

УДК 911.2:551.58

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНЫХ МИНИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ ВОЗДУХА В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА СЕВАН

© 2022 г. В. Г. Маргарян^а, *, Г. Д. Аветисян^б, А. Т. Саргсян^а, П. Н. Маргарян^а

^аЕреванский государственный университет, Ереван, Армения

^бУправление охраны природы аппарата мэрии Еревана, Ереван, Армения

*e-mail: vmargaryan@ysu.am

Поступила в редакцию 06.04.2020 г.

После доработки 14.12.2021 г.

Принята к публикации 15.12.2021 г.

Рассматриваются пространственно-временные изменения абсолютных минимальных температур воздуха в бассейне оз. Севан. В качестве исходного материала использованы данные ежедневных наблюдений за экстремумами температур приземного слоя воздуха на семи метеорологических станциях за период 1935–2019 гг. Выявлено, что на всех метеостанциях, действующих в настоящее время на территории бассейна, преимущественно наблюдается тенденция роста абсолютных минимальных значений температур как месячных, так и годовых. Наименьшие изменения наблюдаются в летние месяцы. Также выяснилось, что годовое число дней с температурой -20°C и ниже имеет тенденцию уменьшения, что свидетельствует о том, что на изучаемой территории отмечается процесс смягчения условий зимы. Сделан вывод, что на территории бассейна оз. Севан станет возможным выращивать более теплолюбивые сельскохозяйственные культуры, которые ранее не выращивались, и более корректно представлять климатические тренды в планах развития экономики регионов Армении.

Ключевые слова: бассейн озера Севан, абсолютная минимальная температура, временной ход, пространственное распределение, статистические характеристики

DOI: 10.31857/S2587556622020078

ВВЕДЕНИЕ

В течение трех последних десятилетий отмечается высокая скорость глобального потепления климата, которая сопровождается резким изменением количества и продолжительности опасных гидрометеорологических явлений, как в глобальном, так и в региональном масштабе, в том числе и на территории Армении. Согласно 4-му национальному сообщению по изменению климата Армении осредненная по территории средняя годовая температура за период 1929–1996 гг. повысилась более чем на 0.4°C , за период 1929–2007 гг. – на 0.85°C , а за 1929–2016 гг. суммарно изменение температуры достигло 1.23°C (Armenia's ..., 2020).

Глобальное потепление существенно сказывается на характере пространственно-временных изменений экстремальных характеристик климата. Экстремальные значения метеорологических величин показывают границы их естественной изменчивости и в значительной мере определяют степень воздействия погоды и климата на жизнедеятельность населения, его социальное и эконо-

мическое состояние. Наступивший в конце XX в. перелом в понимании значимости климата способствовал постановке новых климатических исследований. Начиная с выхода Второго доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), особое внимание стало уделяться анализу погодных и климатических экстремумов (Кочугова, 2015).

Достоверные сведения о закономерностях пространственно-временной изменчивости абсолютных экстремумов температуры воздуха необходимы для рационального функционирования многих отраслей экономики, о чем свидетельствуют результаты многочисленных исследований, проведенных в различных географических условиях (Андрейчик, Монгуш, 2013; Ашабоков и др., 2017; Перова, Подрезов, 2013; Brázdil et al., 1996; Keggenhoff et al., 2015; Sylvén et al., 2008; Unkašević and Tošić, 2009; и др.). Этим, а также отсутствием достоверных сведений о трендах экстремально низких температур воздуха в регионе и определяется актуальность статьи.

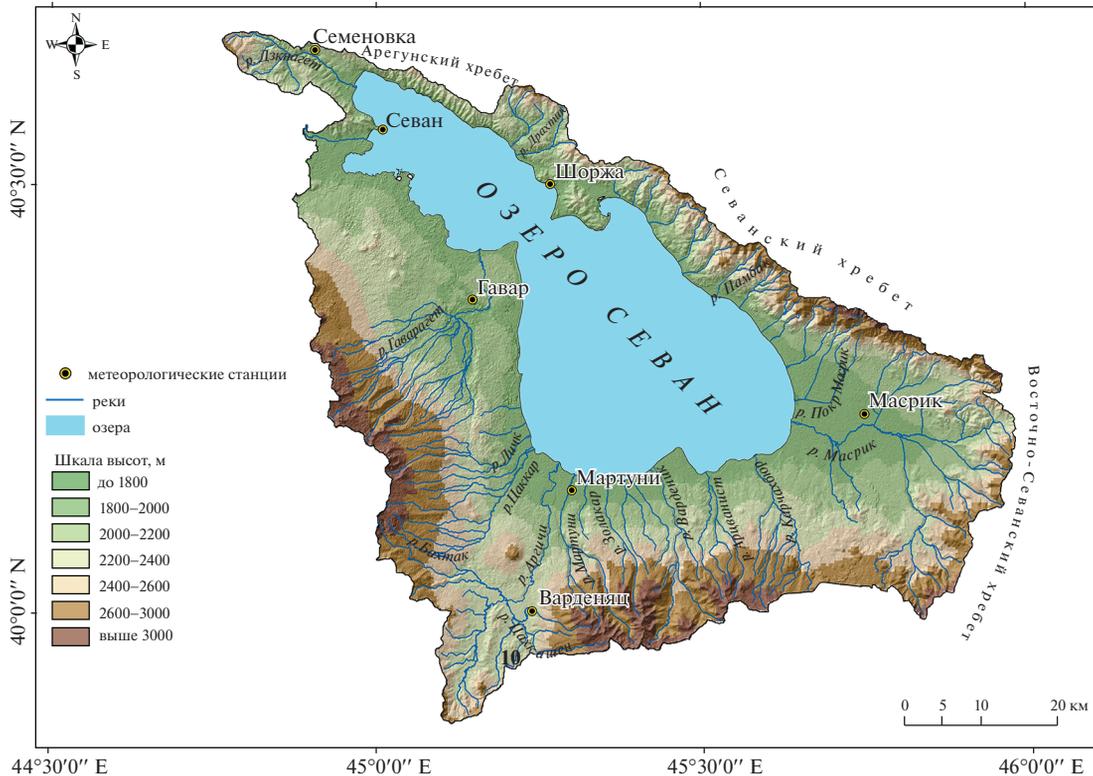


Рис. 1. Сеть метеорологических станций в бассейне оз. Севан.

К настоящему времени исследованию экстремумов температуры воздуха на территории Армении посвящена немногочисленная литература (Маргарян, 2019; Суренян, 2010; Galstyan and Vardanian, 2015; Margaryan, 2019; Margaryan and Vardanian, 2013; и др.).

Бассейн оз. Севан представляет собой окруженную со всех сторон высокими горными хребтами треугольную котловину (огромную межгорную тектоническую впадину). Исключением является северо-западная часть бассейна (около г. Севан), где водораздельная линия бассейна снижается до уровня озера и берет начало единственная вытекающая из озера река – Раздан (рис. 1).

Исследуемый водосбор расположен в центральной и восточной частях Армении в пределах высот от 1900–3600 м над ур. м. и простирается с северо-запада на юго-восток. Площадь бассейна 4891 км² (около 1/6 территории республики). Дно котловины занимает оз. Севан – стратегическое хранилище пресных вод Армении. В результате длительного и интенсивного использования водных запасов озера значительно снизился его уровень (с 1934 по 2002 г. – 18,5 м), что привело к резким изменениям природных условий (климатических, гидрологических, биологических и т.д.)

озера и всего бассейна, к нарушению экологического баланса.

Климат бассейна оз. Севан умеренный континентальный с хорошо выраженной вертикальной зональностью (Багдасарян, 1958). Климат прибрежной зоны озера (до высот 2100 м над ур. м.) сравнительно мягкий, на высотах более 2100–3000 м климат характеризуется коротким летом и холодной зимой.

Цель работы заключается в изучении и выявлении особенностей пространственно-временного распределения абсолютных минимальных температур воздуха в бассейне оз. Севан.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ФАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

В качестве исходного материала использованы данные о минимальной суточной температуре приземного воздуха на семи метеорологических станциях бассейна оз. Севан (см. рис. 1), имеющих длительный ряд наблюдений. Данные хранятся в архивах “Центра гидрометеорологии и мониторинга” ГНКО Министерства окружающей среды Республики Армения. Используемые в работе данные охватывают период с 1935 по 2019 г.

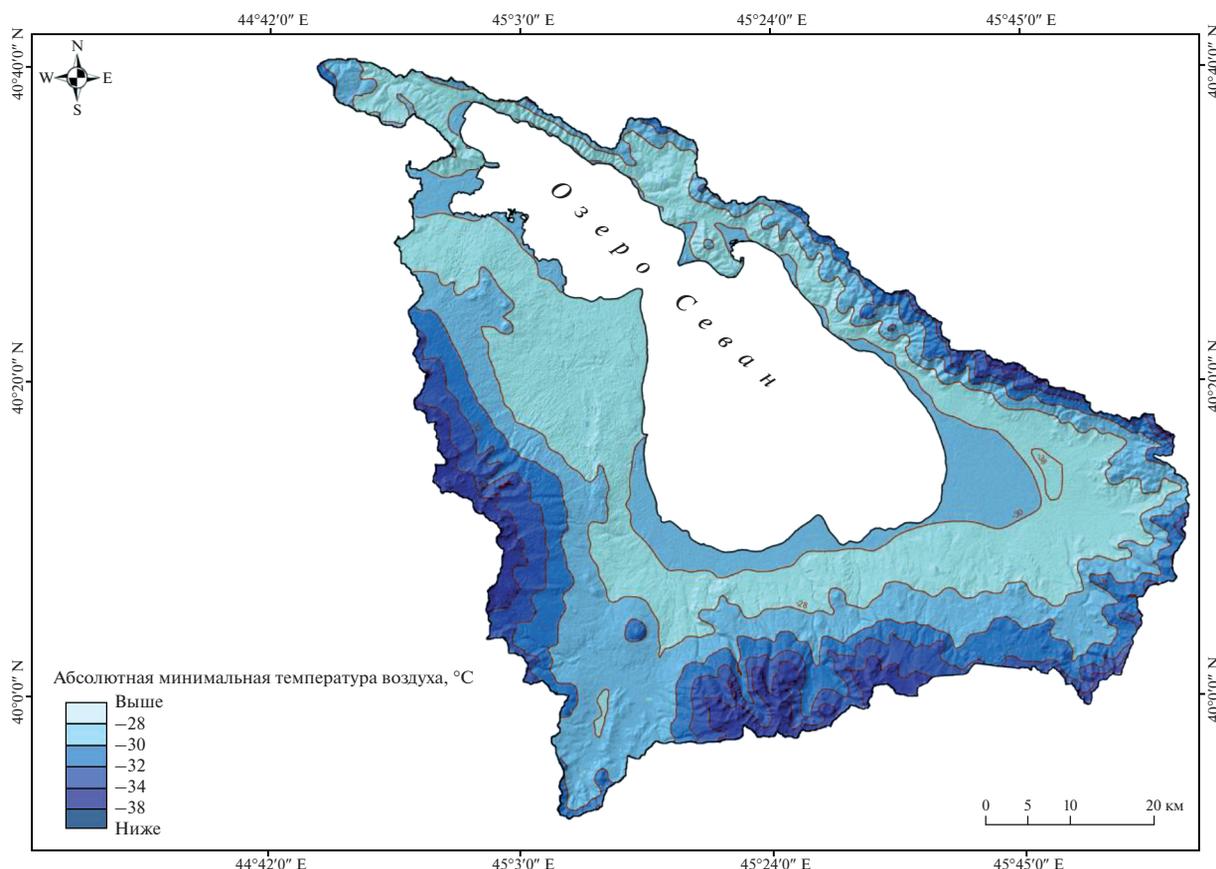


Рис. 2. Пространственное распределение абсолютных минимальных температур воздуха в бассейне оз. Севан.

Теоретической основой исследования явились литературные данные (Ашабоков и др., 2017; Густокашина, Максютова, 2006; Jaagus et al., 2014; Tuomenvirta et al., 2000; и др.). В качестве методологической основы применены математико-статистический, экстраполяционный, аналитический, корреляционный, картографический и другие методы исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Разнообразие рельефа, характер подстилающей поверхности (в особенности водной поверхности озера), локальная и общая циркуляция атмосферы способствуют формированию сложного температурного поля территории бассейна оз. Севан (рис. 2).

На большинстве метеорологических станций (за исключением Гавара, Варденяца) абсолютная минимальная температура зарегистрирована в 1972 г. На изученной территории, так же, как и на всей территории Армении, сильные морозы формируются под воздействием барических полей Скандинавского антициклона, антициклона Ка-

ра, Сибирского антициклона и местного антициклона (Margarjan, 2019). Критерии суровости морозов в разных местах республики разные: в долинных районах -20.0°C и ниже, в предгорных районах -32.0°C и ниже, в горных районах -35.0°C и ниже.

Низкие температуры преимущественно наблюдаются в котловинах (например, в Гаваре -33.0°C), а также на равнинах, окруженных горами, имеющими крутые склоны (например, в Масрике -38.1°C). Сравнительно более высокие значения температур наблюдаются в северо-западных частях бассейна (Семеновка -26.3°C) (табл. 1).

Зимой в долинах и котловинах в результате накопления холодного воздуха довольно часто наблюдаются инверсии. Это четко видно по данным многолетних наблюдений, представленных в табл. 1. Так, на метеорологической станции Масрик (1940 м над ур. м.), которая находится на 160 м ниже, чем метеостанция Семеновка (2104 м над ур. м.) и на 400 м ниже станции Варденяц (2334 м), зарегистрированы более низкие значения минимальных температур воздуха. Разница

Таблица 1. Месячные значения абсолютных минимальных температур воздуха (°С) за 1938–2018 гг. в бассейне оз. Севан (*1938–1994 гг.)

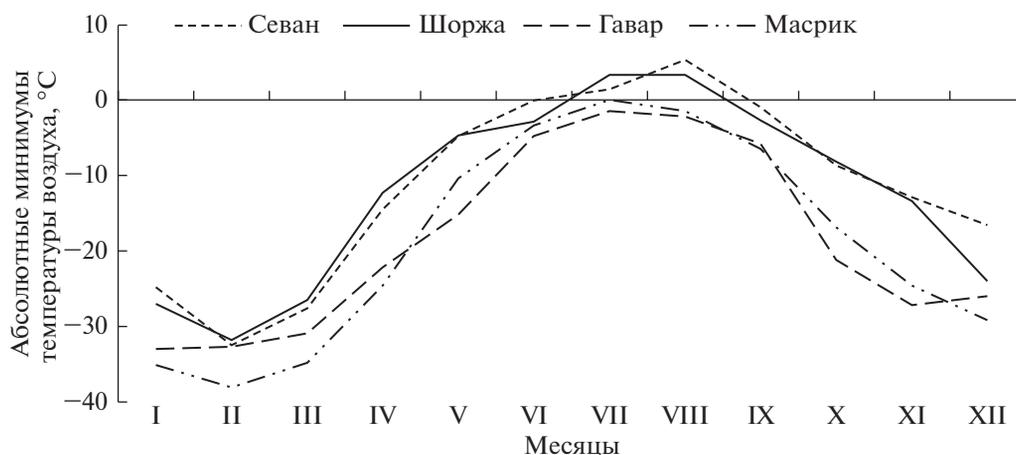
Метеорологическая станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Семеновка	–24.8	–26.3	–24.1	–18.3	–10.0	–4.7	0.7	–0.1	–6.5	–12.2	–18.6	–21.7	–26.3
Севан	–24.8	–32.5	–27.6	–14.5	–4.8	–0.1	1.4	5.3	–1.0	–8.7	–12.9	–16.6	–32.5
Шоржа	–27.0	–31.8	–26.5	–12.3	–4.7	–2.9	3.3	3.3	–2.7	–8.2	–13.4	–24.0	–31.8
Гавар	–33.0	–32.7	–30.9	–22.2	–15.2	–4.8	–1.5	–2.2	–5.8	–21.2	–27.2	–26.0	–33.0
Масрик	–35.1	–38.1	–34.8	–24.6	–10.4	–3.4	0.0	–1.5	–6.5	–16.9	–24.6	–29.2	–38.1
Мартуни	–28.4	–31.7	–27.4	–17.6	–10.0	–4.1	–0.1	2.0	–4.2	–12.1	–16.6	–21.0	–31.7
Варденяц*	–30.0	–29.2	–26.8	–21.6	–11.8	–4.8	–1.2	–2.0	–7.5	–15.8	–21.8	–26.2	–30.0

между температурами на станции Масрик и Семеновка составляет 12.0°С, а между станциями Масрик и Варденяц – 8.0°С. Это обусловлено тем обстоятельством, что метеостанция Масрик находится на низменной части одноименной местности, и здесь в холодное время года очень часто наблюдается температурная инверсия, что часто повторяется также в других котловинах бассейна Севан.

В бассейне наблюдается хорошо выраженный годовой ход экстремальных значений температуры воздуха (рис. 3) с одним максимумом и одним минимумом. Обычно наибольшие значения абсолютных минимальных температур воздуха наблюдаются в июле–августе, наименьшие значения – в декабре–январе. Однако, в отличие от других районов республики, в бассейне оз. Севан

в феврале так же холодно, как и в январе. Это объясняется тем, что озеро, расходуя скрытые запасы тепла, уже не оказывает ощутимого смягчающего влияния на окружающую среду. В добавок к этому и понижение уровня озера на 18.5 м. В результате в суровые зимы в отдельных районах бассейна средние месячные абсолютные минимальные температуры воздуха наблюдаются в феврале, редко – в марте.

Абсолютные минимальные температуры приземного слоя воздуха на территории бассейна оз. Севан, за исключением некоторых станций (Семеновка, Севан, Шоржа), во все месяцы года (даже в июле–августе) отрицательны. А это значит, что на изучаемой территории даже в летние месяцы есть опасность заморозков и в случае их на-

**Рис. 3.** Годовой ход абсолютных минимумов температуры воздуха (°С) в бассейне оз. Севан.

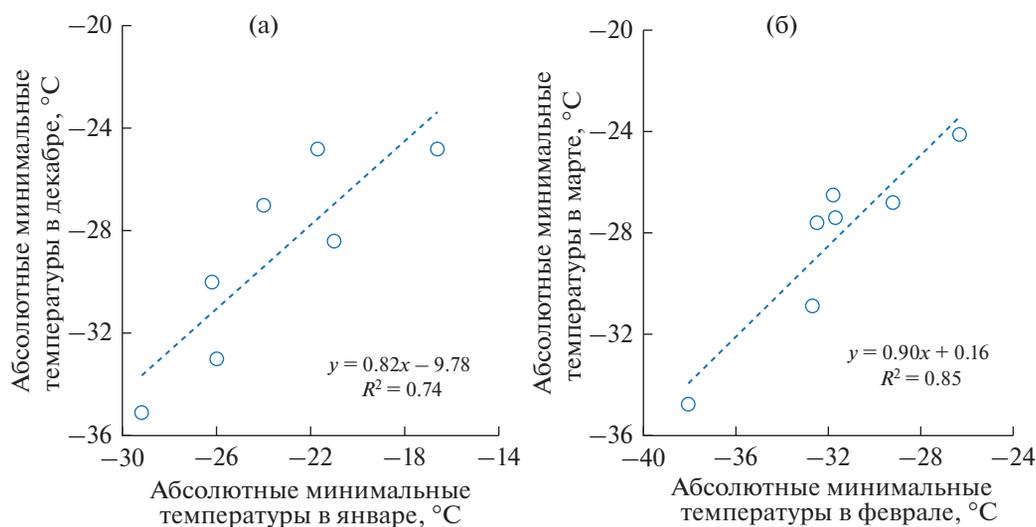


Рис. 4. Корреляционная связь между месячными абсолютными минимальными температурами воздуха в бассейне оз. Севан.

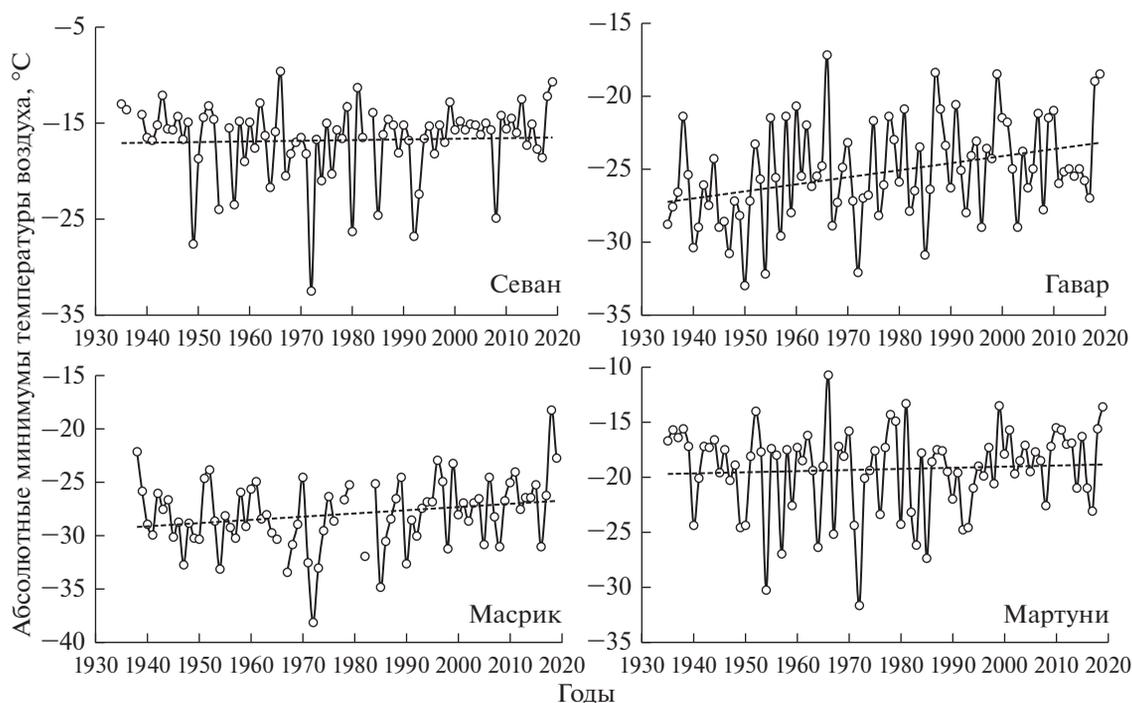


Рис. 5. Временной ход абсолютной минимальной температуры воздуха с линией тренда.

блюдения нужно предпринять необходимые меры борьбы.

Установлена корреляционная связь и получены уравнения регрессии между месячными значениями абсолютной минимальной температуры воздуха за различные месяцы холодного периода года (рис. 4). Согласно коэффициентам ковариации

вклад температуры предыдущего месяца в формирование температурного режима последующего месяца превышает 70%. Это позволяет уравнения регрессии использовать в прогностических целях.

На рис. 5 представлен временной ход абсолютных минимальных температур воздуха в бассейне оз. Севан за 1935–2019 гг., а в табл. 2 и 3 представ-

Таблица 2. Уравнения линейных трендов и характеристики изменений годовых абсолютных минимальных температур за 1935–2019 гг.

Станция	Уравнение линейного тренда	Скорость изменения температуры (°C/10 лет)	Изменение температуры	Стандартные ошибки	Автокорреляция	Средне-квадратические отклонения	Коэффициент вариации	Обеспеченность, %	
								5	95
Севан	$y = 0.002x - 20.0$	+0.02	+0.2	0.45	0.02	3.80	0.23	-10.4	-23.3
Гавар	$y = 0.048x - 121$	+0.48	+4.1	-0.22	0.11	3.28	0.13	-18.6	-30.9
Масрик	$y = 0.021x - 68.9$	+0.21	+1.8	0.41	0.18	3.00	0.11	-22.5	-32.0
Мартуни	$y = 0.012x - 43.7$	+0.12	+1.0	0.44	0.03	3.83	0.20	-12.7	-25.8

Таблица 3. Уравнения линейных трендов и статистических характеристик годовых абсолютных минимальных температур в разные периоды

Метеостанция	Период наблюдений	Уравнение линейного тренда	Коэффициент корреляции, R	Статистическая характеристика			
				скорость изменения температуры (°C/10 лет)	изменение температуры	средне-квадратическое отклонение	коэффициент вариации
Севан	1935–1966	$y = -0.061x + 103$	0.17	-0.61	-1.9	3.58	0.22
	1967–1994	$y = 0.089x - 194$	0.14	+0.89	+2.5	4.55	0.25
	1995–2018	$y = 0.055x - 126$	0.14	+0.55	+1.4	2.42	0.15
Гавар	1935–1966	$y = 0.146x - 312$	0.39	+1.46	+4.7	3.48	0.13
	1967–1994	$y = 0.119x - 261$	0.30	+1.19	+3.3	3.19	0.13
	1995–2018	$y = 0.034x - 93.0$	0.10	+0.34	+0.8	2.71	0.11
Масрик	1935–1966	$y = -0.036x + 41.5$	0.14	-0.36	-1.1	2.37	0.08
	1967–1994	$y = 0.106x - 238$	0.26	+1.06	+3.0	3.24	0.11
	1995–2018	$y = 0.085x - 198$	0.20	+0.85	+2.1	2.84	0.11
Мартуни	1935–1966	$y = -0.057x + 92.4$	0.14	-0.57	-1.8	4.02	0.21
	1967–1994	$y = -0.031x + 41.3$	0.10	-0.31	-0.9	4.31	0.21
	1995–2018	$y = 0.022x - 61.9$	0.10	+0.22	+0.6	2.30	0.13

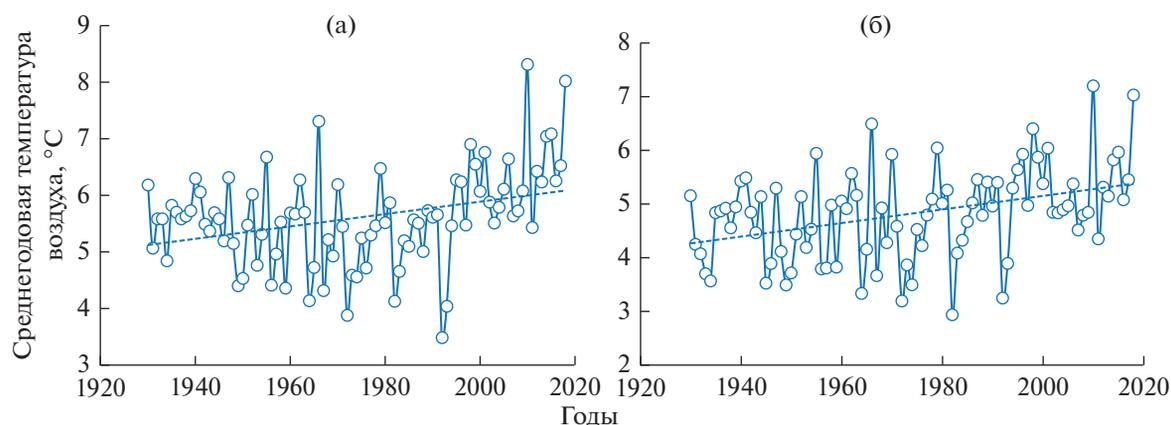


Рис. 6. Изменение среднегодовых температур воздуха для метеостанций, расположенных в бассейне оз. Севан: (а) Севан; (б) Гавар.

лены характеристики изменения температуры воздуха за различные периоды временного осреднения.

Из результатов анализа многолетних данных следует, что абсолютные минимальные температуры преимущественно проявляют тенденцию роста (рис. 5). Скорость изменения (коэффициент линейного тренда) наибольшая для метеостанции Гавар ($0.48^{\circ}\text{C}/10$ лет) и Масрик ($0.21^{\circ}\text{C}/10$ лет) (см. табл. 2). Показатели этих же метеостанций характеризуются и большой межгодовой изменчивостью абсолютных минимальных температур воздуха. Диапазон колебаний годовых абсолютных минимальных температур для Гавара составил 15.8°C с максимумом -17.2°C (31/12/1966 г.) и минимумом -33.0°C (16/01/1950 г.).

Положительные тренды абсолютных минимальных температур воздуха были получены нами ранее также для других районов Армении – Гюмри (Margaryan, 2019; Margaryan and Simonyan, 2015), в пределах Араратской равнины и ее предгорной зоны (Маргарян, 2019; Маргарян, Самвелян, 2019), Сюникского марза (Margaryan and Vardanian, 2013). Повышение абсолютных минимальных температур отмечено также в других районах Земли: Улуг-Хемская котловина Республики Тыва (Андрейчик, Монгуш, 2013), юг Европейской территории России (Ашабоков и др., 2017; Перова, Подрезов, 2013; Подрезов, Подрезов, 2018), Центральная и Юго-Восточная Европа (Brázdil et al., 1996), Белград (Unkašević, Tošić, 2009), Южный Кавказ (Sylvén et al., 2008), Грузия (Keggenhoff, 2015) и т.д.

На изучаемой территории с 1935 по 2019 г. абсолютные минимальные температуры повысились на 0.2 – 4.1°C (см. табл. 2). Значительный рост зарегистрирован в Гаваре (4.1°C) и Масрике (1.8°C). Эта свидетельствует о том, что на изучаемой

территории отмечается смягчение зим, т.е. зимние условия становятся термически более мягкими, хотя и не исключены периоды с аномально низкими температурами. Аналогичный процесс наблюдается и в Прибайкалье (Кочугова, 2015), на востоке, в северной и центральной частях Европейской территории России (Shmakin and Porova, 2006) и в других районах. Так, изменения экстремальных климатических явлений показывают тенденцию к смягчению климата и на севере Евразии в конце XX в., преимущественно зимой. В то же время безморозный период существенно уменьшился на востоке, северной и центральной частях европейской части России (Shmakin and Porova, 2006).

Согласно табл. 3 за период 1995–2019 гг. на всех метеостанциях отмечается положительный тренд изменения температуры; тренд отрицателен – за 1935–1966 гг. на метеостанциях Севан, Масрик, Мартуни и за 1967–1994 гг. на метеостанции Мартуни. Наиболее существенно температура возросла в Гаваре за 1935–1966 и 1967–1994 гг. – до 3.3 – 4.7°C , а уменьшалась на метеостанциях Севан и Мартуни за 1935–1966 гг. – до 1.8 – 2.0°C (см. табл. 3). Это еще раз свидетельствует о том, что на изучаемой территории повышение абсолютных минимальных температур обусловлено изменением климата за последние два–три десятилетия.

Анализ линий трендов месячных абсолютных минимальных температур воздуха за периоды наблюдений показывает, что на всех действующих в настоящее время метеостанциях наблюдается тенденция роста температуры. Самые незначительные временные изменения абсолютных минимальных температур воздуха наблюдаются в летние месяцы. Так, согласно данным наблюдений метеостанции Гавар для центральных меся-

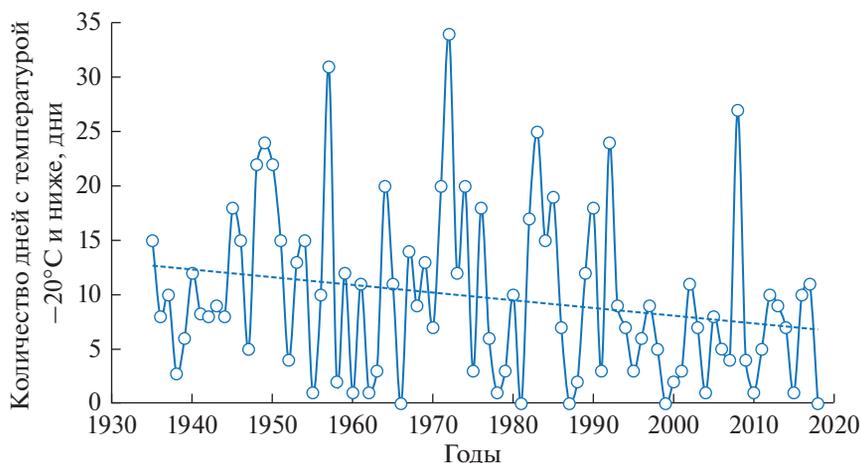


Рис. 7. Временной ход годового количества дней с температурой -20°C и ниже. Метеостанция Гавар.

цев сезона коэффициент линейного тренда имеет следующие значения: январь: $+0.48^{\circ}\text{C}/10$ лет, апрель: $+0.32^{\circ}\text{C}/10$ лет, июль: $+0.29^{\circ}\text{C}/10$ лет, октябрь: $+0.37^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Характер изменения абсолютной минимальной температуры воздуха хорошо отражается на изменении среднегодовых температур воздуха и объясняется процессом глобального потепления (рис. 6).

Процесс глобального потепления хорошо отражается и на многолетнем изменении числа дней с температурой -20°C и ниже (рис. 7). Такие тенденции получены также и в других районах (Титкова и др., 2018; Avotniece et al., 2012; Avotniece et al., 2010). Понижение температуры воздуха до -30°C и ниже наиболее часто отмечается на севере Западной Сибири, реже – в Томской области (Харюткина и др., 2019).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований получены следующие выводы.

Абсолютные минимальные температуры воздуха в бассейне оз. Севан обусловлены характером подстилающей поверхности и особенностями циркуляции атмосферы. Они изменяются в пределах от -26.3°C (Семеновка) до -38.1°C (Масрик). Характерной для бассейна является инверсия температур, поэтому наименьшие значения температуры наблюдаются не в высокогорных зонах, а в котловинах, куда смещается холодный воздух по склону.

Абсолютные минимальные температуры воздуха на значительной территории могут быть отрицательными во все месяцы года (даже в июле–августе). На большинстве метеорологических станций абсолютная минимальная температура зарегистрирована в 1972 г.

Среднеквадратические отклонения температуры за 1935–2019 гг. составляют 3.00–3.83, а коэффициент вариации – 0.11–0.23.

Тренд годовых и месячных абсолютных минимальных температур воздуха, а также годового количества дней с температурами -20°C и ниже положителен. Наименьшие изменения абсолютных минимальных температур наблюдаются в летние месяцы.

Скорость изменения абсолютных минимальных температур воздуха в бассейне составляет от $+0.02^{\circ}\text{C}/10$ лет до $+0.48^{\circ}\text{C}/10$ лет. За весь период инструментальных наблюдений (более 80 лет) абсолютная минимальная температура воздуха увеличилась от 0.2°C до 4.1°C за год. Изменения наиболее значительны за 1995–2019 гг. (от 0.6 до 2.1°C).

Полученные результаты могут быть использованы для эффективного планирования энергетики, сельского хозяйства и других отраслей экономики, а также для обеспечения естественной жизнедеятельности человека, в стратегических программах перспективного развития регионов Армении.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены при финансовой поддержке Комитета по науке Республики Армения в рамках научного проекта 21Т-1Е215 “Гидроэкологическая оценка характеристик зимнего меженного стока рек, впадающих в озеро Севан”.

FUNDING

The work was supported by the Science Committee of RA, in the frames of the research project 21T-1E215 “Hydro-ecological assessment of winter low water period discharge characteristics of Lake Sevan basin rivers.”

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андрейчик М.Ф., Монгуш Л.Д. Динамика экстремумов температуры воздуха на фоне потепления в Улуг-Хемской котловине Республики Тыва // Вестн. КрасГАУ. 2013. № 8. С. 94–96.
- Ашабоков Б.А., Ташилова А.А., Кешева Л.А., Теунова Н.В., Таубекова З.А. Климатические изменения средних значений и экстремумов приповерхностной температуры воздуха на юге европейской территории России // Фундаментальная и прикладная климатология. 2017. Т. 1. С. 5–19.
- Багдасарян А.Б. Климат Армянской ССР. Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1958. 151 с.
- Густокашина Н.Н., Максютова Е.В. Изменение температурных экстремумов на территории Предбайкалья // Вычислительные технологии. 2006. Т. 11. Спец. вып. С. 83–87.
- Кочугова Е.А. Изменчивость зимних минимальных температур воздуха в Предбайкалье // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. “Науки о Земле”. 2015. Т. 13. С. 98–110.
- Маргарян В.Г. Тренды изменения экстремальных температур приземного слоя воздуха в пределах Араратской равнины и ее предгорной зоны // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 2019. № 2. С. 103–107.
- Маргарян В.Г., Самвелян Н.И. Закономерности пространственно-временного изменения экстремальных температур приземного слоя атмосферы и их воздействие на ландшафтную структуру Араратской котловины // Вест. ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2019. № 4. С. 15–22.
- Перова М.В., Подрезов О.А. Режим температуры воздуха в холодное полугодие и климатические параметры отопительного периода на территории Северного, Северо-западного Кыргызстана. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2013. 181 с.
- Подрезов О.А., Подрезов А.О. Современное потепление климата Северного и Северо-западного Кыргызстана в поле абсолютных минимальных температур // Вестн. КРСУ. 2018. Т. 18. № 4. С. 180–187.
- Суренян Г.Г. Синоптический анализ барических полей, формирующих погодно-климатические условия Республики Армения: Дисс. ... канд. геогр. наук. Ереван, 2010. 145 с. (На армянском яз.).
- Титкова Т.Б., Черенкова Е.А., Семенов В.А. Региональные особенности изменения зимних экстремальных температур и осадков на территории России в 1970–2015 гг. // Лёд и Снег. 2018. Т. 58. № 4. С. 486–497.
- Харюткина Е.В., Логинов С.В., Усова Е.И., Мартынова Ю.В., Пустовалов К.Н. Тенденции изменения экстремальности климата Западной Сибири в конце XX – начале XXI веков // Фундаментальная и прикладная климатология. 2019. Т. 2. С. 45–65.
- Armenia’s fourth national communication on climate change. 2020. 213 p.
- Avotniece Z., Klavins M., Rodinovs V. Changes of Extreme Climate Events in Latvia // Environ. and Climate Technol. 2012. № 9. P. 4–11.
- Avotniece Z., Rodinov V., Lizuma L., Briede A., Kļaviņš M. Trends in the frequency of extreme climate events in Latvia // Baltica. 2010. Vol. 23. № 2. P. 135–148.
- Brázdil R., Budíková M., Auer I. et al. Trends of Maximum and Minimum Daily Temperatures in Central and Southeastern Europe // Int. J. Climatol. 1996. Vol. 16. Iss. 7. P. 765–782.
- Galstyan H., Vardanian T. Long term variability of extreme temperature in Armenia on the context of a changing climate // Problems of economic activity in conditions of climate change. Collection of scientific articles of the International Scientific Conference (Minsk, 5–8 May), 2015. P. 102–104.
- Jaagus J., Briede A., Rimkus E., Remm K. Variability and trends in daily minimum and maximum temperatures and in the diurnal temperature range in Lithuania, Latvia and Estonia in 1951–2010 // Theor. and Applied Climatol. 2014. Vol. 118. Iss. 1–2. P. 57–68.
- 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. P. 34–45.
- Margaryan V.G. Assessment of climatic trend of air temperature at the earth surface in the context of stable development (case of Gyumri city) // Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Ser. “Geology. Geography. Ecology”. 2019. № 50. P. 125–135.
- Margaryan V.G., Simonyan L.M. Estimation of dynamics change of average and extreme annual values of atmospheric air temperature of ground layer of Gyumri // ICUC9 – 9th Intern. Conf. on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment. Toulouse, July 20–24, 2015.
- Margaryan V.G., Vardanian T.G. The estimation of extremal temperatures of atmospheric air in Armenia (on the pattern of Synik marz) // Technological processing and information control of environmental protection of administrative region. The second international conference Programm & abstracts (22–24 October 2013, Yerevan, Armenia). Yerevan, 2013. 22 p.
- Shmakina A.B., Popova V.V. Dynamics of climate extremes in northern Eurasia in the late 20th century // Izv. RAS. Atmospheric and Oceanic Physics. 2006. Vol. 42. № 2. P. 138–147.
- 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. 42 p.
- Tuomenvirta H., Alexandersson H., Drebs A., Frich P., Nordli P. Trends in Nordic and Arctic temperature extremes and ranges // J. Climate. 2000. Vol. 13. № 5. P. 977–990.
- Unkašević M., Tošić I. Changes in the Extreme Daily Winter and Summer Temperatures at Belgrade // Theor. and Applied Climatol. 2009. Vol. 95. Iss. 1–2. P. 27–38.

Regularities of Spatio-Temporal Distribution of Absolute Minimum Temperatures of Surface Air Layer in Lake Sevan Basin

V. G. Margaryan^{1, *}, G. D. Avetisyan², A. T. Cargsyan¹, and P. N. Margaryan¹

¹Yerevan State University, Yerevan, Armenia

²Department of Nature Protection of Municipality of Yerevan, Yerevan, Armenia

*e-mail: vmargaryan@ysu.am

The features of the spatio-temporal changes in the absolute minimum air temperatures in the basin of Lake Sevan are considered. The data of daily observations of the extremes of the minimum temperatures of the surface air layer at seven meteorological stations for the period 1935–2019 were used as the initial material. It was found that at all meteorological stations currently operating on the territory of the Lake Sevan basin, a tendency of an increase in the absolute minimum temperatures of both monthly and annual values is mainly observed. Moreover, the smallest changes are observed in the summer months. It was also found that in the Lake Sevan basin, the annual number of days with a temperature of -20°C and below tends to decrease. This natural dynamics testifies to the fact that in the studied area in terms of temperatures, a softening of winters is recorded. As a result, it turns out that on the territory of the Lake Sevan basin it is possible to grow more thermophilic agricultural crops that have not been grown before.

Keywords: Lake Sevan basin, absolute minimum temperature, time course, spatial distribution, statistical characteristics

REFERENCES

- Andreichik M.F., Mongush L.D.-N. Air temperature extrema dynamics on the background of climate warming in Ulug-Khem basin of the Tyva Republic. *Vestn. KrasGAU*, 2013, no. 8, pp. 94–96. (In Russ.).
- Armenia's Fourth National Communication on Climate Change. 2020. 213 p.
- Ashabokov B.A., Tashilova A.A., Kesheva L.A., Teunova N.V., Taubekova Z.A. Climatic changes of mean and extreme values of surface air temperature in the south of European Russia. *Fundamental'naya i Prikladnaya Klimatologiya*, 2017, vol. 1, pp. 5–19. (In Russ.).
- Avotniece Z., Klavins M., Rodinovs V. Changes of extreme climate events in Latvia. *Environ. Clim. Technol.*, 2012, no. 9, pp. 4–11.
- Avotniece Z., Rodinovs V., Lizuma L., Briede A., Kļaviņš M. Trends in the frequency of extreme climate events in Latvia. *Baltica*, 2010, vol. 23, no. 2, pp. 135–148.
- Baghdasaryan A.B. *Klimat Armyanskoi SSR* [The Climate of Armenian SSR]. Yerevan: Akad. Nauk ArmSSR, 1958. 151 p.
- Brázdil R., Budíková M., Auer I. et al. Trends of maximum and minimum daily temperatures in Central and Southeastern Europe. *Int. J. Climatol.*, 1996, vol. 16, no. 7, pp. 765–782.
- Galstyan H., Vardanian T. Long term variability of extreme temperature in Armenia on the context of a changing climate. In *Hydrometeorological Security Problems of Economic Activity in Conditions of Climate Change*. Coll. Sci. Articles Int. Sci. Conf., 5–8 May, 2015. Minsk, pp. 102–104.
- Gustokashina N.N., Maksyutova E.V. Change of temperature extrema on the territory of Prebaikalia. *Vychislitel'nye Tekhnologii*, 2006, vol. 11, pp. 83–87. (In Russ.).
- Jaagus J., Briede A., Rimkus E., Remm K. Variability and trends in daily minimum and maximum temperatures and in the diurnal temperature range in Lithuania, Latvia and Estonia in 1951–2010. *Theor. Appl. Climatol.*, 2014, vol. 118, no. 1, pp. 57–68.
- Keggenhoff I., Elizbarashvili M., King L. Recent changes in Georgia's temperature means and extremes: Annual and seasonal trends between 1961 and 2010. *Weather Clim. Extremes*, 2015, no. 8, pp. 34–45.
- Kharyutkina E.V., Loginov S.V., Usova E.I., Martynova Yu.V., Pustovalov K.N. Tendencies in changes of climate extremality in Western Siberia at the end of the XX century and the beginning of the XXI century. *Fundamental'naya i Prikladnaya Klimatologiya*, 2019, vol. 2, pp. 45–65. (In Russ.).
- Kochugova E.A. Variability of winter minimum temperatures at Predbaikalie. *Izv. Irkutsk. Gos. Univ., Ser. Nauki o Zemle*, 2015, vol. 13, pp. 98–110. (In Russ.).
- Margaryan V.G. Assessment of climatic trend of air temperature at the earth surface in the context of stable development (case of Gyumri city). *Visnik Kharkiv. Natsional'nogo Univ. im. V.N. Karazina, Ser. Geol. Geogr. Ekol.*, 2019, vol. 50, pp. 125–135.
- Margaryan V.G. Trends of extreme temperatures of the surface air layer within the Ararat plain and its foothill zone. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2019, no. 2, pp. 103–107. (In Russ.).
- Margaryan V.G., Samvelyan N.I. The regularities of spatial and temporal change of extremal temperatures of earth layer of atmosphere and its influence on the environment Ararat valley hollow. *Vestn. Voronezh. Gos. Univ., Ser. Geogr. Geoekol.*, 2019, no. 4, pp. 15–22. (In Russ.).
- Margaryan V.G., Simonyan L.M. Estimation of dynamics change of average and extreme annual values of atmospheric air temperature of ground layer of Gyumri. *ICUC9 – 9th Int. Conf. on Urban Climate jointly with 12th Symp. on the Urban Environment*. Toulouse, July 20–24, 2015. 2015, vol. 24.
- Margaryan V.G., Vardanian T.G. The estimation of extremal temperatures of atmospheric air in Armenia (on

- the pattern of Synik marz). In *Technological Processing and Information Control of Environmental Protection of Administrative Region*. 2nd Int. Conf., 22–24 October 2013, Yerevan. Armenia, Yerevan, 2013. 22 p.
- Perova M.V., Podrezov O.A. *Rezhim temperatury vozdukhа v kholodnoe polugodie i klimaticheskie parametry otopitel'nogo perioda na territorii severnogo, severo-zapadnogo Kyrgyzstana* [The Air Temperature Mode in the Cold Half-year and Climatic Parameters of the Heating Period in the Territory of Northern and North-Western Kyrgyzstan]. Bishkek: KRSU, 2013. 181 p.
- Podrezov O.A., Podrezov A.O. Modern climate warming of the Northern and North-Western Kyrgyzstan in the field of the absolute minimum temperatures. *Vestn. KR-SU*, vol. 18, no. 4, pp. 180–187. (In Russ.).
- Shmakin A.B., Popova V.V. Dynamics of climate extremes in northern Eurasia in the late 20th century. *Izv. Atmospheric and Oceanic Physics*, 2006, vol. 42, no. 2, pp. 138–147.
- Surenyan G.G. Synoptic analysis of baric fields forming the climatic conditions of the Republic of Armenia. *Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Erevan, 2010. 145 p. (In Armenian).
- 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.
- Titkova T.B., Cherenkova E.A., Semenov V.A. Regional features of changes in winter extreme temperatures and precipitation in Russia in 1970–2015. *Led i Sneg*, 2018, vol. 58, no. 4, pp. 486–497. (In Russ.).
- Tuomenvirta H., Alexandersson H., Drebs A., Frich P., Nordli P. Trends in Nordic and Arctic temperature extremes and ranges. *J. Clim.*, 2000, vol. 13, no. 5, pp. 977–990.
- Unkašević M., Tošić I. Changes in the extreme daily winter and summer temperatures at Belgrade. *Theor. Appl. Climatol.*, 2009, vol. 95, no. 1, pp. 27–38.