Геосферные исследования. 2021. № 1. С. 94–103

ГИДРОЛОГИЯ

УДК 502/504: 556.535.5

ПРОЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ЛЕДОВОМ РЕЖИМЕ РЕК БАССЕЙНА р. ДЕБЕД (АРМЕНИЯ)

В.Г. Маргарян[1], Д.А. Вершинин[2]

[1]*Ереванский государственный университет, Ереван, Армения*
[2]*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия*

Рассматриваются закономерности динамики основных характеристик (продолжительность периода с ледовых явлений и ледостава, даты начала и окончания ледовых явлений) ледового режима рек бассейна р. Дебед в соответствии с изменениями климатических условий за период наблюдений 1939–2018 гг. В качестве исходного материала использованы данные фактических наблюдений Центра гидрометеорологии и мониторинга ГНКО Министерства окружающей среды Республики Армения за ледовыми явлениями рек бассейна р. Дебед. Исследование выполнено для 15 пунктов на реках бассейна р. Дебед по продолжительным рядам данных наблюдений.

Ключевые слова: *характеристики ледового режима, ледовые явления, изменение климата, временные изменения, бассейн р. Дебед.*

Введение и постановка проблемы

Оценка закономерностей динамики основных характеристик ледового режима рек бассейна р. Дебед является важной научно-практической задачей, связанной с планированием и реализацией водохозяйственных мероприятий, практическим использованием рек, разработкой стратегий рационального использования и защиты водных ресурсов, изменением климата. Когда температура воздуха опускается ниже 0 °С, наблюдается переход части водной массы из жидкой фазы в твердую – на реках появляются ледовые явления.

Бассейн р. Дебед (рис. 1) почти полностью занимает Лорийскую область Республики Армения (РА). Он находится на севере республики – между 40°41′–41°18′ северной широты и 43°55′–44°57′ восточной долготы и занимает площадь в пределах республики 3 790 км^2 (4 080 км^2 – за ее пределами). Здесь, в нижнем течении р. Дебед, находится самая низкая точка (375 м) территории РА. Разница в высотах превышает 2 800 м [Маргарян, 2018]. Бассейн отличается значительной расчлененностью рельефа, имеются каньоны, достигающие 300 м глубины (каньон р. Дебед), и отдельные массивы горвысотой более 2 500 м.

В бассейне р. Дебед преобладают водоупорные породы складчатых и складчато-глыбовых хребтов Малого Кавказа, по этой причине здесь велика роль поверхностной составляющей стока. Только в местах нижнего течения рек, где распространены слабосвязанные, хрупкие породы, накапливающиеся в водоносных горизонтах воды, иногда формируют артезианские бассейны. Водопроницаемые горные породы вулканического происхождения главным образом распространены в бассейне р. Дзорагет. Из-за пористости и сильной трещиноватости большая часть атмосферных осадков просачивается и, в основном, в виде крупных источников разгружается в верхнем и среднем течениях р. Дзорагет, чем и обусловлен слабый поверхностный сток.

Изучаемая территория выделяется весьма развитой гидрографической сетью – средняя густота речной сети составляет 0,92 км/км^2 [Мнацаканян, Тадевосян, 2007]. Водные ресурсы, в первую очередь, представлены поверхностными водами: основной водной артерией является р. Дебед со своими многочисленными притоками. Дебед – самая полноводная река Армении образуется в результате слияния двух крупных притоков – рек Памбак и Дзорагет на высоте 870 м. Река Памбак (длина – 84 км, площадь водосборного бассейна – 1 370 км^2, средний уклон бассейна – 13 ‰) считается основным притоком р. Дебед и его верхним течением. Длина р. Дебед с притоком р. Памбак составляет 176 км (в пределах республики – 154 км). Река Дзорагет имеет пртяженность 67 км, площадь водосборного бассейна – 460 км^2, средний уклон бассейна – 22 ‰.

Ледовый режим рек Армении мало изучен. Это касается и изучаемой территории. Большой вклад в изучение ледового режима рек внесли С.Я. Вартазаров [Вартазаров, 1946], М.В. Шагинян [Ресурсы…, 1973] и другие ученые.

© Маргарян В.Г., Вершинин Д.А., 2021
DOI: 10.17223/25421379/18/8

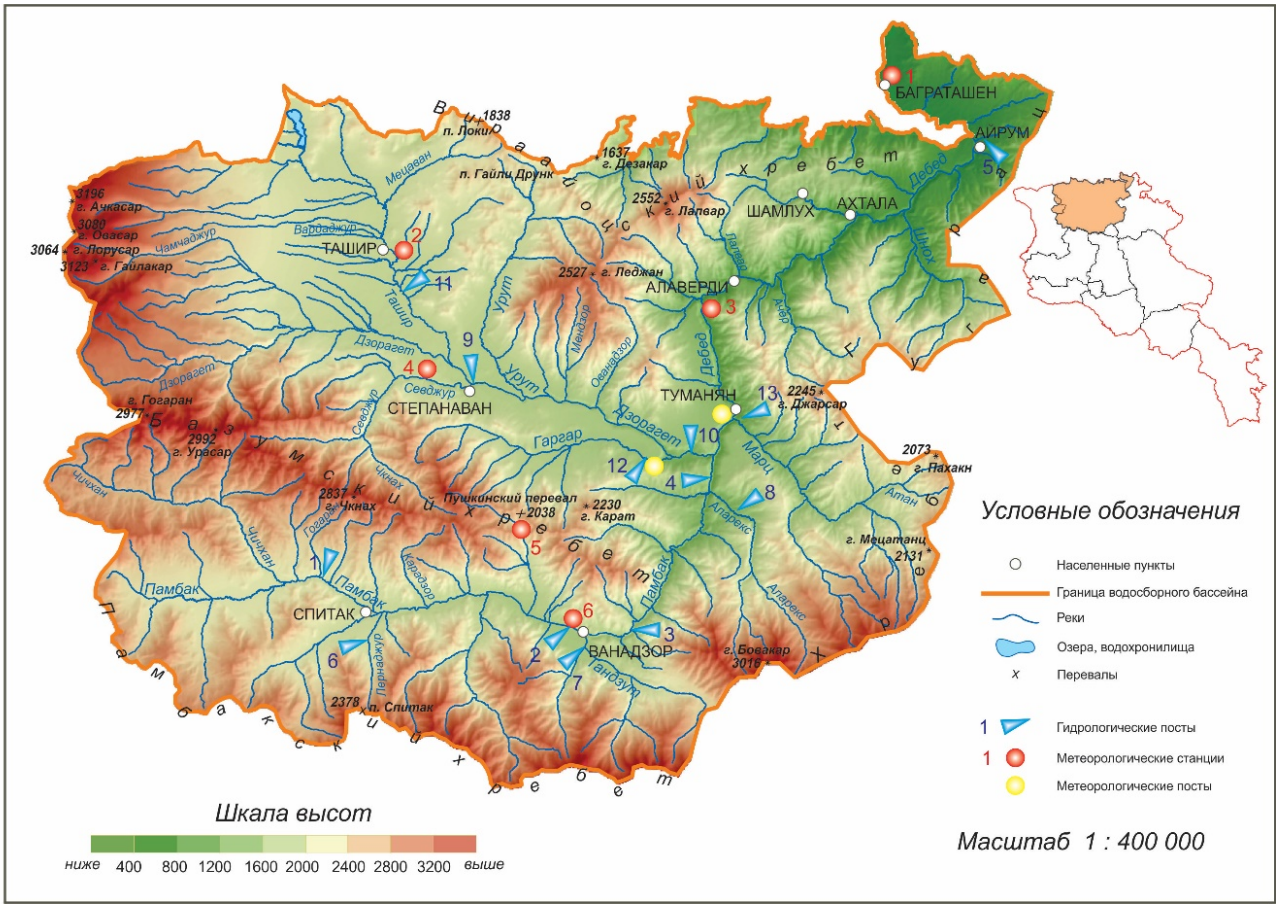

Рис. 1. Сеть метеорологических станций и гидрологическх постов в бассейне р. Дебед

Метеорологические станции: 1) Баграташен; 2) Ташир; 3) Одзун; 4) Степанаван; 5) Пушкинский перевал; 6) Ванадзор. Гидрологические посты: 1) р. Памбак – п. Ширакамут; 2) р. Памбак – п. Ванадзор; 3) р. Памбак – п. Мегрут; 4) р. Памбак – п. Туманян; 5) р. Дебед – п. Айрум; 6) р. Аджигара – 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. Марцигет – п. Туманян

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

Meteorological stations: 1) Bagratashen; 2) Tashir; 3) Odzun; 4) Stepanavan; 5) Pushkin Pass; 6) Vanadzor. Gauging stations: 1) Pambak – Shirakamut; 2) Pambak – Vanadzor; 3) Pambak – Meghrut; 4) Pambak – Tumanyan; 5) Debed – Ayrum; 6) Hajigara – Lernapat; 7) Tanzut – Vanadzor; 8) Alarex – Debed; 9) Dzoraget – Stepanavan; 10) Dzoraget – Gargar; 11) Tashir – Saratovka; 12) Gargar – Kurtan; 13) Marciget – Tumanyan

---

До настоящего времени публикация С.Я. Вартазарова «Ледовый режим рек Армении», опубликованная в 1946 г., является единственной работой, которая полностью посвящена этой теме. По результатам многолетних исследований опубликованы монографии [Ресурсы… 1969, 1973; Гидрография… 1981], в которых также обсуждаются вопросы, касающиеся ледового режима рек Армении. Нами впервые была сделана попытка оценить ледовый режим рек бассейна р. Дебед, используя длительный ряд данных инструментальных наблюдений (1939–2018 гг.).

Учитывая вышеизложенное, цель настоящего исследования – оценить влияние изменений климата на ледовый режим рек бассейна р. Дебед. В работе поставлены и решены следующие задачи: оценить тенденции трансформациии основных характеристик ледового режима в условиях изменения климатических характеристик, выявить, проанализировать и оценить особенности временных колебаний атмосферных осадков, температуры воздуха и воды.

Методика исследования и фактический материал

К качестве исходных материалов в работе использованы фактические наблюдения за ледовым режимом рек бассейна р. Дебед (в пределах территории РА) за 1939–2018 гг., температурой воды и воз-

духа, атмосферными осадками за период с ноября по март. В настоящее время действуют всего шесть метеорологических станций и 13 водомерных постов, данные которых и были использованы в исследовании. Также были использованы данные р. Чичхан – п. Дзорашен и р. Дзорагет – п. Катнарат, несмотря на то, что они действовали в 1979–1999 и 1949–1988 гг. соответственно. Выборка данных по ледовым явлениям производилась за гидрологический год, т.е. с осени предыдущего года до весны данного года (XI–III) из ежегодников.

Были использованы материалы наблюдений гидрологических постов с 1938 г., опубликованные, главным образом, в Гидрологических ежегодниках. В более ранних изданиях («Сведения об уровне воды», «Материалы по режиму рек СССР») ледовые явления полностью не учитывались. Также проанализированы и обобщены соответствующие научные источники [Ресурсы…, 1969, 1973; Гидрография… 1981; Донченко, 1987; Методические…, 1981].

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 в течение 2–3 сут, после чего наступал длительный (10 сут и более) период с отсутствием ледовых явлений, во внимание не принимались. За дату окончания ледовых явлений (весеннего ледохода) принимается последняя дата, когда они наблюдались. Не принимается во внимание нехарактерный, случайный ледоход продолжительностью 1–2 сут, являющийся следствием сброса задержавшегося льда и т.п. Число суток с ледовыми явлениями и продолжительность ледостава подсчитываелось 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 [Методические…, 1981].

В работе применялись следующие методы: математико-статистический, экстраполяции, интерполяции, анализа, аналогии, картографический.

Результаты и обсуждение

Исследования показывают, что характер ледовых образований на реках изучаемой территории весьма разнообразен из-за различия климатических, морфометрических и гидравлических условий. Как правило, разнообразие климатических условий при высокой расчлененности рельефа территории, морфометрических и гидравлических условий горных рек обусловливает различные формы ледовых образований и характер ледового режима даже на протяжении одной и той же реки. Турбулентное перемешивание воды горных рек или на горных участках рек вызывает охлаждение воды и образование первичных кристаллов льда по всей толщине потока. Но из-за больших скоростей течения ледостав наблюдается только в суровые зимы на плесовых участках в течение кратковременного периода.

На изучаемой территории на большинстве рек происходят различные ледовые явления разных масштабов и продолжительности (забереги, шуга, ледостав, шугоход и т.д.), почти отсутствуют весенний и осенний ледоход, заторы и зажоры. При том преобладают забереги, шугоход. Забереги имеют почти повсеместное распространение. Разные ледовые явления иногда чередуются на разных участках реки, часто наблюдаются вместе, сменяя друг друга в течение зимнего периода, или прерываются на периоды, свободные ото льда.

В зависимости от географического и высотного положения водосборов и типа питания реки по характеру ледового режима можно разделить на три группы (табл. 2): 1) реки с устойчивым ледоставом; 2) реки с неустойчивым ледоставом; 3) реки без ледовых явлений [Ресурсы…, 1969, 1973]. К первой группе относятся р. Гаргар – п. Куртан, ко второй группе – все остальные реки-посты. Согласно «Методическим указаниям по ведению Государственного водного кадастра» [Методические…, 1981], ледовые явления можно представить в виде таблиц двух форм (А и Б). Форму А (полную) – для рек с устойчивым ледоставом и форму Б (сокращенную) – для рек с неустойчивым ледоставом. На изучаемой территории в форму А включен только водомерный пост Куртан на р. Гаргар (см. табл. 1), все остальные водомерные посты включены в форму Б (табл. 2).

В табл. 3 содержатся сведения о средних, ранних и поздних сроках наступления и окончания ледовых явлений, а также о числе дней со всеми ледовыми явлениями и числе дней с ледоставом по пунктам за период с начала наблюдений по 2018 г. В таблицу по рекам бассейна р. Дебед не включены пункты с кратковременными и не ежегодно наблюдающимися ледовыми явлениями. Выяснилось, что в среднем в речном бассейне образование ледовых явлений обычно начинается со второй декады ноября до третьей декады декабря и заканчивается с третьей декады февраля по третью декаду марта. Число дней с ледовыми явлениями колеблется в среднем от 60 до 114, а число дней с ледоставом – от 0 до 54.

Таблица 1

Ледовые явления на реках с устойчивым ледоставом (р. Гаргар – п. Куртан)

Table 1

Ice phenomena on the rivers with a stable ice cover (Gargar – Kurtan)

Дата						Продолжительность, дни				
Характеристика	Начала осенних ледовых явлений	Начала осеннего ледохода	Начала ледостава	Начала весеннего ледохода	Окончания ледовых явлений	Характеристика	Осеннего ледохода (шугохода)	Весеннего ледохода (шугохода)	Ледостава	Всех ледовых явлений
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Средняя	08.12	Нб	Нб	Нб	11.03	Средняя	–	–	62	94
% случаев	97 %	95 %	60 %	60 %	97 %	% случаев			54 %	76 %
Ранняя	07.11	–	01.12	17.01	11.02	Наибольшая	–	–	102 (95)	148 (99)
Год	1973		1982	2013	1987	Год			1976	2004
Поздняя	21.01	–	21.01	18.03	06.04	Наименьшая	–	–	0	0
Год	1994		2011	2012	2004	% случаев			60 %	3 %

Примечание. *Продолжительность фаз ледового режима (графы 10 и 11) для рек с устойчивым ледоставом вычисляется по разности дат начала и конца явления, т.е. за календарные сроки, включающие и даты, когда ледовые явления отсутствовали. Рядом в скобках приводится фактическая продолжительность ледовых явлений.

Note. * The duration of the phases of the ice regime (columns 10 and 11) for rivers with stable ice cover is calculated by the difference between the dates of the beginning and end of the phenomenon, i.e., for calendar periods, including dates when there were no ice phenomena. Nearby in parentheses the actual duration of ice events is shown.

Таблица 2

Ледовые явления на реках с неустойчивым ледоставом (р. Марцигет – п. Туманян)

Table 2

Ice phenomena on the rivers with unstable ice cover (Martsiget – Tumanyan)

Дата			Продолжительность, дни		
Характеристика	Начала ледовых явлений	Окончания ледовых явлений	Характеристика	Ледовых явлений	Ледостава
1	2	3	4	5	6
Средняя	12.12	02.03	Средняя	63	33
Ранняя	10.11	28.01	Наибольшая	110	88
Год	1956	2015	Год	1954	1954
Поздняя	17.01	30.03	Наименьшая	0	0
Год	1997	1957	% случаев	(4 %)	(31 %)

Таблица 3

Основные характеристики ледового режима

Table 3

The main characteristics of the ice regime

Река – пункт	Период наблюдений, годы	Дата ледовых явлений						Средняя продолжительность, дни	
		Начало			окончание			ледовых явлений	ледостава
		средняя	ранняя	поздняя	средняя	ранняя	поздняя		
1	2	3	4	5	6	7	8	9*	10
Памбак – Ширакамут	1939–88; 1990–2018	14.12	03.11	06.02	15.03	01.02	17.04	66	0 (100 %)
Памбак – Ванадзор	1975–2018	Нб (66 %)	13.11	07.02	Нб (66 %)	14.01	21.03	0 (65 %)	0 (100 %)
Чичхан – Дзорашен	1979–1988; 1990–1999	18.11	01.11	19.12	23.03	08.03	15.04	115	18 (43 %)
Аджигара – Лернапат	1965–1988; 1996–2018	18.12	19.11	20.01	28.02	17.01	17.04	57	0 (98 %)
Аларекс – Дебед	1960–1965; 1972–2018	18.02	27.11	27.01	05.03	18.01	06.04	69	41 (32 %)
Дзорагет – Катнарат	1949–1988	04.12	22.10	19.12	30.03	14.02	17.04	97	40 (62 %)
Гаргар – Куртан	1961–2018	08.12	07.11	21.01	12.03	11.02	06.04	76	54 (40 %)
Марцигет – Туманян	1939–1944; 1946–2018	11.12	10.11	17.01	02.03	28.01	30.03	63	33 (69 %)

Примечание. * В графе 9 проценты означают число лет, в течение которых явление присутствовало, в процентах от общего числа лет наблюдений.

Note. * In column 9 percent means the number of years during which the phenomenon was present, as a percentage of the total number of years of observation.

Ледовые явления рек бассейна р. Дебед в значительной степени зависят от высотного положения водосборов. Согласно этой зависимости, выделены два района: 1) бассейн р. Памбак и 2) бассейны рек Дзорагет и Дебед ниже слияния р. Памбак и р. Дзорагет. В первом районе вертикальный градиент даты начала ледовых явлений составил около 7 дней/100 м, даты конца ледовых явлений – 5 дней/100 м, а продолжительности ледовых явлений – 14 дней/100 м. Во втором районе вертикальный градиент, соответственно, составил около 3,3 и 6 дней/100 м.

В работе исследована динамика изменения дат начала и конца ледовых явлений, продолжительности ледовых явлений и ледостава реки бассейна р. Дебед. На рис. 2 представлена динамика изменения ледовых явлений на примере водомерного поста Куртан на р. Гаргар. С 1960-х гг. четко виден перелом в тенденции изменений характеристик ледового режима в середине 1990-х гг. Поэтому тренды ледовых явлений представлены двумя линиями: за период 1966–1995 гг. и 1996–2018 гг., так как, начиная с 1995 г., в Армении отклонения температуры воздуха от таковых за стандартный период только положительные, т.е. потепление климата стало более очевидным [Second…, 2010]. Видно, что тренд начала ледовых явлений во всех обозначенных периодах положителен, а тренд конца и продолжительности ледовых явлений – отрицателен. Таким образом, в условиях изменения климата в бассейне р. Дебед наблюдается сдвиг начала ледовых явлений на более поздние сроки (запоздание) и сдвиг сроков окончания ледовых явлений на более ранние, что обуславливает сокращение продолжительности ледостава и ледовых явлений (особенно начиная с 1995 г.). Подобная ситуация свойственна также некоторым другим рекам на территории СНГ [Филатов и др., 2012; Агафонова и др., 2014; Вуглинский, 2014; Маргарян, 2016; Зуев и др., 2019; Лобанов и Горошкова, 2019; Сумачев, 2019; Magnuson et al., 2000; Frolova et al., 2011]. Однако на реках арктической зоны европейской территории России увеличивается продолжительность замерзания и шугохода, практически для всех постов отмечается увеличение продолжительности вскрытия [Агафонова и др., 2016].

Для оценки влияния изменений климата на ледовый режим рек изучаемой территории использовались также данные о температурах воды и воздуха, атмосферных осадков, речного стока за период с ноября по март. Средняя месячная температура воды во всех действующих створах рек бассейна р. Дебед за период с ноября по март положительна и колеблется в пределах от 0,4 до 7,2 °С (табл. 4). Что касается температуры воздуха (табл. 5), то отметим, что наблюдаются и отрицательные значения, за исключением метеостанции Баграташен. Так, среднемесячные температуры за ноябрь–март колеблются в пределах от –6,4 °С (Пушкинский перевал) до 7,1 °С (Баграташен). Среднемесячный слой атмосферных осадков колеблется в пределах от 14,5 мм (Одзун) до 60,7 мм (Пушкинский перевал).

Оценены изменения среднезимней (ноябрь – март) (рис. 3, *a*) и среднегодовой (рис. 3, *b*) температуры воздуха для всей территории бассейна р. Дебед. Так как метеорологические станции начинали свою деятельность в разное время (например, метеостанция Пушкинский перевал действует с 1963 г.), то средняя температура воздуха за ноябрь – март и за год для всей территории рассчитана с 1964 г.

Изменения тренда температуры воздуха и воды также представлены двумя линиями: за период 1966–1995 гг. и 1996–2018 гг. Видно, что тренд температуры воздуха только положителен. Однако за период 1966–1995 гг. скорость годового потепления (+0,29 °С/10 лет) выше зимнего (+0,07 °С/10 лет), а за период 1996–2018 гг. – скорость годового потепления (+0,24 °С/10 лет) меньше зимнего (+0,27 °С/10 лет). Значительный рост температуры воздуха наблюдается особенно за период 1996–2018 гг. В среднем по бассейну р. Дебед с 1966 по 1995 г. температура воздуха за ноябрь – март повысилась на 0,20 °С, а с 1996 по 2018 г. – на 0,78 °С. Так, видно, что наиболее существенно температура воздуха возрастала в 1996–2018 гг., т.е. начиная с 1996 г. отмечается устойчивый рост температуры воздуха. Подобная ситуация наблюдалась также на территории Кавказа [Абдулжалимов и др., 2015; Sylvén et al., 2008; Armenia's…, 2015]. Статистический анализ изменений метеорологических характеристик показал увеличение средней температуры воздуха в холодное время года и для всей европейской части России [Филатов и др, 2012]. Исследование также показало, что на рассматриваемой территории отмечаются положительные тенденции осадков в холодное время года.

Как видно, тренд температуры воды за период 1966–1995 гг. отрицателен, а за период 1996–2018 гг. – положителен. Притом скорость потепления (+0,44–0,45 °С/10 лет) почти та же самая и за ноябрь – март (рис. 3, *c*), и за год (рис. 3, *d*). В среднем по бассейну р. Дебед с 1966 по 1995 г. температура воды за ноябрь – март снизилась на 0,15 °С, а за год – на 0,21 °С. С 1996 по 2018 г. температура воды за ноябрь – март повысилась на 1,31 °С, а за год – на 1,01 °С.

Тренд атмосферных осадков также за период 1966–1995 гг. отрицателен, а за период 1996–2018 гг. – положителен. При этом за год (рис. 3, *e*) скорость снижения атмосферных осадков (–45,2 мм/10 лет) выше, чем за ноябрь – март (рис. 3, *д*). В среднем по бассейну р. Дебед с 1966 по 1995 г. количество атмосферных осадков за ноябрь – март снизилось на 5,74 мм, а за год – на 104 мм.

За год скорость повышения количества атмосферных осадков (+30,2 мм/10 лет) выше, чем за ноябрь – март (+5,34 мм/10 лет). С 1996 по 2018 г. количество атмосферных осадков за ноябрь – март повысилось на 15,5 мм, а за год – на 69,5 мм.

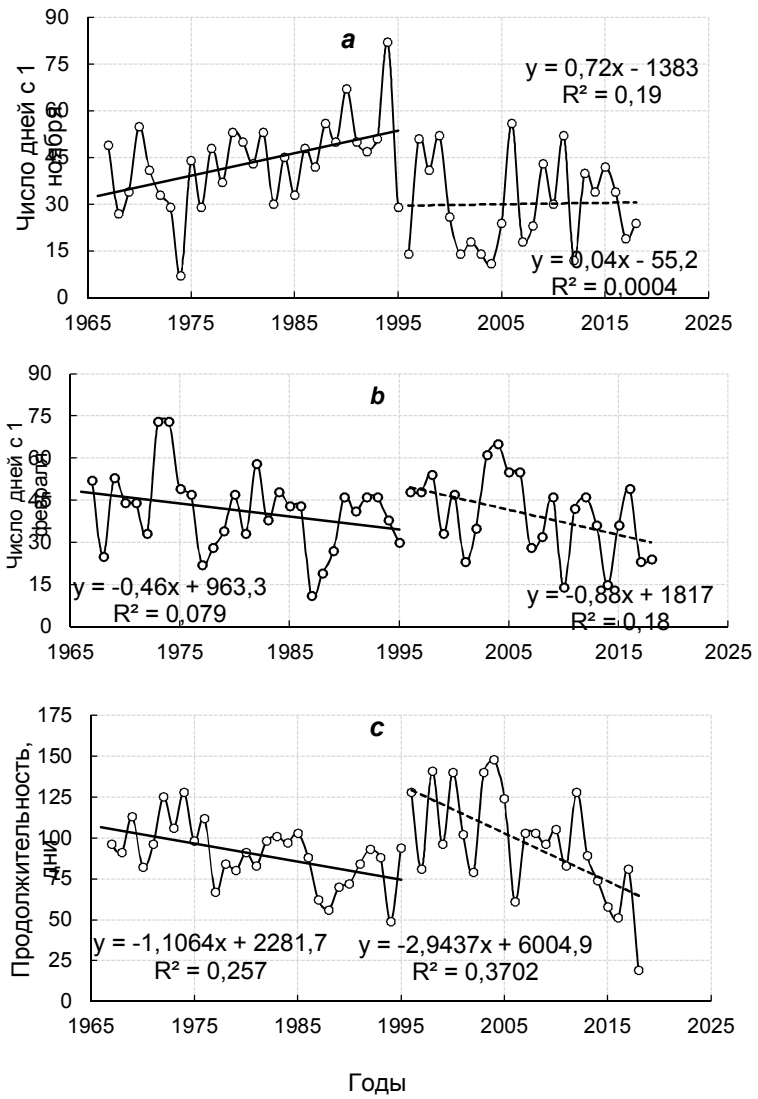

Рис. 2. Динамика изменения начала ледовых явлений (*a*), конец (*b*) и продолжительности ледовых явлений (*c*) р. Гаргар – п. Куртан

Fig. 2. Ice phenomena dynamics: the onset (*a*), the end (*b*), and duration (*c*) of ice phenomena on the River Gargar – Kurtan

Таблица 4

Значения средних температур воды

Table 4

The average water temperatures

Река – пункт	Месяц					Средняя
	XI	XII	I	II	III	
Памбак – Ширакамут	3,2	1,6	1,0	1,3	2,6	1,9
Памбак – Ванадзор	6,1	3,4	2,4	2,9	5,0	4,0
Памбак – Мегрут	7,2	4,3	3,2	3,8	5,7	4,8
Памбак – Туманян	6,4	3,3	2,1	2,8	5,1	3,9
Дебед – Айрум	7,1	3,8	2,8	3,8	6,4	4,8
Аджигара – Лернапат	4,2	1,8	1,1	1,5	3,2	2,4
Тандзут – Ванадзор	4,8	2,7	2,0	2,1	3,0	2,9
Аларекс – Дебед	3,2	1,0	0,4	0,6	2,1	1,5
Дзорагет – Степанаван	5,4	3,3	2,7	3,0	4,4	3,8
Дзорагет – Гаргар	5,6	3,1	2,3	2,9	4,8	3,7
Ташир – Саратовка	5,9	4,0	3,5	3,6	4,9	4,4
Гаргар – Куртан	4,4	1,7	0,7	0,9	3,0	2,1
Марцигет – Туманян	4,5	1,3	0,5	0,9	3,2	2,1

Таблица 5

Значения температуры воздуха и суммы атмосферных осадков

Table 5

Air temperatures and precipitation sums

Метеостанция	Месяц					Средняя	Месяц					Сумма
	I	II	III	XI	XII		I	II	III	XI	XII	
	Температура воздуха, °С						Атмосферные осадки, мм					
Баграташен	0,7	2,2	6,2	7,1	2,5	3,7	31,7	18,4	19,9	23,8	39,1	133
Ташир	–4,6	–3,9	–0,1	2,2	–2,4	–1,8	31,8	18,6	20,6	27,5	38,7	137
Одзун	–0,9	0,0	3,3	5,1	1,0	1,7	28,6	14,5	19,2	24,6	34,2	121
Степанаван	–3,6	–2,6	1,0	3,2	–1,5	–0,7	32,6	20,2	19,4	27,3	39,2	139
Пушкинский перевал	–6,4	–5,9	–2,3	0,6	–4,1	–3,6	42,3	28,6	32,3	40,6	60,7	204
Ванадзор	–2,6	–1,8	2,5	4,1	–0,4	0,3	32,5	18,7	19,3	25,6	37,8	134

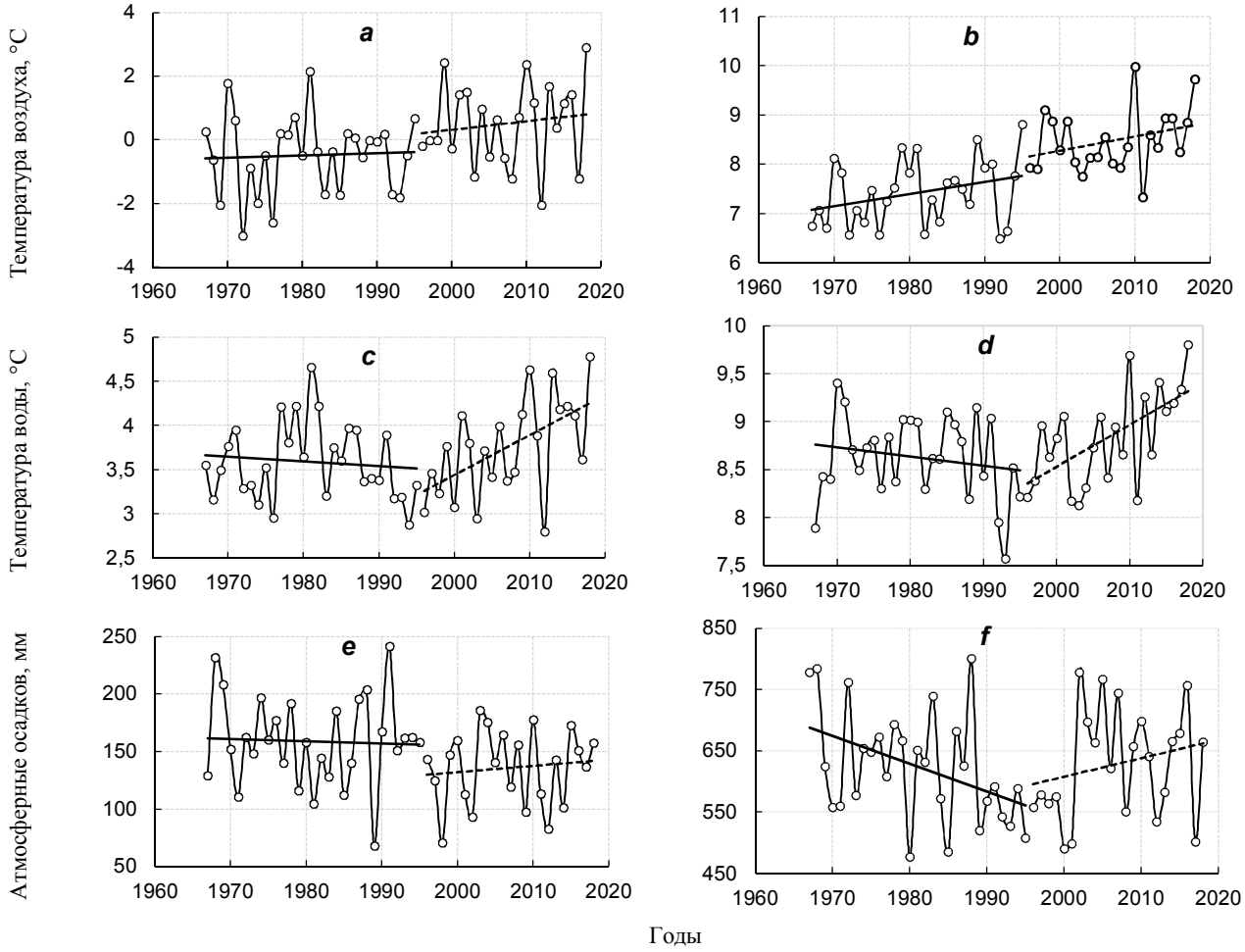

Рис. 3. Многолетние изменения и тренд средней температуры воздуха и воды, атмосферных осадков за ноябрь – март (*a, c, e*) и за год (*b, d, f*) в бассейне р. Дебед по всем действующих метеостанциям и водомерным постам

Fig. 3. Long-term changes and the trend of the average air and water temperatures, precipitation sums from November to March (*a, c, e*), and during the year (*b, d, f*) in the River Debed basin using the whole data set

Заключение

Учитывая вышеизложенное можно сделать следующие выводы:

1. Большая часть рек бассейна р. Дебед относится к числу рек с неустойчивым ледоставом и незамерзающих рек. Наибольшей продолжительностью ледостава выделяется створ Куртан на р. Гаргар.

2. В среднем образование ледовых явлений начинается со второй декады ноября до третьей декады декабря и заканчивается с третьей декады февраля по третью декаду марта.

3. Ледовый режим рек в значительной степени зависит от средней высоты водосборов. Вертикальный градиент даты начала ледовых явлений в первом районе составил около 7 дней/100 м, даты конца ледовых

явлений – 5 дней/100 м, а продолжительности ледовых явлений – 14 дней/100 м. Во втором районе вертикальный градиент составил около 3, 3 и 6 дней/100 м соответственно.

4. Средняя месячная температура воды за период с ноября по март колеблется в пределах от 0,4 до 7,2 °С, средняя месячная температура воздуха – от –6,4 до 7,1 °С, а месячное количество осадков – от 14,5 до 60,7 мм.

5. Изменения тренда ледовых явлений и гидроклиматических элементов представлены двумя линиями: за период 1966–1995 гг. и 1996–2018 гг.

6. Тренд начала ледовых явлений за период 1966–1995 гг. и 1996–2018 гг. положителен, а тренд окончания и продолжительности ледовых явлений – отрицателен. Это в основном обусловлено тем обстоятельством, что на изучаемой территории наблюдается рост средней температуры воздуха за период ноябрь – март.

7. Тренд температуры воздуха только положителен, при этом значительный рост температуры воздуха наблюдается особенно за период 1996–2018 гг. Тренд температуры воды и осадков за период 1966–1995 гг. отрицателен, а за период 1996–2018 гг. – положителен.

8. Современные изменения ледового режима происходят в основном под действием меняющихся климатических условий.

С точки зрения изучения ледового режима результаты получились бы намного лучше, если бы на изучаемой территории действовали посты со средней взвешенной высотой более 2 300 м.

ЛИТЕРАТУРА

Абдулжалимов А.А., Атаев З.В., Братков В.В. Современные климатические изменения высокогорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2015. № 2. С. 86–94.

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.

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 // Вестник Моск. ун-та. Серия 5. География. 2016. № 6. С. 41–49.

Вартазаров С.Я. Ледовый режим рек Армении // Известия Академии наук Армянской ССР. 1946. № 8. С. 3–24.

Вуглинский В.С. Оценка изменений характеристик ледового режима водных объектов для различных регионов страны в современных климатических условиях // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2014. № 3. С. 32–45.

Гидрография Армянской ССР. Ереван : Изд-во АН Арм. ССР, 1981. 177 с. На армян. яз.

Донченко Р.В. Ледовый режим рек СССР. Л. : Гидрометеоиздат, 1987. 242 с.

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

Лобанов В.А., Горошкова Н.И. Характеристики ледового режима рек Республики Саха (Якутия) и их климатические изменения // Ученые записки РГГМУ. 2019. № 55. С. 86–98.

Маргарян В.Г. Особенности ледовых явлений и динамика их изменения рек бассейна Дебед (на территории Республики Армения) // Труды V Всероссийской конференции «Ледовые и термические процессы на водных объектах России». Владимир, 2016. С. 294–301.

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

Методические указания по ведению Государственного водного кадастра. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Раздел 1, вып. 4, ч. 1. Л. : Гидрометеоиздат, 1981. 80 с.

Мнацаканян Б.П., Тадевосян Г.П. Климат и воды Лори. Ванадзор, 2007. 290 с. На армян. яз.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 9: Закавказье и Дагестан. Вып. 1: Западное Закавказье / под ред. Г.И. Хмаладзе. Л. : Гидрометеоиздат, 1969, 312 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 9: Бассейн р. Аракса. / под ред. А.П. Муранова. М. : Гидрометеоиздат, 1973. Вып. 2. 472 с.

Сумачев А.Э. Оценка возможности прогнозирования максимального ледоходного уровня воды с использованием максимальной толщины льда на примере рек бассейна Северной Двины // Ученые записки РГГМУ. 2019. № 54. С. 48–57.

Филатов Н.Н., Назарова Л.Е., Георгиев А.П., Семенов А.В., Анциферова А.Р., Ожигина В.Н., Богдан М.И. Изменения и изменчивость климата Европейского Севера России и их влияние на водные объекты // Арктика: экология и экономика. 2012. № 2 (6). С. 80–93.

Armenia's Third National Communication on Climate Change. Yerevan : Lusabats, 2015. 165 p.

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.

Frolova N., Agafonova S., Nesterenko D. Water and ice regimes of the rivers of European Russia under climate change // Hydroclimatology: Variability and Change (Proceedings of symposium J-H02 held during IUGG2011 in Melbourne, Australia, July 2011) (IAHS Publ. 344, 2011). P. 63–68.

Second National Communication of the Republic of Armenia under the UNFCCC. Ministry of Nature Protection of the Republic of Armenia, UNDP/GEF Armenia 2010. Yerevan : «Lusabats» Publishing House, 2010, 132 p.

Sylvén M., Reinvang R., Andersone-Lilley Ž. Climate Change in Southern Caucasus: Impacts on nature, people and society. WWF Norway-WWF Caucasus Programme. July, 2008.

Авторы:

Маргарян Вардуи Гургеновна, кандидат географических наук, доцент, кафедра физической географии и гидрометеорологии, Ереванский государственный университет, Ереван, Армения.
E-mail: vmargaryan@ysu.am

Вершинин Дмитрий Александрович, кандидат географических наук, доцент, кафедра гидрологии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.
E-mail: daversh@rambler.ru

Geosphere Research, 2021, 1, 94–103. DOI: 10.17223/25421379/18/8

V.G. Margaryan[1], D.A. Vershinin[2]

[1]*Yerevan State University, Yerevan, Armenia*
[2]*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

MANIFESTATIONS OF CLIMATE CHANGE IN THE ICE REGIME OF THE RIVERS OF THE DEBED RIVER BASIN (ARMENIA)

Assessing of the dynamics regularity of the ice regime main characteristics on the Debed River basin rivers is an important scientific and practical issue for water management planning and implementation, water resources rational use and protection, and climate change.

The article highlighted several questions for the whole observation period, the duration of the ice phenomena period and the dates when ice phenomena onset explored. The ice phenomena observations data for the Debed River basin provided by the «Hydrometeorology and Monitoring Center» SNCO of the Ministry of Environment of the Republic of Armenia. The study carried out for 15 locations at the Debed River basin based on a long-term time series (from 1939 up to 2018).

Most of the Debed River basin rivers have unstable ice formation or do not freeze at all.

Ice phenomena on the studied rivers have diverse features due to different climatic, morphometric and hydraulic conditions. Due to the high flow rates, ice is observed only in cold winters on the deep areas for a short period. Most rivers have various ice phenomena with different scales and duration. Also, there are almost no springs and autumn ice run and ice jams, but shore ice distributed wildly. Ice phenomena on rivers largely depend on the catchments altitude. On average for the river basin, ice phenomena usually begin from the second decade of November up to the third decade of December and end from the third decade of February up to the third decade of March.

The changes dynamics in the beginning and end of ice events, the duration of ice events and ice cover at the Debed River basin assessed. Trends for two periods represented: 1966–1995 and 1996–2018. The changes in the dynamics of air and water temperatures, as well as of precipitation studied. The trend of air temperature is only positive, a more intensive increase of air temperature is observed in the period 1996–2018. The trend of water temperature and precipitation for the period 1966-1995 is negative, and for the period 1996–2018 – positive.

It was found that the current changes of the ice regime at the Debed River basin occur mainly under the influence of climate change conditions. In the context of climate change, there are shifts at the beginning of ice events to a later date, and at the end of ice events to an earlier date, which causes an ice phenomena duration reduction (especially since 1994 to 1995).

Keywords*: *ice phenomena, ice formation, freezing, climate change, Debed River basin.

References

Abdulzhalimov A.A., Ataev Z.V., Bratkov V.V. *Sovremennye klimaticheskie izmeneniya vysokogornykh landshaftov Severo-Vostochnogo Kavkaza* [Modern climate changes of high-mountain landscapes of the North-Eastern Caucasus] // *Izvestiâ Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogičeskogo universiteta. Seriâ "Estestvennye i točnye nauk.* "Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences". 2015. No 2. pp. 86–94. In Russian

Agafonova S.A., Aibulatov D.N., Frolova N.L., Kozlov D.V. *Sovremennoye izmeneniye ledovogo rezhima rek basseyna Volgi* [Modern changing ice regime of rivers Volga basin] // *Prirodoobustroystvo.* "Environmental Engineering". 2014. No 3. pp. 60–62. In Russian.

Agafonova S.A., Frolova N.L., Vasilenko A.N., Shirocova V.A. *Ledovyy rezhim i opasnyye gidrologicheskiye yavleniya na rekakh arkticheskoy zony Yevropeyskoy Territorii Rossii* [Ice regime and dangerous hydrological phenomena on rivers of the arctic zone of European Russia] // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya.* "Moscow university bulletin. Series 5. Geography". 2016. No 6. pp. 41–49. In Russian

Vartazarov S.Ya. *Ledovyy rezhim rek Armenii* [Ice regime of the rivers of Armenia] // *Izvestiya Akademii nauk Armyanskoy SSR.* "Proceedings of National Academy of Sciences of Armenia". 1946. No 8. pp. 3–24. In Russian.

Vuglinskiy V.S. *Otsenka izmeneniy kharakteristik ledovogo rezhima vodnykh ob"yektov dlya razlichnykh regionov strany v sovremennykh klimaticheskikh usloviyakh* [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. No 3. pp. 32–45. In Russian.

Gidrografiya Armyanskoy SSR [Hydrography of ASSR]. Yerevan: Academy of Sciences of ASSR, 1981. 177 p. In Armenian.

Donchenko R.V. *Ledovyy rezhim rek SSSR* [Ice regime of rivers in the USSR]. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1987: 312 p. In Russian.

Zuyev V.V., Korotkova E.M., Uymanova V.A. *Vodnyy i ledovyy rezhim reki Mayma v usloviyakh sovremennykh izmeneniy klimata (Gornyy Altay)* [Water and Ice Regime of te Mayma River (the Altay Mountains) in the Context of the Current Climate Change] *Vodnoye khozyaystvo Rossii.* "Water Sector of Russia". 5. pp. 25–39. In Russian.

Lobanov V.A., Goroshkova N.I. *Kharakteristiki ledovogo rezhima rek Respubliki Sakha (Yakutiya) i ikh klimaticheskiye izmeneniya* [Characteristics of ice regime of the rivers of the Sakha Republic (Yakutia) and their climate changes]. *Uchenyye zapiski RGGMU.* "Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University". 2019. 55. pp. 86–98. In Russian.

Margaryan V.G. *Osobennosti ledovykh yavleniy i dinamika ikh izmeneniya rek basseyna Debed (na territorii Respubliki Armeniya)* [Features of ice phenomena and its dynamics change of the rivers of Debet basin (in the territory of the Republic of Armenia)] Proceedings of the V All-Russian Conference "Ice and thermal processes on water bodies of Russia", Vladimir, October 11–14, 2016. pp. 294–301. In Russian.

Margaryan V.G. *Geologo-gidrogeologicheskoye stroyeniye i sostav pochvogrunta rechnykh basseynov kak vazhnyy faktor formirovaniya rechnogo stoka territorii (na primere rechnogo basseyna r. Debed)* [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. No 4. pp. 3–9. In Russian.

Metodicheskiye ukazaniya po vedeniyu Gosudarstvennogo vodnogo kadastra [Guidelines for maintaining the State Water Cadastre]. V. 1. Iss. 4. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1981. 80 p. In Russian.

Mnatsakanyan B.P., Tadevosyan G.P. *Klimat i vody Lori. Vanadzor* [Climate and water Lori] Vanadzor, 2007. 290 p. In Armenian.

Resursy poverkhnostnykh vod SSSR (Surface-Water Resources of the USSR]. V. 9. Iss. 1. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1969. 312 p. In Russian.

Resursy poverkhnostnykh vod SSSR [Surface-Water Resources of the USSR] V. 9. Iss. 2. Moscow: Hydrometeoizdat, 1973. 472 p. In Russian

Sumachev A. *Otsenka vozmozhnosti prognozirovaniya maksimal'nogo ledokhodnogo urovnya vody s ispol'zovaniyem maksimal'noy tolshchiny l'da na primere rek basseyna Severnoy Dviny* [Assessment of the difference in ice thickness for forecasting the maximum ice drift level of the Northern Dvina basin rivers as an example] *Uchenyye zapiski RGGMU.* "Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University". 2019. No 54. pp. 48–57. In Russian

Filatov N.N., Nazarov L.E., Georgiyev A.P., Semenov A.V., Antsiferov A.R., Ozhigina V.N., Bogdan M.I. *Izmeneniya i izmenchivost' klimata Yevropeyskogo Severa Rossii i ikh vliyaniye na vodnyye ob"yekty* [Changes and variability of climate in the European part of the Russian North and their effect on ater facilities] *Arktika: ekologiya i ekonomika.* "Arctic: ecology and economy". 2012, No 2 (6). pp. 80–93. In Russian.

Armenia's Third National Communication on Climate Change. Yerevan: Lusabats. 2015. 165 p.

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. pp. 1743–1746.

Frolova N., Agafonova S., Nesterenko D. Water and ice regimes of the rivers of European Russia under climate change // Hydroclimatology: Variability and Change (Proceedings of symposium J-H02 held during IUGG2011 in Melbourne, Australia, July 2011) (IAHS Publ. 344, 2011). pp. 63–68.

Second National Communication of the Republic of Armenia under the UNFCCC. Ministry of Nature Protection of the Republic of Armenia, UNDP/GEF Armenia 2010. Yerevan, 2010, Lusabats" Publishing House. 132 p.

Sylvén M., Reinvang R., Andersone-Lilley Ž. *Climate Change in Southern Caucasus: Impacts on nature, people and society*. WWF Norway-WWF Caucasus Programme. July, 2008

Author's:

Margaryan Varduhi G., Cand. Sci. (Geogr.), Assistant Professor, Department of Physical Geography and Hydrometeorology, Yerevan State University, Yerevan, Armenia.

E-mail: vmargaryan@ysu.am

Vershinin Dmitry A., Cand. Sci. (Geogra.), Associate Professor, Department of Hydrology, Geology and Geography Faculty, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: daversh@rambler.ru