребтом, расположена Лорийская нагорная равнина со средней высотой 1500 м, а между Базумским и Памбакским хребтами – Памбакская котловина. Равнинные части бассейна покрыты разнотравной степной растительностью, а значительная часть склонов гор – лиственными лесами [7]. Климат бассейна отличается значительной умеренностью: среднегодовые амплитуды температуры воздуха составляют 20–22 °С. Зима мягкая, особенно часто повторяется погода с оттепелью (40–60% дней зимнего сезона). На территории изучаемого водосбора можно выделить горно-лесной, горно-степной и альпийский климатические пояса, только в глубоких ущельях крайней северо-восточной части формируется умеренно-тёплый климат сухих степей.

Гидрографическая сеть здесь весьма развита – средняя её густота составляет 0,92 км/км² [4]. Водные ресурсы в первую очередь представлены поверхностными водами. Основная водная артерия – р. Дебед с многочисленными притоками. Это – самая полноводная река Армении. На замыкающем створе в пределах изучаемой территории (р. Дебед–п. Айрум) годовой сток в среднем составляет 1053,4 млн м³. Бассейн р. Дебед почти полностью занимает Лорийский марз, а в широком

орографическом плане – центральную часть Малого Кавказа [8]. Река Дебед впадает в р. Храми – приток р. Кура за пределами республики. Дебед получает своё название после слияния двух крупных притоков – рек Памбак и Дзорагет (см. рис. 1). Река Памбак (длина 84 км, площадь водосборного бассейна 1370 км²) считается верхним течением р. Дебед. Длина р. Дебед с этим притоком – 178 км (в пределах изучаемой территории 152 км), площадь водосборного бассейна – 4080 км² (в пределах территории 3790 км²). Река Дзорагет имеет длину 67 км, а площадь водосборного бассейна – 1460 км². Реки Дзорагет и Памбак соединяются на высоте 870 м. Ниже их слияния к крупным притокам р. Дебед относятся реки Марц и Шнох.

Речной сток в связи со сложным геолого-гидрогеологическим строением территории и сложным составом почвогрунтов имеет неравномерное пространственное распределение. Водоупорные породы складчатых и складчато-глыбовых хребтов Малого Кавказа – причина преобладания поверхностного стока. Только в нижнем течении рек, где распространены слабосвязанные хрупкие породы, формируются водоносные горизонты; иногда накапливающиеся воды образуют артезианские бассейны. Водопроницаемые горные породы вулканического происхождения в основном распространены в бассейне р. Дзорагет. Из-за их пористости и сильной трещиноватости большая часть атмосферных осадков просачивается и разгружается в основном в виде крупных источников в верхнем и среднем течении р. Дзорагет, где этим обусловлен более слабый поверхностный сток. Так, многолетние показатели модуля стока за год в районах складчато-глыбовых хребтов колеблются от 7 л/с км² (р. Памбак–п. Туманян) до 15,4 л/с км² (р. Аларекс–п. Дебет), а в районе распространения вулканических горных пород – от 6 л/с км² (р. Ташир–п. Саратовка) до 11,9 л/с км² (р. Дзорагет–п. Степанаван) (см. табл. 1). В период зимнего маловодья на реках проходит от 10 до 20–30% годового стока.

Результаты и обсуждение

Основные особенности ледового режима рек бассейна Дебед. Процесс замерзания и характер ледового режима рек бассейна весьма сложен и разнообразен и зависит от большого числа факторов.

Наибольшее значение имеют климатические различия, особенности теплового баланса рек, водность и скорость течения, гидравлические свойства потоков, морфологические характеристики русел, величина грунтового питания и т.д. [2, 3, 9, 10]. Таким образом, формирование ледовых явлений определяется общими природными условиями, а различия по годам обусловлены сезонными особенностями погоды и её изменениями. Например, осенью в горном бассейне Дебеда погода имеет весьма неустойчивый характер и в течение зимы могут быть значительные колебания температуры воздуха и даже оттепели. Ледостав на многих реках устанавливается здесь не ежегодно. Кроме того, особую актуальность приобретают различные виды антропогенного воздействия. В горных странах, в том числе и в бассейне Дебеда, местные факторы формирования ледовых явлений пока изучены слабо. Этот вопрос в настоящей статье автором не рассматривается, но ему будут посвящены дальнейшие исследования.

На реках бассейна наблюдаются ледовые явления разных масштабов и продолжительности: забереги, шуга, ледостав, ледоход, шугоход и т.д. Часто они бывают одновременно, иногда сменяя друг друга в течение зимнего периода на разных участках. На большинстве рек отсутствуют весенний и осенний ледоход, заторы и зажоры, а преобладают забереги и шугоход. Забереги распространены почти повсеместно. Если образуется ледостав, то нередко он прерывается днями, свободными ото льда. Отметим, что в бассейне Дебеда ледовые явления носят достаточно случайный характер, за исключением высоких маленьких притоков в верхнем течении рек.

По характеру ледового режима реки горного района в зависимости от высотного положения и особенностей питания можно разделить на три группы [3]: 1) с устойчивым ледоставом; 2) с неустойчивым ледоставом; 3) реки, на которых не наблюдается ледовых явлений. Как правило, к первой группе относятся реки или участки рек со сравнительно спокойным течением. Их водосборы в основном расположены в средневысотной и высокогорной зонах. В эту группу входит, например, р. Гаргар (п. Куртан). Во вторую, наиболее многочисленную группу, входят истоки горных рек со значительными скоростями течения или участки водотоков, в питании которых отмечается роль сравнительно тёплых грунтовых вод. Сюда относятся почти все остальные реки бассейна.

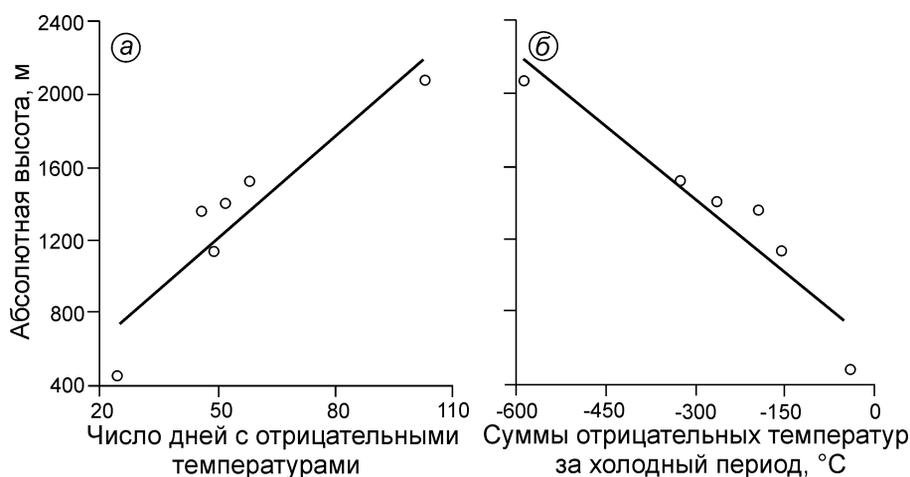


Рис. 2. Зависимость числа дней с отрицательными температурами (а) и сумм отрицательных температур воздуха (б) от абсолютной высоты местности в 1964–2018 гг.

Fig. 2. The dependence of the number of days with negative temperatures (a) and the sum of negative temperatures (б) on the absolute height of the area for 1964–2018

Причём на некоторых из них ледовые явления наблюдаются только в очень холодные зимы (р. Памбак—посты Гугарк и Туманян, р. Дебед—п. Айрум, р. Тандзут—п. Ванадзор, р. Дзорагет—посты Степанаван и Гаргар, р. Ташир—п. Саратовка). Третья группа в данном бассейне до последних двух десятилетий отсутствовала.

Табл. 2 содержит сведения о средних, ранних и поздних сроках наступления и окончания ледовых явлений за период наблюдений на гидропостах, а также о числе дней со всеми ледовыми явлениями в целом. В среднем, в речных бассейнах ледовые явления обычно начинают формироваться со второй декады ноября по третью декаду декабря и заканчиваются с третьей декады февраля по третью декаду марта — с наступлением холодов и уменьшением питания поверхностными водами. Однако в зависимости от зимней погоды и условий орографии начало и конец ледовых явлений могут сильно изменяться. Так, ледовые явления на высотах более 2000 м начинаются с первой декады ноября по вторую декаду декабря, а на высотах менее 2000 м — с первой декады декабря по первую декаду февраля, а заканчиваются соответственно с третьей декады марта по вторую декаду апреля и с третьей декады января по третью декаду марта.

Число дней с ледовыми явлениями в реках бассейна Дебеда колеблется от 0 до 100 и более, максимально — от 55 до 140. Ледостав на реках региона сохраняется от 0 до 50 дней и более. Максимальное число дней с ледовыми явлениями — около 140

(р. Чичхан—п. Дзорашен, р. Дзорагет—п. Катнарар), а максимальное число дней с ледоставом — 95–100 (р. Дзорагет—п. Катнарар, р. Гаргар—п. Куртан). Чичхан — наиболее высокий левый исток р. Памбак. Площадь его водосборного бассейна до гидроствора Дзорашен (№ 14 на рис. 1) составляет 108 км², средняя высота — 2250 м. Бассейн истоков р. Дзорагет до гидроствора Катнарар (№ 15) занимает 140 км², средняя высота — 2320 м. В обоих случаях питание в основном происходит за счёт талых и дождевых вод — 64–65%.

Ледовый режим рек бассейна Дебед, как и многие другие элементы гидрологического режима рек на изучаемой территории, в значительной степени зависят от высотного положения их водосборов (рис. 2). В зимний период число дней с отрицательными температурами воздуха увеличивается с высотой местности — от 25–50 дней ниже высот 1000–1100 м и более 100 дней выше 2100 м. Сумма отрицательных температур воздуха с высотой также нарастает: на высотах до 1000–1100 м — от –50 до –150 °С, а на высотах 2100 м и более она достигает почти –600 °С. На рис. 3 показано изменение начала, конца и продолжительности ледовых явлений на реках по мере увеличения абсолютной высоты расположения водомерных постов. Выделены два района — бассейн р. Памбак и бассейн рек Дзорагет–Дебед. Это обусловлено особенностями физико-географических (в частности, гидрогеологических) условий бассейнов, о чём уже отмечалось в настоящей работе.

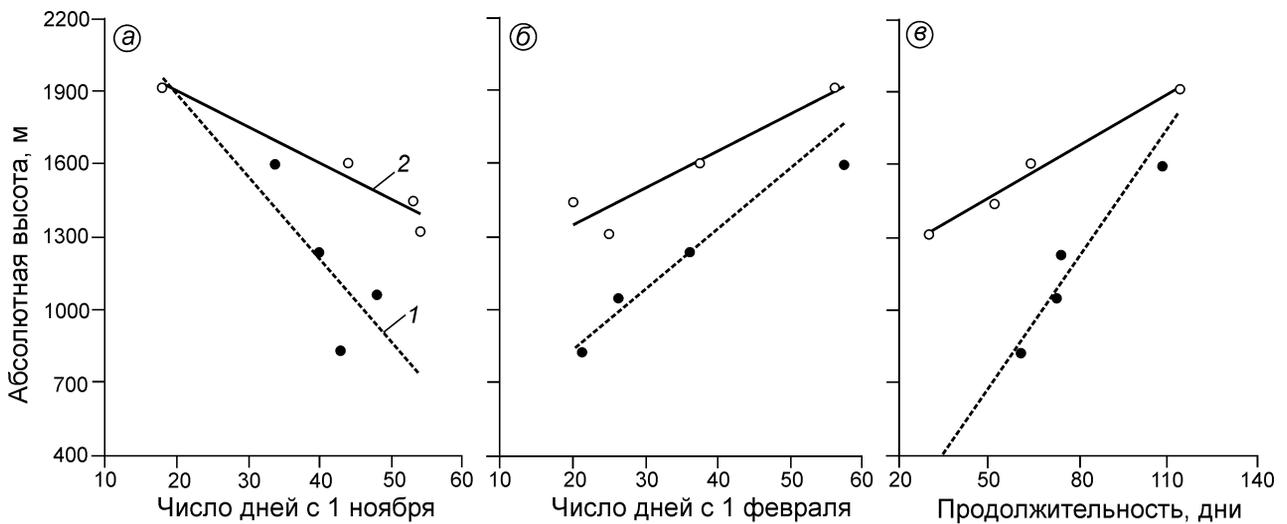


Рис. 3. Связь начала (а), конца (б) и продолжительности (в) дней с ледовыми явлениями с абсолютной высотой по наблюдениям на гидрологических постах на реках:

1 – бассейна рек Дзорагет–Дебед; 2 – бассейна р. Памбак

Fig. 3. Relationship between the beginning (а), end (б) and duration (в) of ice phenomena with absolute height of the hydrological posts on rivers:

1 – Dzoraget–Debed basin; 2 – Pambak basin

В бассейнах рек Дзорагет–Дебед на высотах 1500–1900 м ледяные образования появляются в ноябре, на высотах 1600–800 м – в декабре–январе. В бассейне р. Памбак на высотах более 1900–2000 м они появляются в ноябре, на высотах 1900–1200 м – в декабре. В бассейнах рек Дзорагет–Дебед реки полностью очищаются ото льда до высоты 800–900 м феврале, на высотах 800–1800 м – в марте. В бассейне р. Памбак реки очищаются ото льда в феврале до высоты 1200–1300 м, в марте – на высотах 1300–1900 м, а в апреле – выше 1900 м. В бассейнах рек Дзорагет–Дебед продолжительность ледовых явлений на водотоках, расположенных на высотах до 1000 м, составляет 50–60 сут., а на высотах 1000–2000 м – 60–80 сут. В бассейне р. Памбак продолжительность ледовых явлений на водотоках, расположенных на высотах до 1300 м, составляет 25 сут., на высотах 1600–1900 м – 80–100 сут., а выше 1900 м – более 110 сут. По данным наблюдений, максимальной продолжительностью ледовых явлений характеризуются р. Чичхан–п. Дзорашен и р. Дзорагет–п. Катнарар – до 135–140 сут. Таким образом, с высотой ледяные образования (забереги, шуга, сало, ледостав и т.д.) и появляются, и заканчиваются в более поздние сроки, что повышает продолжительность ледяного образования. В целом, в наиболее высоких горных районах ле-

дяные образования на реках нередко появляются уже в октябре, в средневысотных зонах они почти повсеместно наблюдаются в ноябре, а на водосборах, расположенных наиболее низко, – в декабре.

Температура воды и ледовый режим рек. Проанализированы данные о температуре воды в реках за весь период наблюдений на гидропостах. В течение года хорошо выражен ход средних месячных значений температуры воздуха и воды (табл. 3). Обычно максимальные значения температуры воды (как и воздуха) наблюдаются в июле–августе, а минимальные – в декабре–январе (температура воздуха) и в январе (температура воды). Средние месячные температуры воды в зимний сезон (декабрь–март) на всех действующих створах рек бассейна Дебеда положительны, отрицательные наблюдаются редко, на отдельных постах и только в единичные зимы с сильными морозами. Отрицательные значения температуры воздуха регистрируются почти на всех метеостанциях уже с ноября, а в декабре–январе исключением остаётся лишь наиболее низко расположенная в бассейне МС Баграташен (451 м). Амплитуда средних температур воздуха в отдельные зимние месяцы (с декабря по март) в бассейне Дебеда значительна: от $-6,4^{\circ}\text{C}$ в январе (Пушкинский перевал, 2066 м) до $+6,4^{\circ}\text{C}$ уже в феврале на МС Баграташен, где в марте она повышается до 12°C . Различия в тем-

Таблица 3. Значения средней месячной температуры воды на гидропостах и температуры воздуха на метеостанциях в среднем за период 1964–2018 гг. (начиная с зимних месяцев)

1, 4–7, 10 – река–пост. метеорологические станции (номера приведены на рис. 1) *1–6	Высота над ур. моря, м	Месяцы											
		XII	I	II	III	VI	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
<i>Температура воды, °С</i>													
1. Памбак–Ширакамут	1606	1,7	1,0	1,4	2,6	5,6	9,1	12,5	15,3	14,9	10,8	6,5	3,2
6. Лернадзур–Лернапат	1442	1,8	1,1	1,5	3,2	6,1	8,7	12,3	15,4	15,7	12,6	8,2	4,2
7. Тандзут–Ванадзор	1314	2,6	2,0	2,2	3,3	5,5	8,6	12,5	15,6	15,8	13,5	9,2	4,8
10. Дзорагет–Гаргар	973	3,0	2,2	2,8	4,8	7,8	11,0	14,7	16,7	16,5	13,7	9,7	5,5
4. Памбак–Туманян	897	3,3	2,2	2,8	5,2	8,1	11,3	14,8	17,6	17,9	14,9	10,8	6,4
5. Дебед–Айрум	476	3,8	2,8	3,8	6,5	9,6	13,2	17,2	20,0	19,9	16,9	12,2	7,1
<i>Температура воздуха, °С</i>													
5. Пушкинский перевал	2066	–6,4	–5,9	–2,2	3,0	7,0	10,7	13,2	13,1	10,1	5,8	0,6	–4,0
2. Ташир	1507	–4,7	–4,0	0,3	6,1	10,3	13,8	16,6	16,3	12,5	7,6	2,3	–2,3
4. Степанаван	1398	–3,6	–2,9	1,5	7,2	11,2	14,7	17,6	17,4	13,7	8,6	3,3	–1,4
6. Ванадзор	1376	–2,7	–1,9	2,5	8,1	12,2	15,8	18,7	18,5	15,0	9,5	4,1	–0,5
3. Одзун	1105	–0,9	–0,1	3,6	8,9	13,0	16,8	19,9	19,7	15,8	10,5	5,3	1,1
1. Баграташен	451	0,7	2,0	6,4	12,0	16,6	20,9	24,0	23,6	19,3	13,1	7,1	2,4

*Номера постов и метеорологических станций приведены в порядке снижения высоты местности.

пературе воды намного меньше. В наиболее характерных пунктах, приведённых в табл. 3, этот диапазон составляет от 1,0 °С в январе на высокогорном посту Ширакамут (№ 1) до 3,8 °С в феврале на посту Айрум (№ 5), в низовьях бассейна, где в этом месяце ледовых явлений уже не бывает. С марта на всех пунктах наблюдений начинается устойчивое повышение средней месячной температуры и воды, и воздуха.

С положительными температурами воды в холодный период связано также относительно короткое появление ледостава на реках, в основном в наиболее высокогорных водосборах. Чаще всего ледостав фиксируется на гидропостах с высотами порядка 1600–1900 м, например, п. Дзорашен–р. Чичхан или п. Катнарат–р. Дзорагет. В нижнем створе р. Дебед крайне редко наблюдаются даже отдельные ледовые явления (за весь многолетний период – только в 1–2 зимы). С высотой температура воды в реках зимой понижается медленнее, чем воздуха (см. табл. 3), неоднозначно понижение температуры и для множества притоков.

На термический режим и тепловые процессы в водотоках дополнительно влияет множество факторов: рельеф долины и морфология русла, источники питания, гидрогеологические особенности, например, выходы подземных вод, изменение водности и пр. Всё это особенно заметно проявляется именно в холодный период. На рис. 4 показан

пример соотношения продолжительности ледовых явлений в отдельные зимы и средней температуры воды, измеренной в те же сезоны (р. Марц–п. Туманян). Годы со значительной продолжительностью ледовых явлений (в среднем больше 80 дней) характеризуются наиболее низкой температурой воды – от 0 до 1,0 °С. В зимы с более коротким периодом льда на реках (40–70 дней) температура воды, как правило, выше – 1,0–2,0 °С, а продолжительности ледовых явлений 10–30 дней обычно соответствует температура воды 2,0–3,0 °С.

Изменения ледового режима рек и температуры воздуха за период наблюдений. Межгодовая динамика сроков ледовых явлений на реках бассейна Дебед в течение всего периода наблюдений рассмотрена на примере р. Марц (рис. 5) – водомерный п. Туманян (среднезвешенная высота бассейна 1720 м). Линии трендов показывают смещение за 80 лет начала ледовых явлений на более поздние сроки, а их окончания – на более ранние, уменьшилась и продолжительность ледостава. Отметим, что число дней с полным ледоставом (см. рис. 5, з) снижается медленнее, т.е. оно более стабильно по сравнению с сокращением общего периода с ледовыми явлениями (см. рис. 5, в). За период 1939–2018 гг. на гидропостах бассейна до высоты 1000 м наблюдается запаздывание сроков появления льда на реках в среднем на 5–10 дней, а весной ледовые явления исчезают на 15–20 дней раньше, их общая

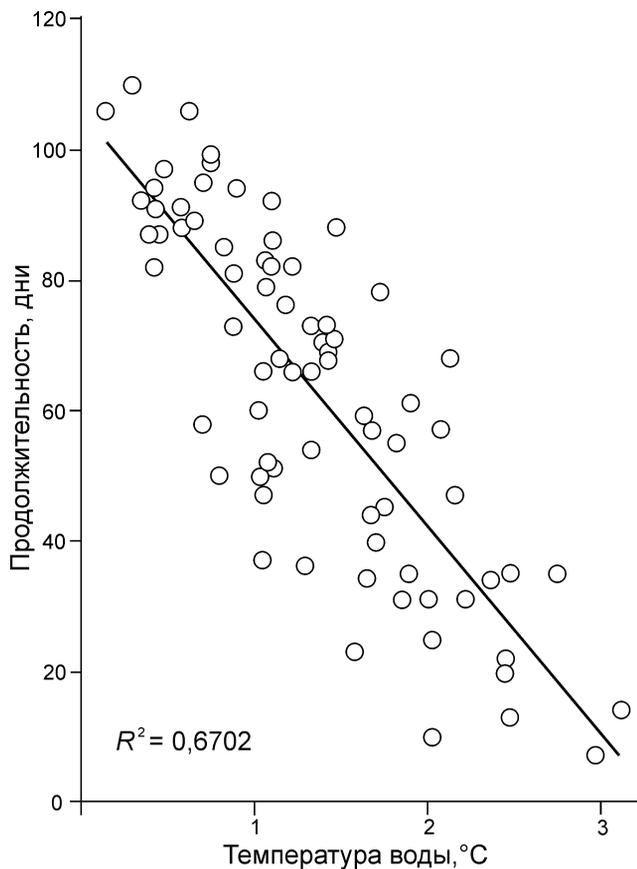


Рис. 4. Корреляционная связь между средней зимней температурой воды и продолжительностью ледовых явлений на р. Марц–п. Туманян за 1939–2018 гг.

Fig. 4. Correlation between the average winter water temperature and the duration of ice phenomena on Marts river–p. Tumanyan for 1939–2018

продолжительность сократилась на 20–30 дней. На реках выше 1000–2000 м эти смещения составляют соответственно 10–15, 15–20 и 25–35 дней. Подобная тенденция к сокращению ледового покрытия свойственна также и рекам на территории России и Северного полушария в целом, что отражено во многих публикациях [11–15]. Вместе с тем на реках арктической зоны Европейской части России отмечалось увеличение продолжительности замерзания и шугохода [16].

Изменения ледовых явлений на реках находятся в прямой связи с динамикой климатических условий, главным образом с температурой воздуха в регионе. Для всей территории бассейна Дебеда были проанализированы колебания зимней (декабрь–февраль) и средней годовой температуры (рис. 6, а, б), а также учтены изменения средних весенних (март–май) и средних летних (июнь–

август) температур (см. рис. 6, в, г). Данные рис. 6 рассчитаны по общепринятым градациям сезонов. Так как метеорологические станции начинали работать в разное время (например, станция Пушкинский перевал действует с 1963 г.), температуры воздуха представлены за более общий для всех станций ряд – начиная с 1960-х годов.

В течение многолетнего периода зимы в регионе были холодные, очень холодные, тёплые и весьма тёплые [2]. И в каждом случае ледовый режим рек имел собственные черты. Среди холодных зим особенно выделялись 1948/49, 1953/54, 1968/69, 1971/72, 1992/93, 2001/02 гг., когда почти на всех гидропостах р. Дебед в декабре–феврале отмечали ледовые явления. Наиболее холодной была зима 1971/72 г.; средняя температура за декабрь–март составила $-4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Особенным был и весь 1992 г., когда среднегодовая температура воздуха была всего $6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Наиболее существенное понижение температуры в зимнее время отмечалось в 1971–1975 гг. Подобная ситуация наблюдалась и на Северном Кавказе. В этом регионе, согласно А.А. Абдулжалимову и др. [17], в пределах высокогорных ландшафтов те же пять лет отличались сильным снижением температуры именно в холодное время года, тогда как в летние месяцы оно было незначительным. Очень тёплыми были зимы 1965/66, 1998/99, 2009/10, 2017/18 гг., когда на многих реках бассейна Дебеда не было никаких ледовых явлений или они носили очень кратковременный характер. Самая тёплая из них – зима 1965/66 г. с температурой за декабрь–март $2,94\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом в ряду среднегодовой температуры воздуха в целом выделялся 2010 г. – $9,99\text{ }^{\circ}\text{C}$, с особенно жарким летом.

На рис. 6 видно, что тренды температуры воздуха в целом за время наблюдений положительны. Однако для всей территории бассейна при значительном диапазоне межгодовых колебаний чётко виден перелом в ходе температур в начале – середине 1990-х годов (см. рис. 6, а–г), после которого начался период их существенного и устойчивого повышения. Ход температур на графиках показывает, что, начиная с 1960-х годов, можно выделить два отличающихся периода: *в первый из них, до начала 1990-х годов*, температуры в зимнее, весеннее время и в среднем за год не проявили заметной положительной тенденции (в пределах лишь первых десятых долей градуса) и только летняя температура повысилась на $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$; *во второй, после середины 1990-х годов*, наблюдается

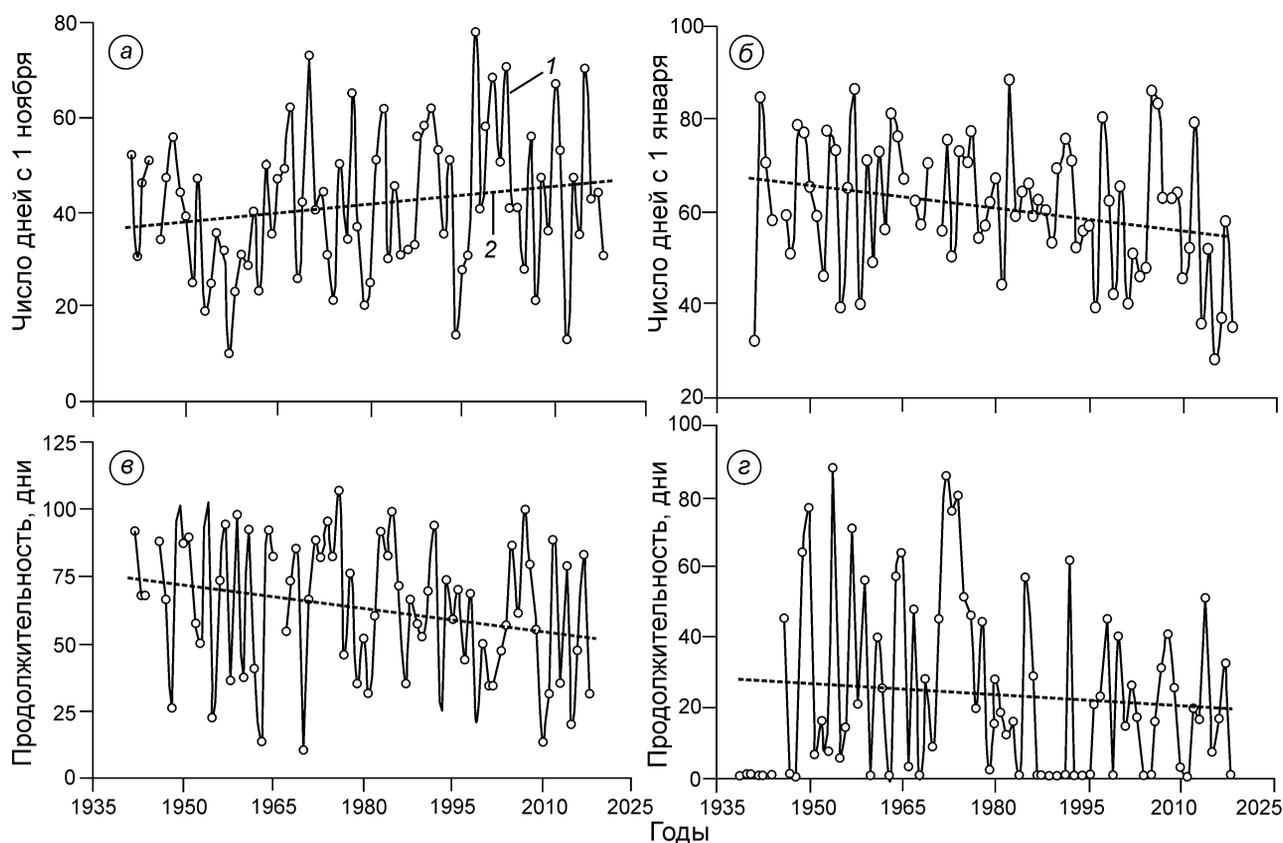


Рис. 5. Пример межгодовых изменений начала (а), окончания (б) и продолжительности ледовых явлений (в) и ледостава (г) на р. Марц–п. Туманян за 1939–2018 гг.

1 – межгодовые колебания; 2 – линии трендов

Fig. 5. An example of interannual changes in the beginning (а), end (б), and duration of ice phenomena (в) and freeze-up (г) on the r. Marts–p. Tumanyan for 1939–2018.

1 – interannual fluctuations; 2 – trend lines

устойчивое потепление во все сезоны, при этом наиболее значительно весной и летом (см. рис. 6, в, г). Общее годовое потепление на протяжении всего времени, начиная уже с 1960-х годов, происходило прежде всего за счёт повышения летних температур и резко усилилось с середины 1990-х годов. Рост годовых и особенно летних температур воздуха в первые два десятилетия XXI в. наблюдается на всей территории Кавказа [18–21].

В бассейне р. Дебед скорость изменения летней температуры в первом периоде составляла $+0,28^{\circ}\text{C}$ за 10 лет, а во втором – в весенний и летний сезоны соответственно $+0,53$ и $+0,51^{\circ}\text{C}$ за /10 лет. Зимняя и среднегодовая температура воздуха во втором периоде также повысилась. В 1960–80-х годах зимы были самыми холодными, поэтому зимнее потепление в течение последних двух десятилетий особенно заметно – температура поднялась почти на $0,7^{\circ}\text{C}$. Летние температуры и в первый период

были высоки (см. рис. 6, г), но в течение второго и весенние, и летние температуры увеличились ещё на $1,3$ – $1,4^{\circ}\text{C}$. Разница в средних годовых температурах не так велика из-за достаточно тёплых лет первого периода, но после середины 1990-х их значения повысились ещё на 1°C (табл. 4).

С потеплением зим связано общее сокращение периодов с ледовыми явлениями на реках бассейна. При этом относительно быстрое повышение температуры воздуха в весенние сезоны привело к наиболее заметному смещению именно дат окончания этих явлений и в итоге – к снижению общей их продолжительности (см. рис. 5). Расчёты для отдельных действующих в настоящее время метеостанций на территории бассейна Дебеда показали, что выделенные общие закономерности в ходе колебаний температуры воздуха проявляются и на всех более мелких бассейнах притоков, независимо от высоты водосборов.

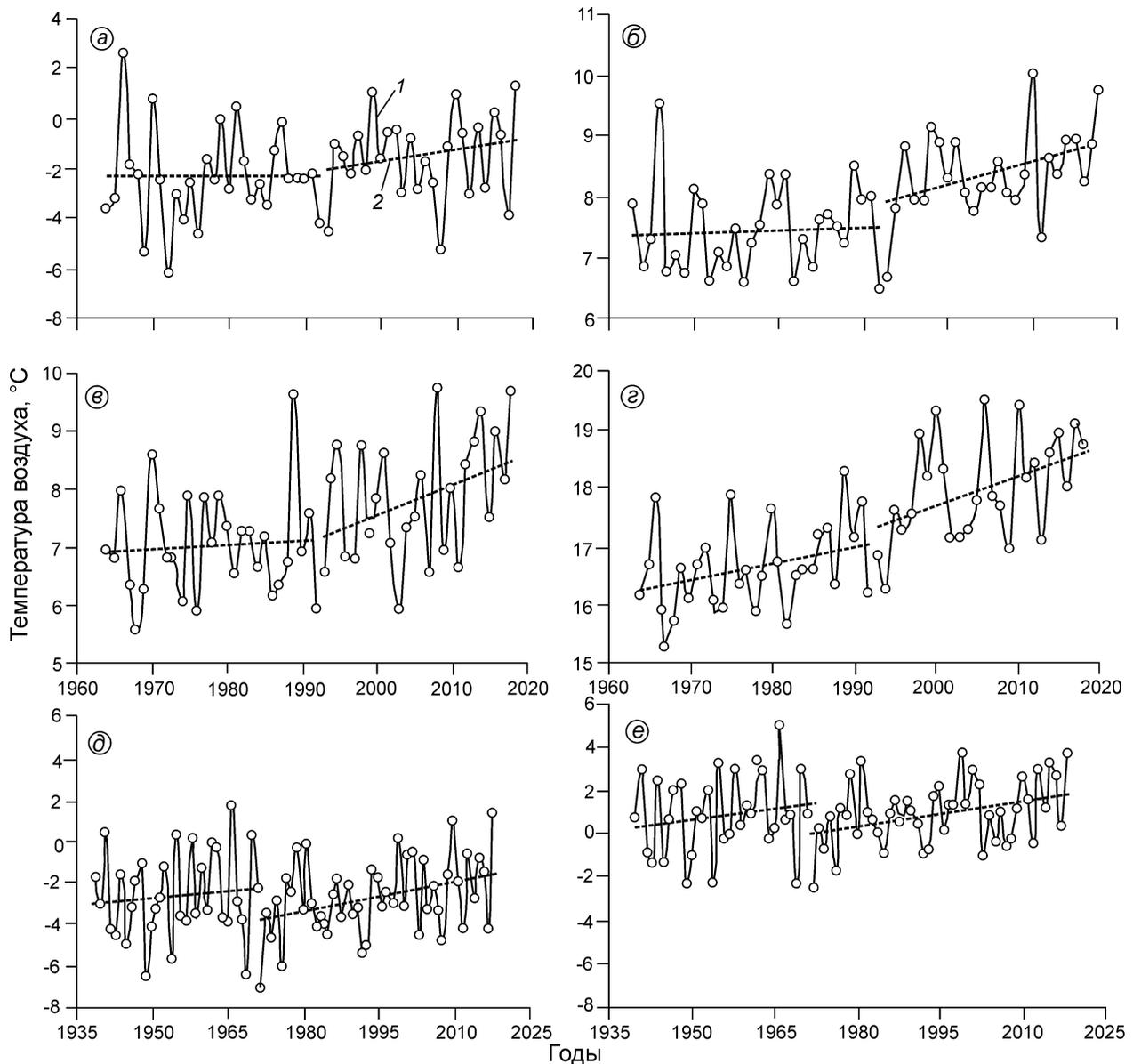


Рис. 6. Многолетние изменения средней температуры воздуха в бассейне р. Дебед:

a – за декабрь–февраль; *б* – за год; *в* – за март–май; *г* – за июнь–август; то же за декабрь–март для МС на разных высотах: *д* – Ташир, 1507 м; *е* – Одзун, 1105 м. *1* – межгодовые колебания температур; *2* – линии трендов

Fig. 6. Long-term changes of average air temperature in the Debed basin:

a – for December–February; *b* – for year; *c* – for March–May; *d* – for June–August; the same for December–March for stations at different heights: *d* – Tashir, 1507 m; *e* – Odzun, 1105 m. *1* – interannual fluctuations; *2* – trend lines

В качестве примера изменений зимних температур на разных высотах выбраны две станции – высокогорная МС Ташир (1507 м) в верховьях р. Дзорагет с температурой зим регулярно ниже 0°C (см. рис. 6, *д*) и более низкогорная МС Одзун на самой р. Дебед (1105 м) с преимущественно положительной зимней температурой (см. рис. 6, *е*). На графиках выделено несколько периодов и видно, что на этих МС тенденции изменения температур почти

одинаковы. Например, с 1970-х – до начала 1990-х годов на обеих МС зафиксированы относительно низкие средние значения зимней температуры (соответственно $-3,4$ и $+0,4^{\circ}\text{C}$). Причина этого – самые холодные зимы в данном периоде – 1968/69, 1971/72 гг. и др. При этом скорость повышения зимней температуры на станциях различалась. В более холодные первый и второй периоды температура на высокогорной МС повышалась медленнее,

Таблица 4. Характеристики изменений температуры воздуха в бассейне р. Дебед в разные сезоны и периоды наблюдений

Метеостанции	Период, годы	Средняя температура, °С	Скорость изменения температуры, °С/10 лет	Изменение температуры, °С	Средние квадратические отклонения σ	Коэффициент вариации C_v
<i>Температуры воздуха за декабрь–февраль</i>						
Все	1964–1992	–2,36	+0,020	+0,1	1,81	0,75
	1993–2018	–1,52	+0,287	+0,7	1,62	1,08
<i>Температуры воздуха за март–май</i>						
Все	1964–1992	+7,0	+0,070	+0,2	0,87	0,12
	1993–2018	+7,8	+0,529	+1,4	1,03	0,13
<i>Температуры воздуха за июнь–август</i>						
Все	1964–1992	+16,7	+0,279	+0,8	0,71	0,04
	1993–2018	+18,0	+0,510	+1,3	0,86	0,05
<i>Температуры воздуха за год</i>						
Все	1964–1992	+7,5	+0,043	+0,1	0,70	0,09
	1993–2018	+8,4	+0,389	+1,0	0,69	0,08
<i>Температуры воздуха за декабрь–март</i>						
Ташир, 1507 м над ур. моря	1939–1972	–2,7	+0,255	+0,8	2,05	0,76
	1973–1992	–3,4	+0,384	+0,8	1,65	0,49
	1993–2018	–2,2	+0,447	+1,2	1,70	0,77
Одзун, 1105 м над ур. моря	1939–1972	+0,8	+0,313	+1,0	1,80	2,25
	1973–1992	+0,4	+0,502	+1,1	1,32	3,31
	1993–2018	+1,3	+0,385	+1,0	1,39	1,07

чем в долине, но в наиболее тёплые зимы последнего периода температура на этой станции повышалась быстрее (см. табл. 4). После середины 1990-х годов температура воздуха на МС Ташир и Одзун повысилась соответственно на 1,2 и 1,0 °С.

Межгодовая изменчивость температур воздуха в бассейне р. Дебед в разные периоды времени и для разных сезонов неодинакова (см. табл. 4). Наибольшие значения среднего квадратического отклонения характерны для рядов температур зимнего сезона. Из двух рассмотренных ранее периодов колебания значительны в более холодный, первый, – в 1964–1992 гг. их величина $\sigma = 1,81$. При этом колебания оказались ещё сильнее при дополнительном расчёте для отдельных МС за самые холодные годы – 1939–1972 гг., которые включали в себя все экстремальные зимы за 80 лет наблюдений с температурой до $-6 \div -7$ °С на МС на высоте 1507 м и порядка $-2 \div -3$ °С на МС на высоте 1105 м (см. рис. 6, д, е). Изменчивость температур воздуха в целом постепенно уменьшается от зимних сезонов к весне, а затем к лету, это характерно для обоих периодов.

Во второй, тёплый период 1993–2018 гг. колебания зимних температур вслед за потеплением зим уменьшились. В то же время весенний и летний сезоны отличались не только наибольшим

общим ростом температуры, но и увеличением её изменчивости. В эти тёплые месяцы средние квадратические отклонения повысились от 0,87–0,71 в первом периоде до 1,03–0,86 во втором, несколько выросли и коэффициенты вариации (см. табл. 4). Для ряда средних годовых температур воздуха значения изменчивости – наименьшие в оба периода, хотя во втором заметно некоторое их снижение, а это такая же тенденция, как и для зимних показателей. Исходя из этого, можно предположить, что, хотя общее годовое потепление в начале XXI в. определялось прежде всего жаркими летними сезонами, межгодовая изменчивость среднегодовых температур регулировалась более значительными колебаниями в зимние сезоны, а температурный фон тёплого времени года был относительно ровнее.

Заключение

Впервые после обзора ледового режима рек 1946 г. [1] выполнено комплексное исследование ледовых явлений на реках Армении на примере одного из крупнейших её водосборов – в бассейне р. Дебед. Подобные явления в этом бассейне развиты слабо, в основном в верхнем и среднем

течении рек. Это связано с тем, что средняя температура воды почти всех рек в зимние месяцы положительная. Ледостав на реках наблюдается не ежегодно, обычно в их верховьях, на высотах 1500–1900 м, в то время как на нижнем створе основной реки (450 м) появление ледяных образований — исключительная редкость. Согласно многолетним наблюдениям, ледовые явления на реках в наиболее высоких горных зонах появляются уже в октябре, в средневысотных — почти повсеместно в ноябре; число дней с ледовыми явлениями колеблется в среднем от 60 до 100. Значительные различия в их продолжительности определяются большим диапазоном высот горного бассейна и морфологией речных долин, а также локальными особенностями, влияющими на режим поверхностного стока, например, выходами подземных вод, пористостью или сильной трещиноватостью горных пород и др.

Изменения климата, наблюдаемые в последние десятилетия на территории бассейна, повлияли на ледовый режим рек. С начала — середины 1990-х годов началось значительное и устойчивое повышение температуры воздуха. Если за предыдущий 30-летний период, с начала 1960-х годов,

потепление в зимние, весенние, летние сезоны и в среднем за год выразилось соответственно величинами 0,1, 0,2, 0,8 и 0,1 °С, то с начала 1990-х до 2018 г. эти значения составили 0,7, 1,4, 1,3 и 1,0 °С. Повышение зимних и особенно весенних температур воздуха ускорило сокращение всех сроков ледовых явлений на реках. За весь 80-летний период наблюдений продолжительность ледяных образований на реках бассейна Дебеда выше 1000–2000 м сократилась на 25–35 дней. Полученные результаты могут быть использованы для планирования и реализации водохозяйственных мероприятий, изучения и прогнозов термического режима рек, оценки гидроэкологической безопасности, разработки стратегий рационального использования и защиты водных ресурсов горных территорий Республики Армения.

Благодарности. Автор выражает благодарность Оксане Васильевне Рототаевой за большую помощь в анализе материалов и редактировании работы.

Acknowledgments The author is grateful to Oksana Vasilievna Rototaeva for the great help in analyzing materials and editing work.

Литература

1. *Вартазаров С.Я.* Ледовый режим рек Армении // Изв. АН АрмССР. 1946. № 8. С. 3–24.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 9. Бассейн р. Аракса. Вып. 2 / Ред. А.П. Муранова. М.: Гидрометеиздат, 1973. 472 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 9. Закавказье и Дагестан. Вып. 1. Западное Закавказье / Ред. Г.И. Хмаладзе. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 312 с.
4. Гидрография Армянской ССР. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1981. 177 с. (На армянском яз.).
5. Методические указания по ведению Государственного водного кадастра. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Раздел 1. Вып. 4. Ч. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 80 с.
6. *Маргарян В.Г.* Геолого-гидрогеологическое строение и состав почвогрунта речных бассейнов как важный фактор формирования речного стока территории (на примере речного бассейна р. Дебед) // Горные науки и технологии. 2018. № 4. С. 3–9. doi: 10.17073/2500–0632–2018–4–3–9.
7. *Багдасарян А.Б.* Климат Армянской ССР. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1958. 151 с.
8. *Маргарян В.Г.* Эффективность использования и охраны водных ресурсов в Лорийском марзе // Во-

References

1. *Vartazarov S. Ya.* Ice regime of the rivers of Armenia. *Izvestiya Akademii nauk Armyanskoy SSR. Proc. of National Academy of Sciences of Armenia.* 1946, 8: 3–24. [In Russian].
2. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR.* Surface-Water Resources of the USSR. V. 9. Is. 2. Moscow: Hydrometeoizdat, 1973: 472 p. [In Russian].
3. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR.* Surface-Water Resources of the USSR. V. 9. Is. 1. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1969: 312 p. [In Russian].
4. *Gidrografiya Armyanskoy SSR.* Hydrography of ASSR. Yerevan: Academy of Sciences of ASSR, 1981: 177 p. [In Armenian].
5. *Metodicheskiye ukazaniya po vedeniyu Gosudarstvennogo vodnogo kadastra.* Guidelines for maintaining the State Water Cadastre. V. 1. Is. 4. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1981: 80 p. [In Russian].
6. *Margaryan V.G.* Geological and hydrogeological structure of river basins and soil composition as an important factor in the formation of the stream flow of the territory (on the example of the Debed river basin). *Gornyye nauki i tekhnologii. Mining science and technology.* 2018, 4: 3–9. [In Russian].
7. *Baghdasaryan A. B.* *Klimat Armyanskoy SSR.* The climate of Armenian SSR. Yerevan: Publishing House of the Armenian SSR Academy of Sciences, 1958: 151 p. [In Russian].
8. *Margaryan V.G.* Effectiveness of the water resources use and protection in Loriya Marza. *Vodnoye khozyaystvo Rossii. Water Sector of Russia.* 2018, 5: 75–84. [In Russian].

- дное хозяйство России. 2018. № 5. С. 75–84. doi: 10.35567/1999-4508-2018-5-6.
9. Донченко Р.В. Ледовый режим рек СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 242 с.
 10. Маргарян В.Г. Особенности ледовых явлений и динамика их изменения рек бассейна Дебед (на территории Республики Армения). Тр. V Всерос. конф. «Ледовые и термические процессы на водных объектах России». Владимир, 11–14 октября 2016 г. С. 294–301.
 11. Агафонова С.А., Айбулатов Д.Н., Фролова Н.Л., Козлов Д.В. Современное изменение ледового режима рек бассейна Волги // Природообустройство. 2014. № 3. С. 60–62.
 12. Вуглинский В.С. Оценка изменений характеристик ледового режима водных объектов для различных регионов страны в современных климатических условиях // Вестн. Санкт-Петербургского ун-та. Сер. 7. Геология. География. 2014. № 3. С. 32–45.
 13. Зуев В.В., Короткова Е.М., Уйманова В.А. Водный и ледовый режим реки Майма в условиях современных изменений климата (Горный Алтай) // Водное хозяйство России. 2019. № 5. С. 25–39. doi: 10.35567/1999-4508-2019-5-2
 14. Лобанов В.А., Горошкова Н.И. Характеристики ледового режима рек Республики Саха (Якутия) и их климатические изменения // Учен. зап. РГГМУ. 2019. № 55. С. 86–98.
 15. Magnuson J.J., Robertson D.M., Benson B.J., Wynne R.H., Livingston D.M., Arai T., Assel R.A., Barry R.G., Card V., Kuusisto E., Granin N.G., Prowse T.D., Stewart K.M., Vuglinski V.S. Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere // Science. 2000. V. 289. P. 1743–1746.
 16. Агафонова С.А., Фролова Н.Л., Василенко А.Н., Широкова В.А. Ледовый режим и опасные гидрологические явления на реках арктической зоны Европейской Территории России // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 2016. № 6. С. 41–49.
 17. Абдулжалимов А.А., Атаев З.В., Братков В.В. Современные климатические изменения высокогорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа // Изв. Дагестанского гос. пед. ун-та. Естественные и точные науки. 2015. № 2. С. 86–94.
 18. Armenia's Third National Communication on Climate Change. Yerevan: Lusabats. 2015. 165 p.
 19. Keggenhoff I., Elizbarashvili M., King L. Recent changes in Georgia's temperature means and extremes: Annual and seasonal trends between 1961 and 2010 // Weather and Climate Extremes. 2015. № 8. 34–45.
 20. Regional assessment report of climate change and security in the South Caucasus. Organization for Security and Co-operation in Europe. 2017. 116 p. <https://www.osce.org/files/f/documents/3/1/355546.pdf>.
 21. Amiranashvili A., Matcharashvili T., Chelidze T. Climate change in Georgia: Statistical and nonlinear dynamics predictions // Journ. of Georgian Geophys. Society. Physics of Solid Earth. 2011–2012. Is. (A). V. 15a. P. 67–87.
 9. Donchenko R.V. *Ledovyy rezhim rek SSSR*. Ice regime of rivers in the USSR. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1987: 242 p. [In Russian].
 10. Margaryan V.G. Features of ice phenomena and its dynamics change of the rivers of Debet basin (in the territory of the Republic of Armenia). *Trudy V Vseross. konf. «Ledovye i termicheskie processy na vodnykh ob"ektakh Rossii»*. Vladimir, 11–14 october 2016. Proc. of the V All-Russian Conf. «Ice and thermal processes on water bodies of Russia». Vladimir, October 11–14, 2016: 294–301.
 11. Agafonova S.A., Aibulatov D.N., Frolova N.L., Kozlov D.V. Modern changing ice regime of rivers Volga basin. *Prirodoobustroystvo*. Environmental Engineering. 2014, 3: 60–62. [In Russian].
 12. Vuglinskiy V.S. Assessment of change in water bodies ice regime characteristics for different regions of the country in modern climate conditions. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya. Geografiya*. Bulletin of the St. Petersburg University. Series 7. Geology. Geography. 2014, 3: 32–45. [In Russian].
 13. Zuyev V.V., Korotkova E.M., Uymanova V.A. Water and Ice Regime of the Mayma River (the Altay Mountains) in the Context of the Current Climate Change. *Vodnoye khozyaystvo Rossii*. Water Sector of Russia. 2019, 5: 25–39. [In Russian].
 14. Lobanov V.A., Goroshkova N.I. Characteristics of ice regime of the rivers of the Sakha Republic (Yakutia) and their climate changes. *Uchenye zapiski RGGMU*. Proc. of the Russian State Hydrometeorological University. 2019, 55: 86–98. [In Russian].
 15. Magnuson J.J., Robertson D.M., Benson B.J., Wynne R.H., Livingston D.M., Arai T., Assel R.A., Barry R.G., Card V., Kuusisto E., Granin N.G., Prowse T.D., Stewart K.M., Vuglinski V.S. Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere. *Science*. 2000, 289: 1743–1746.
 16. Agafonova S.A., Frolova N.L., Vasilenko A.N., Shirocova V.A. Ice regime and dangerous hydrological phenomena on rivers of the arctic zone of European Russia. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*. Bulletin of the Moscow State University. Series 5. Geography. 2016, 6: 41–49.
 17. Abdulzhalimov A.A., Ataev Z.V., Bratkov V.V. Modern climate changes of high-mountain landscapes of the North-Eastern Caucasus. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. Journ. of Dagestan State Pedagogical University. Natural and Exact Sciences. 2015, 2: 86–94. [In Russian].
 18. Armenia's Third National Communication on Climate Change. Yerevan: Lusabats. 2015: 165 p.
 19. Keggenhoff I., Elizbarashvili M., King L. Recent changes in Georgia's temperature means and extremes: Annual and seasonal trends between 1961 and 2010. *Weather and Climate Extremes*. 2015, 8: 34–45.
 20. Regional assessment report of climate change and security in the South Caucasus. Organization for Security and Co-operation in Europe. 2017: 116. <https://www.osce.org/files/f/documents/3/1/355546.pdf>
 21. Amiranashvili A., Matcharashvili T., Chelidze T. Climate change in Georgia: Statistical and nonlinear dynamics predictions. *Journ. of Georgian Geophysical Society. Physics of Solid Earth*. 2011–2012, A (15a): 67–87.