

---

---

## ТРЕНДЫ ТЕПЛОБЕСПЕЧЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ ЗА ПЕРИОД С 1993 ПО 2019 гг.

© 2022 г. В. Г. Маргарян<sup>a, \*</sup>, Е. В. Гайдукова<sup>b, \*\*</sup>

<sup>a</sup>Ереванский государственный университет, Ереван, Армения

<sup>b</sup>Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия

\*E-mail: vmargaryan@ysu.am

\*\*E-mail: oderiut@mail.ru

Поступила в редакцию 19.12.2020 г.

После доработки 02.12.2021 г.

Принята к публикации 15.01.2022 г.

В работе рассмотрена теплообеспеченность сельскохозяйственных культур, выражаемой суммой температур воздуха выше 10°C, на территории Араратской долины и ее предгорной зоны, выявлены закономерности колебаний теплообеспеченности. Используются ежедневные данные наблюдений 9 метеорологических станций на изучаемой территории. Выявлено, что на рассматриваемой территории теплообеспеченность распределена неравномерно и уменьшается с высотой, изменяясь в пределах от 4468°C до 2971°C с вертикальным градиентом 174°C/100 м. В межгодовом ходе отмечается тенденция повышения теплообеспеченности с 1993 по 2019 гг. в среднем на 380°C. Условия теплообеспеченности региона становятся благоприятнее для роста и развития теплолюбивых сортов сельскохозяйственных культур.

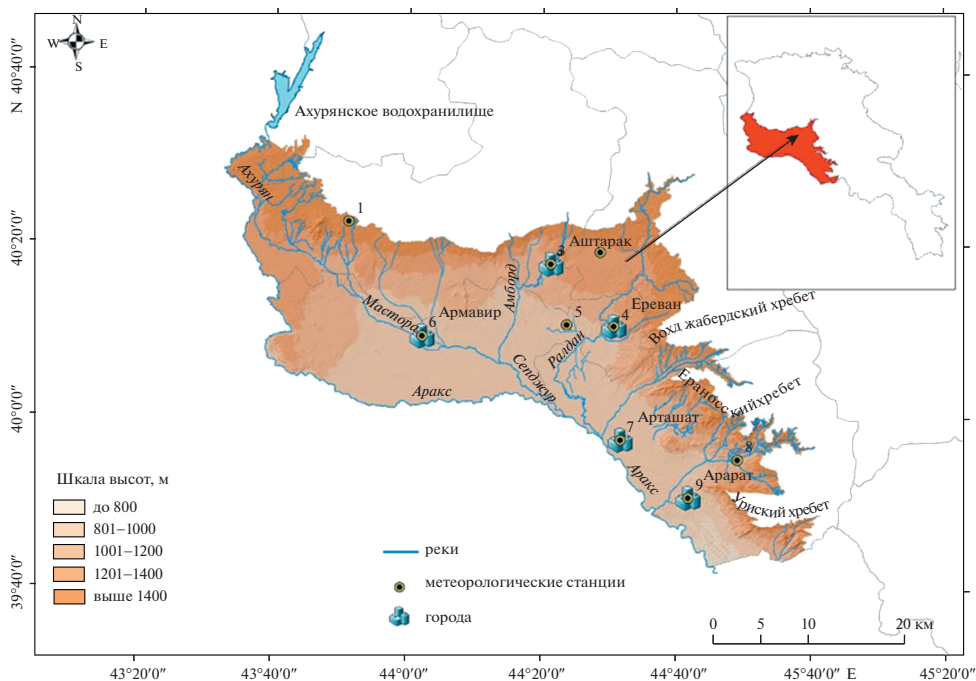
*Ключевые слова:* Араратская долина и предгорная зона, теплообеспеченность, многолетнее изменение, тренд, изменчивость, гидротермический коэффициент Селянинова

DOI: 10.31857/S0869607122010074

### ВВЕДЕНИЕ

Теплообеспеченность сельскохозяйственных культур – это количественная характеристика соответствия термических ресурсов потребности сельскохозяйственных растений в тепле. Термические ресурсы климата и потребность растений в тепле обычно выражаются средней многолетней суммой среднесуточных температур воздуха, имеющих значение больше +10°C ( $\sum t > 10^\circ\text{C}$ ) – то есть суммой активных температур за период от посева до созревания сельскохозяйственной культуры. От продолжительности этого периода и обеспеченности его теплом зависят качество, рост и развитие выращиваемых культур, степень их вызревания и урожайность [13]. Поэтому знание тенденций территориального распределения теплообеспеченности выступает важным основанием для оценки реакции сельскохозяйственных культур на изменение климатических условий, а также для разработки и совершенствования климатически адаптированных систем земледелия.

Растениеводство в Араратской котловине вносит весьма весомый вклад в общий объем производимой сельскохозяйственной продукции Армении. Изучаемая территория, по всей видимости, обладает потенциалом термических ресурсов для широкого круга сельскохозяйственных культур: субтропических (гранат, инжир, маслина, мин-



**Рис. 1.** Сеть метеорологических станций на территории Араратской долины и предгорий. Цифрами обозначены станции: 1 – Талин, 2 – Егвард, 3 – Аштарак, 4 – Ереван “арабкир”, 5 – Ереван “агро”, 6 – Армавир, 7 – Арташат, 8 – Урцадзор, 9 – Арагат.

**Fig. 1.** The network of meteorological stations on the territory of the Ararat valley and foothills. The numbers on the map indicate the stations: 1 – Talin, 2 – Yeghvard, 3 – Ashtarak, 4 – Yerevan “arabkir”, 5 – Yerevan “agro”, 6 – Aramavir, 7 – Artashat, 8 – Urtsadzor, 9 – Ararat.

даль), плодовых (персик, абрикос, яблоко, груша), технических (хлопчатник), зерновых и др. [12, 21].

Цель исследования – оценка теплообеспеченности сельскохозяйственных культур на территории Араратской долины, а также в ее предгорной зоне, в условиях изменяющегося климата. В работе поставлены следующие задачи: проанализировать территориальные изменения теплообеспеченности; выяснить требования различных культур к сумме активных температур на территории Араратской долины и предгорной зоны и оценить закономерности межгодового изменения теплообеспеченности.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения поставленных задач в качестве теоретической основы послужили работы российских ученых [2, 3, 6]. Изучаемая территория расположена преимущественно в равнинной части Араратской котловины. Высота над уровнем моря составляет от 800–1000 до 1400–1600 м (рис. 1). Климат резко континентальный с большими годовыми и суточными колебаниями температуры воздуха [11, 21].

В качестве исходного материала в работе использованы данные Центра гидрометеорологии и мониторинга Министерства окружающей среды Республики Армения и данные агроклиматических справочников и ежегодников [1, 18]. В настоящее время на изучаемой территории действуют более 10 метеорологических станций, где прово-

**Таблица 1.** Средние значения суммы температур воздуха за периоды со среднесуточной температурой, превышающей 5 и 10°C, 1993–2019 гг.

**Table 1.** Average sums of air temperatures for periods with daily average temperatures exceeding 5°C and 10 °C, 1993–2019

Метеостанции	Характеристика		
	Высота над уровнем моря, м	Суммы температур за период со среднесуточной температурой превышающей +5°C	Суммы температур за период со среднесуточной температурой превышающей +10°C
1. Талин	1637	3295	2971
2. Егвард	1321	3850	3578
3. Аштарак	1090	4341	4128
4. Ереван “арабкир”	1113	4484	4276
5. Ереван “агро”	942	4506	4308
6. Армавир	870	4411	4211
7. Арташат	829	4520	4335
8. Урцадзор	1064	4355	4165
9. Арарат	818	4644	4468
Среднее значение по всем станциям	—	4270	4052

дятся срочные наблюдения за температурой приземного слоя воздуха. В работе использованы данные девяти метеорологических станций, имеющих наиболее продолжительные ряды наблюдений (рис. 1). Кроме этого, учтены наблюдения на высокогорных станциях Амберд и Арагац, расположенных вне Араратской котловины.

За период вегетации (с марта по октябрь) вычислены суммы среднесуточных значений температуры воздуха, превышающих 0, 5 и 10°C за последние 27 лет (1993–2019 гг.). Обработка данных проводилась стандартными методами статистической обработки рядов наблюдений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На изучаемой территории, согласно фактическим наблюдениям, средние значения сумм температур выше 10°C за период 1993–2019 гг. варьируют от 2971°C (м/ст. Талин) до 4468°C (м/ст. Арарат) (табл. 1). Другой характеристикой условий произрастания сельскохозяйственных культур во время начала сева и окончания уборочных работ полевых культур является сумма температур выше 5°C. Этот показатель изменяется от 3295°C в предгорной зоне до 4644°C и более на равнине в пределах изучаемой территории.

Сопоставляя необходимые для сельскохозяйственных культур суммы температур выше 10°C со средними значениями этой суммы для рассматриваемой территории, можно определить, какую культуру выращивать целесообразнее. Исследования показывают, что в Араратской долине и предгорной зоне сумма температур выше 10°C больше, чем необходимая сумма температур для выращивания обычных для данной территории культур (табл. 2). Это означает, что термические условия региона достаточно благоприятны для выращивания перечисленных в табл. 2 видов культур, но следует учитывать опасность поздних весенних и ранних осенних заморозков.

В этой связи, проанализированы закономерности изменения сумм температур за периоды со среднесуточной температурой воздуха, превышающей 0, 5 и 10°C в зависимости от абсолютной высоты местности. Для рассматриваемой территории с высо-

**Таблица 2.** Термические условия, необходимые для наступления фаз развития некоторых сельскохозяйственных культур и высотные климатические пределы их распространения на территории Армении (по [1])

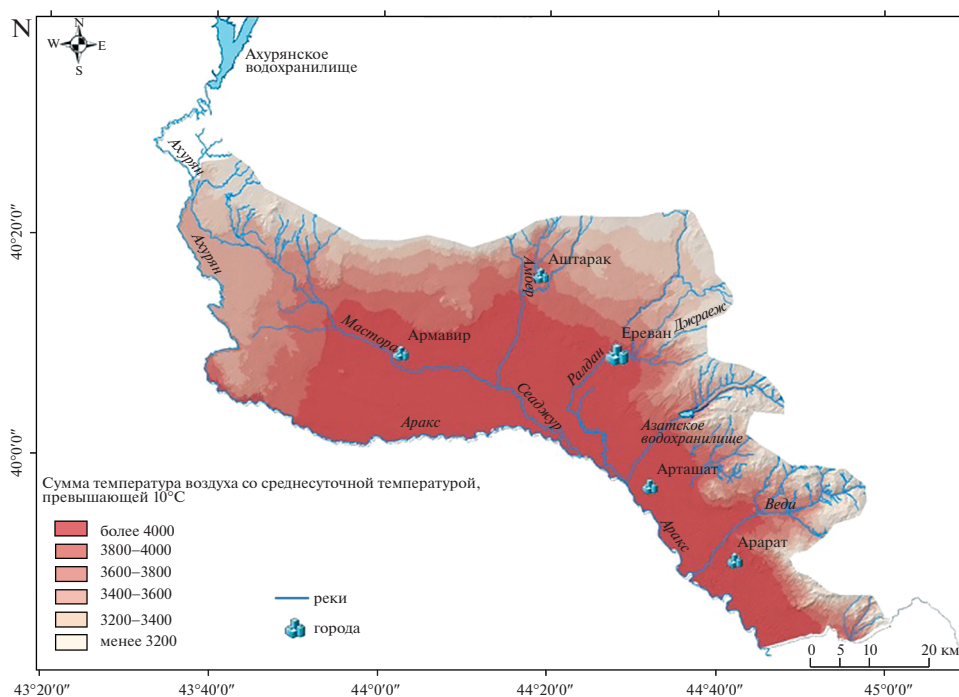
**Table 2.** Thermal conditions required for the onset of phases of development of some crops, and altitudinal climatic limits of their distribution on the territory of Armenia (according to [1])

Сельскохозяйственная культура	Период	Минимальная биологическая температурароста в воздухе в начале развития, °С	Требуемая сумма биологических температур, °С	Максимальная высота над уровнем моря (м), где биологические температуры обеспечивают созревание урожая
Озимая Пшеница	Начало вегетации – восковая спелость	5	1100–1300	1900–2000
Яровой Ячмень	Посев – восковая спелость	5	800–1200	2000–2200
Кукуруза	Посев – молочная спелость	10	1800–2200	1700–1800
Картофель	Посев – сбор урожая	10	1000–1800	1950–2200
Огурец	Посев – сбор I урожая	12	800–1000	2100–2200
Томат	Высадка рассады – сбор I урожая	12	1500–1700	2000–2100
Арбуз	Посев – сбор урожая	15	2400–2500	1200–1400
Виноград	Созревание	8–9	2100–3700	1500–1800
Абрикос	Созревание	5	1200–2000	1600–1800
Персик	Созревание	7	2800–3100	1500–1600

той отмечается уменьшение значений этих сумм (рис. 2). Вертикальный градиент сумм температур за периоды со среднесуточной температурой воздуха, превышающей 0, 5 и 10°C, составляет соответственно 156, 160 м и 174°C/100 м. Чем выше пороговое значение среднесуточной температуры для подсчета сумм температур, тем быстрее с высотой понижается соответствующая сумма температур. Однако, возможны некоторые отклонения от такой закономерности. Так, например, для метеостанции Ереван “арабкир”, которая находится на 23 и 49 м выше, чем метеостанции Аштарак и Урцадзор соответственно, средние значения сумм температур выше 5 и 10°C за период 1993–2019 гг. оказываются больше, чем на двух названных станциях. Это можно объяснить тем, что метеостанция Ереван “арабкир” расположена в пределах урбанизированной территории.

На рис. 3 представлены межгодовые изменения суммы температур выше 10°C за период 1993–2019 гг. для некоторых репрезентативных метеостанций. Как видно из рисунка, наблюдается рост сумм температур выше 10°C, и все положительные тренды значимы на 5% уровне. В качестве характеристики изменения климата за определенный интервал времени используется коэффициент линейного тренда, оцененный методом наименьших квадратов. Он характеризует среднюю скорость изменений изучаемой метеорологической величины на заданном интервале времени и выражен в градусах за десятилетие (°C/10 лет) [9].

Скорость изменения сумм среднесуточных температур воздуха, превышающих 10°C, на рассматриваемой территории варьирует от +101.5 до +212.2°C/10 лет, в среднем составляя +140.7°C/10 лет (табл. 3). Начиная с 1993 г., для территории Араратской долины и ее предгорной зоны характерно резкое повышение сумм температур воздуха.



**Рис. 2.** Сумма температур воздуха за период со среднесуточной температурой воздуха, превышающей 10°C.

**Fig. 2.** Sum of air temperatures for period with daily average temperatures exceeding 10°C.

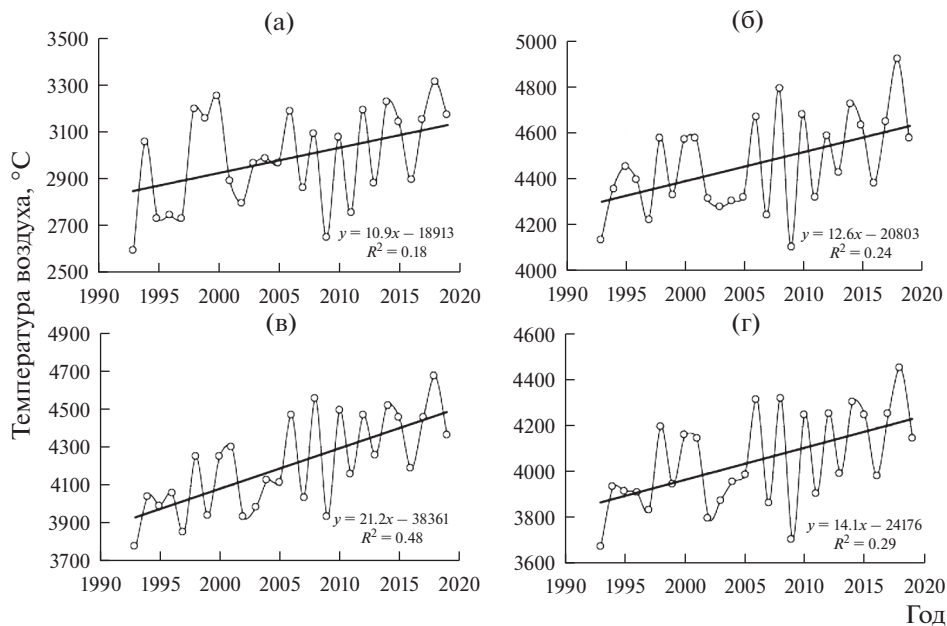
Значительный рост (более 495°C) наблюдается особенно на метеостанциях Ереван “арабкир” и Армавир.

На территории Араратской долины и ее предгорной зоны за последние 27 лет произошло увеличение суммы температур выше +10°C в среднем на 380°C. Основной причиной повышения сумм температур воздуха является современное изменение климата. Согласно материалам Четвертого национального совещания по изменению климата в Республике Армения [20], на территории республики за период с 1929 по

**Таблица 3.** Скорость изменения суммы температур воздуха выше 10°C с 1993 г. по 2019 г.

**Table 3.** The rate of change in the sum of average daily air temperatures exceeding 10°C from 1993 to 2019

Характеристики	Метеостанции									В среднем для всей территории
	Талин	Егвард	Аштарак	Ереван “арабкир”	Ереван “агро”	Армавир	Арташат	Урицзор	Арагат	
Скорость изменения суммы температур (°C/10 лет)	+109.2	+101.5	+146.2	+184.2	+162.4	+212.2	+114.2	+120.9	+126.0	+140.7
Изменение суммы температур (°C)	+294.8	+274.1	+394.7	+497.3	+438.5	+572.9	+308.3	+326.4	+340.2	+379.9



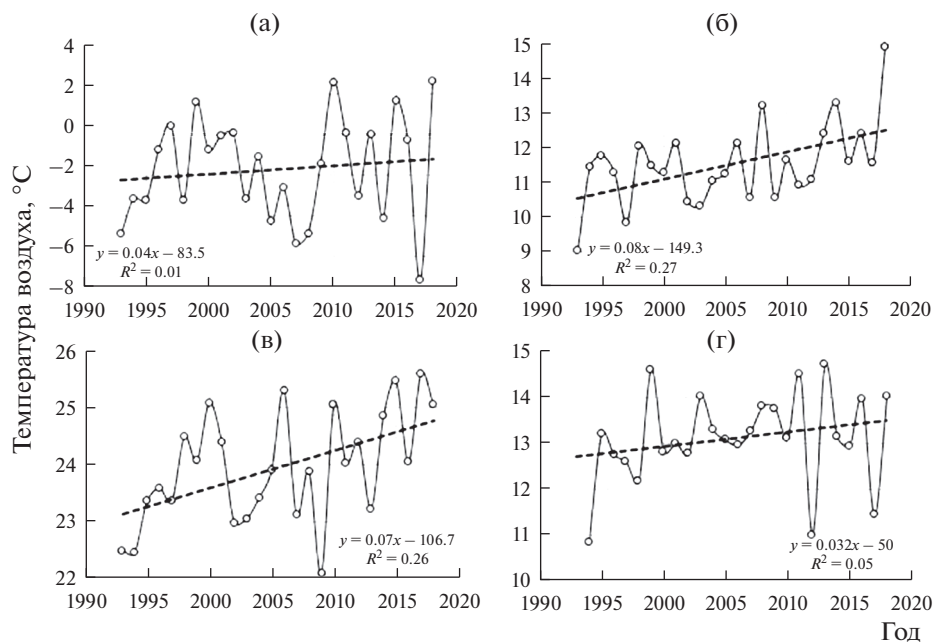
**Рис. 3.** Изменение сумм температур воздуха, превышающих  $10^{\circ}\text{C}$ , на метеостанциях Талин (а), Арарат (б), Армавир (в) и в целом по территории Араратской долины и ее предгорной зоны (г), за период 1993–2019 гг.  
**Fig. 3.** Change in the sums of average daily air temperatures exceeding  $10^{\circ}\text{C}$  at the meteorological stations Talin (a), Ararat (б), Armavir (в) and on the whole territory of the Ararat valley and its foothills (г), for the period 1993–2019.

1996 гг. среднегодовая температура повысилась на  $0.4^{\circ}\text{C}$ , с 1929 по 2007 гг. — на  $0.85^{\circ}\text{C}$ , с 1929 по 2012 гг. — на  $1.03^{\circ}\text{C}$ , а с 1929 по 2016 гг. — на  $1.23^{\circ}\text{C}$ .

За период 1993–2018 гг. на изучаемой территории наблюдался значительный рост температур воздуха (рис. 4). Имеется тенденция повышения средней температуры во все сезоны: зимой, весной, летом и осенью. При этом, большие значения скорости изменения среднесезонной температуры воздуха отмечаются в теплый период. Максимальное значение коэффициента наклона линейного тренда наблюдается летом и весной (от  $0.065^{\circ}\text{C}/\text{лет}$  до  $0.080^{\circ}\text{C}/\text{лет}$ ). В остальные сезоны эта величина изменяется в пределах  $0.032$ – $0.041^{\circ}\text{C}/\text{лет}$ . По данным исследований (табл. 4), за 27-летний период в среднем в межгодовом ходе среднесезонные температуры воздуха приобрели устойчивую тенденцию к повышению — зимой на  $1.1^{\circ}\text{C}$ , весной на  $2.1^{\circ}\text{C}$ , летом на  $1.7^{\circ}\text{C}$ , осенью на  $0.8^{\circ}\text{C}$ .

Следует отметить, что подобное увеличение суммы температур выше  $+10^{\circ}\text{C}$  отмечено также в таких регионах как лесостепная и лесные зоны Европейской России и Западной Сибири [4, 7, 14, 16, 17, 19], Заволжье [5], Южный берег Крыма [9], Алтайский край [10].

При сохранении существующих тенденций, предполагаемые изменения климата могут привести к существенным изменениям в агроклиматических условиях возделывания сельскохозяйственных культур [14]. С одной стороны, по данным источников [2, 16] увеличение сумм активных температур примерно на  $200^{\circ}\text{C}$  может повысить урожайность, например, зерновых культур дополнительно на  $3.4$ – $7.0$  ц/га. С другой стороны, в условиях прогнозируемого повышения температуры следует ожидать рост аридности и ускорение процессов опустынивания на территории Араратской долины



**Рис. 4.** Изменение среднесезонной температуры воздуха (°С) в целом по территории Араратской долины и ее предгорной зоны за 1993–2018 гг.: а – зима, б – весна, в – лето, г – осень.

**Fig. 4.** Change in the average seasonal air temperature (°C) on the whole territory of the Ararat valley and its foothills for 1993–2018: а – winter, б – spring, в – summer, г – autumn.

и предгорной зоны [12]. Поэтому следует предусмотреть развитие этих неблагоприятных процессов и принять соответствующие превентивные меры.

В связи с этим также рассмотрена динамика гидротермического коэффициента (ГТК) Г.Т. Селянинова, который рассчитывается по формуле:  $ГТК = 10 \frac{\sum X}{\sum t_{>10}}$  где  $\sum t_{>10}$  сумма температур выше 10°C (сумма активных температур),  $\sum X$  сумма осадков за период с температурой воздуха выше 10°C (мм). Гидротермический коэффициент Селянинова характеризует условия влаго- и теплообеспеченности территории [16].

**Таблица 4.** Характеристики трендов среднесезонной температуры воздуха  
**Table 4.** Characteristics of the average seasonal air temperature trends

Сезон	Коэффициент детерминации $R^2$	Характеристика	
		Скорость изменения среднесезонной температуры воздуха (°С/10 лет)	Изменение среднесезонной температуры воздуха, °С
Зима	0.01	+0.41	+1.1
Весна	0.27	+0.80	+2.1
Лето	0.26	+0.65	+1.7
Осень	0.05	+0.32	+0.8

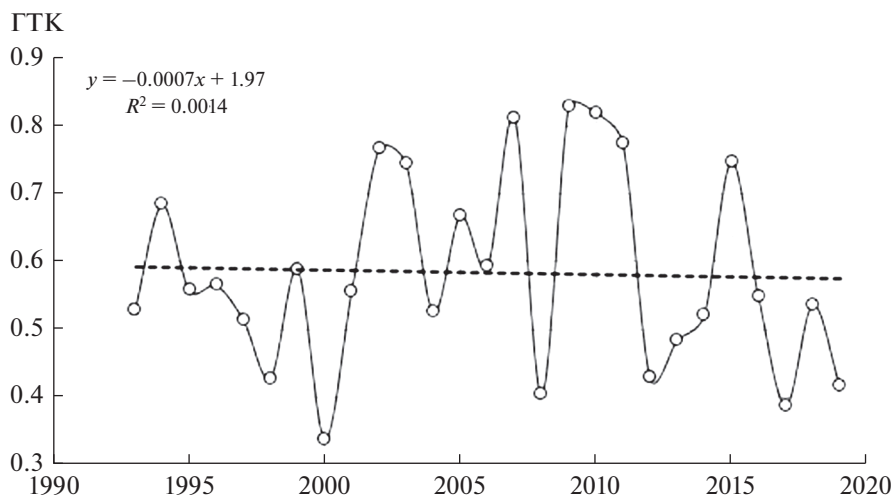
**Таблица 5.** Значения ГТК Селянинова на территории Араратской долины и предгорной зоны за 1993–2019 гг.**Table 5.** The Selyaninov's hydrothermal coefficient values in the Ararat valley and its foothills for 1993–2019

Значения ГТК	Метеостанции									В среднем для всей территории
	Талин	Егвард	Аштарак	Ереван "арабкир"	Ереван "агро"	Армавир	Арташат	Урцадзор	Арарат	
Средние	1.08	0.85	0.67	0.55	0.52	0.44	0.39	0.61	0.36	0.58
Максимальные	1.78	1.33	1.06	0.91	0.86	0.74	0.69	0.97	0.58	0.83
Минимальные	0.59	0.52	0.39	0.30	0.32	0.23	0.15	0.28	0.14	0.34

При ГТК  $\leq 0.8$  возникает засуха, а при ГТК  $< 0.4$  сильная засуха, при ГТК  $< 0.2$  – экстремальная засуха. ГТК Селянинова на территории Араратской долины и предгорной зоны варьирует в пределах от 0.14 до 1.78 (табл. 5).

Как видно на рис. 5, наблюдается понижение значений ГТК за 1993–2019 гг. Это объясняется тем, что прирост суммы активных температур происходит быстрее, чем увеличение количества осадков.

Рост засушливости, подтверждаемый и снижением ГТК, отмечен также и в других регионах [4, 16]. Агроклиматические исследования Г.Т. Селянинова по связи между ГТК и урожайностью на примере яровой пшеницы показали, что максимальному урожаю соответствует ГТК равный 1.2. При ГТК  $< 1.2$  урожаи снижаются из-за развития засушливых явлений, а при ГТК  $> 1.2$  урожаи уменьшаются от переувлажнения [8].

**Рис. 5.** Динамика гидротермического коэффициента Селянинова на территории Араратской долины и предгорной зоны в 1993–2019 гг.**Fig. 5.** The dynamics of the Selyaninov hydrothermal coefficient in the Ararat valley and its foothills for 1993–2019.



## ВЫВОДЫ

Согласно данным о температуре воздуха, наблюдаемой на 9 метеостанциях, расположенных на территории Араратской долины и ее предгорной зоны, теплообеспеченность изменяется в диапазоне от 2971 до 4468°C, среднее значение составляет 4052°C и уменьшается с высотой. С высотой также отмечается уменьшение значений сумм среднесуточных температур воздуха, превышающих 0 и 5°C.

Отмечается положительный тренд теплообеспеченности за период с 1993 по 2019 гг. Скорость изменения показателя превышает 100°C/10 лет за 27-летний период. В среднем для территории теплообеспеченность за этот период повысилась на 380°C. Следует отметить, что положительные эффекты роста теплообеспеченности могут быть в значительной мере нивелированы сохраняющейся опасностью заморозков и негативными агроэкологическими проявлениями в условиях повышения температуры.

Наблюдается понижение значений гидротермического коэффициента Селянинова в период 1993–2019 гг., что обусловлено уменьшением суммарного количества осадков за период с температурой выше 10°C по сравнению с суммой активных температур.

Дальнейшее увеличение рассматриваемой характеристики теплообеспеченности должно быть учтено при планировании развития сельского хозяйства, которое в случае осуществления разумных программ по адаптации может иметь новые перспективы. Например, заметное увеличение теплообеспеченности благоприятно для возделывания и расширения посевных площадей новых для Араратской долины теплолюбивых и засухоустойчивых сортов высокоурожайных сельскохозяйственных культур.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Армении // *Р.С. Мкртчян, Д.О. Мелконян, В.А. Бадалян*. Служба по гидрометеорологии и мониторингу МЧС Республики Армения. Ереван, 2011. 155 с. (На армянском языке).
2. Биоклиматический потенциал России: теория и практика / *А.В. Гордеев, А.Д. Клещенко, Б.А. Черняков, О.Д. Сиротенко*. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 512 с.
3. Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата / *А.П. Гордеев* и др. М.: Типография Россельхозакадемии, 2012. 203 с.
4. *Виноградова В.В., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А.* Динамика увлажнения и теплообеспеченности в переходных ландшафтных зонах по спутниковым и метеорологическим данным в начале XXI века // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2015. Т. 12. № 2. С. 162–172.
5. *Горянина Т.А., Медведев А.М.* Влияние климата на урожайность и качество зерна сортов тритикале в Заволжье // *Аграрный научный журнал*. 2019. № 12. С. 9–14.
6. *Грингоф И.Г., Клещенко А.Д.* Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. I. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. Обнинск: ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД”, 2011. 808 с.
7. *Карпович К.И., Шарипова Р.Б., Сабитов М.М.* Агроклиматические показатели Ульяновской области // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2016. № 3(35). С. 9–13.
8. *Кислов А.В., Евстигнеев В.М., Малхазова С.М., Соколичина Н.Н., Суркова Г.В., Торопов П.А., Чернышев А.В., Чумаченко А.Н.* Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-Европейской равнины в условиях потепления XXI века. М.: *МАКС Пресс*, 2008. 292 с.
9. *Корсакова С.П.* Анализ временной изменчивости характеристик термического режима на южном берегу Крыма // *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2018. № 128. С. 100–111.  
<https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.128.2018.13>
10. *Максимова Н.Б., Арнаут Д.В., Морковкин Г.Г.* Оценка изменения теплообеспеченности территории по агроклиматическим районам Алтайского края // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2016. № 4(138). С. 53–58.
11. *Маргарян В.Г.* Тренды изменения экстремальных температур приземного слоя воздуха в пределах Араратской равнины и ее предгорной зоны // *Вестник Московского университета*. Серия 5. География. 2019. № 2. С. 103–107.

12. *Маргарян В.Г.* Закономерности пространственно-временного распределения агроклиматических ресурсов (Арагатская долина и предгорная зона) // Ученые записки ЕГУ. Геология и география. 2020. № 54(3). С. 178–186. (На армянском языке).
13. *Маргарян В.Г., Самвелян Н.И.* Закономерности пространственно-временного изменения экстремальных температур приземного слоя атмосферы и их воздействие на ландшафтную структуру Арагатской котловины // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2019. № 4. С. 15–22.  
<https://doi.org/10.17308/geo.2019.4/2707>
14. *Марциневская, Л.В., Марциневская Л.В., Сазонова Н.В., Соловьев А.Б.* Агроклиматические условия и урожайность технических культур в Белгородской области // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: материалы VI междунар. науч. конф. Белгород, 12–16 окт. 2015 г. Белгород, 2015. С. 260–264.
15. *Немцев С.Н., Шарипова Р.Б.* Тенденции изменения климата и их влияние на продуктивность зерновых культур в Ульяновской области // Земледелие. 2012. № 2. С. 3–5.
16. *Переведенцев Ю.П., Шарипова Р.Б., Важнова Н.А.* Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур // Вестник Удмуртского университета. Серия “Биология. Науки о Земле”. 2012. Вып. 2. С. 120–126.
17. *Резников А.И., Исаченко Г.А.* Изменение климатических характеристик западной части тайги Европейской России в конце XX – начале XXI вв. // Известия Русского географического общества. 2021. Т. 153. № 1. С. 3–18.
18. Справочник по климату. Ч. I. Температура воздуха и почвы. Ереван, 2011. 150 с. (На армянском языке).
19. *Суховеева О.Э.* Изменение климатических условий и агроклиматических ресурсов в центральном районе нечерноземной зоны // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2016. № 4. С. 41–49.
20. Armenia’s Fourth National Communication on Climate Change. 2020. 213 p.
21. *Margaryan V.G., Mkhitarian M.S.* Assessment and analysis of heat provision vulnerability in the main wine-producing region of Armenia (Ararat valley and foothill area) within the context of expected climate change // Ukrainian hydrometeorological journal. 2018. Issue 21. S. 28–34.

### **Trends of Heat Supply of Agricultural Crops in the Conditions of Changing Climate on the Territory of Armenia for the Period from 1993 to 2019**

**V. G. Margaryan<sup>1, \*</sup> and E. V. Gaidukova<sup>2, \*\*</sup>**

<sup>1</sup>*Yerevan State University, Yerevan, Armenia*

<sup>2</sup>*Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia*

*\*E-mail: vmargaryan@ysu.am*

*\*\*E-mail: oderiut@mail.ru*

The article considers the heat supply of agricultural crops measured by the sum of average daily air temperatures exceeding 10°C on the territory of the Ararat valley and its foothill area. The patterns of fluctuations of heat supply were studied. Daily observations data of 9 meteorological stations of the studied area were used. It is revealed that on the territory under consideration the heat supply is distributed unevenly and decreases with altitude, varying from 4468 to 2971°C with a vertical gradient of 174°C/100 m. There is a trend to increase heat supply on average by 380°C from 1993 to 2019 years. Heat supply conditions of the region are favorable for the growth and development of heat-loving and drought-resistant varieties of agricultural crops.

*Keywords:* Ararat valley and foothills, heat supply, long-term change, trend, variability, Selyaninov hydrothermal coefficient

### REFERENCES

1. Агроклиматические ресурсы Армении // R.S. Mkrtchyan, D.O. Melkonyan, V.A. Badalyan. Sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu MChS Respubliki Armeniya. Erevan, 2011. 155 s. (Na armyanskom yazyke)
2. Биоклиматический потенциал России: теория и практика / A.V.Gordeev, A.D. Kleshchenko, B.A. Chernyakov, O.D. Sirotenko. М.: Tovarishestvo nauchnyh izdaniy KMK, 2006. 512 s.

3. Bioklimaticheskij potencial Rossii: produktivnost' i racional'noe razmeshhenie sel'skohozyajstvennyh kul'tur v usloviyah izmeneniya klimata / A.P. Gordeev i dr. M.: Tipografiya Rossel'hozakademii, 2012. 203 s.
4. Vinogradova V.V., Titkova T.B., Cherenkova E.A. Dinamika uvlazhneniya i teploobespechennosti v perehodnyh landshaftnyh zonax po sputnikovym i meteorologicheskim dannym v nachale XXI veka // Sovremennyye problemy` distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2015. T. 12. № 2. S. 162–172.
5. Goryanina T.A., Medvedev A.M. Vliyanie klimata na urozhajnost' i kachestvo zerna sortov tritikale v Zavolzh'e // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2019. № 12. S. 9–14.
6. Gringof I.G., Kleshhenko A.D. Osnovy sel'skohozyajstvennoj meteorologii. T. I. Potrebnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur v agrometeorologicheskikh usloviyah i opasnye dlya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva pogodnye usloviya. Obninsk: FGBU "VNIIGMI-MCzD", 2011. 808 s.
7. Karpovich K.I., Sharipova R.B., Sabitov M.M. Agroklimaticheskie pokazateli Ul'yanovskoj oblasti // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2016. № 3(35). S. 9–13.
8. Kislov A.V., Evstigneev V.M., Malxazova S.M., Sokolixina N.N., Surkova G.V., Toropov P.A., Chernyshev A.V., Chumachenko A.N. Prognoz klimaticheskoy resursoobespechennosti Vostochno-Evropejskoj ravniny v usloviyah potepleniya XXI veka. M.: MAKS Press, 2008. 292 s.
9. Korsakova S.P. Analiz vremennoj izmenchivosti xarakteristik termicheskogo rezhima na yuzhnom beregu Kryma // Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. 2018. № 128. S. 100–111.  
<https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.128.2018.13>
10. Maksimova N.B., Arnaut D.V., Morkovkin G.G. Ocenka izmeneniya teploobespechennosti territorii po agroklimaticheskim rajonom Altajskogo kraya // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 4(138). S. 53–58.
11. Margaryan V.G. Trendy izmeneniya ekstremal'nyh temperatur prizemnogo sloya vozduha v predelakh Araratskoj ravniny i ee predgornoj zony // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya. 2019. № 2. S. 103–107.
12. Margaryan V.G. Zakonomernosti prostranstvenno-vremennogo raspredeleniya agroklimaticheskikh resursov (Araratskaya dolina i predgornaya zona) // Uchenye zapiski EGU. Geologiya i geografiya. 2020. № 54(3). S. 178–186. (Na armyanskom yazyke).
13. Margaryan V.G., Samvelyan N.I. Zakonomernosti prostranstvenno-vremennogo izmeneniya ekstremal'nyh temperatur prizemnogo sloya atmosfery i ih vozdejstvie na landshaftnyuyu strukturu Araratskoj kotloviny // Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya. 2019. № 4. S. 15–22.  
Doi: 10.17308/geo.2019.4/2707
14. Marcinevskaya, L.V., Marcinevskaya L.V., Sazonova N.V., Solov'ev A.B. Agroklimaticheskie usloviya i urozhajnost' texnicheskikh kul'tur v Belgorodskoj oblasti // Problemy prirodopol'zovaniya i ekologicheskaya situaciya v Evropejskoj Rossii i sopredel'nyh stranah: materialy VI mezhdunar. nauch. konf. Belgorod, 12–16 okt. 2015 g. Belgorod, 2015. S. 260–264.
15. Nemcev S.N., Sharipova R.B. Tendencii izmeneniya klimata i ih vliyanie na produktivnost' zernovyh kul'tur v Ul'yanovskoj oblasti // Zemledelie. 2012. № 2. S. 3–5.
16. Perevedencev Yu.P., Sharipova R.B., Vazhnova N.A. Agroklimaticheskie resursy Ul'yanovskoj oblasti i ih vliyanie na urozhajnost' zernovyh kul'tur // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya "Biologiya. Nauki o Zemle". 2012. Vy p. 2. S. 120–126.
17. Reznikov A.I., Isachenko G.A. Izmenenie klimaticheskikh xarakteristik zapadnoj chasti tajgi Evropejskoj Rossii v konce XX – nachale XXI vv. // Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshhestva. 2021. T. 153. № 1. S. 3–18.
18. Spravochnik po klimatu. Ch. I. Temperatura vozduha i pochvy. Erevan, 2011. 150 s. (Na armyanskom yazyke)
19. Suhoveeva O.E. Izmeneniya klimaticheskikh uslovij i agroklimaticheskikh resursov v central'nom rajone nechernozemnoj zony // Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya. 2016. № 4. S. 41–49.
20. Armenia's Fourth National Communication on Climate Change. 2020. 213 p.
21. Margaryan V.G., Mkhitarian M.S. Assessment and analysis of heat provision vulnerability in the main wine-producing region of Armenia (Ararat valley and foothill area) within the context of expected climate change // Ukrainian hydrometeorological journal. 2018. Issue 21. S. 28–34.