

**К ВОПРОСУ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ТЕПЛОБЕСПЕЧЕННОСТИ  
И ПОТРЕБНОСТИ В ТЕПЛЕ СЕЛЬХОЗКУЛЬТУР В КОНТЕКСТЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА  
(АРАРАТСКАЯ ДОЛИНА И ПРЕДГОРНАЯ ЗОНА)**

© 2025 г. В.Г. Маргарян\*, О.Я. Саядян\*\*, А.М. Седракян\*\*\*

*\*Ереванский государственный университет  
Армения, 0025, г. Ереван, Алека Манукяна, д. 1*

*\*\*Немецкое агентство по международному сотрудничеству  
Армения, 0010, г. Ереван, ул. Антрапетутян, д. 59. E-mail: hovik.sayadyan71@gmail.com*

*\*\*\*Национальный политехнический университет Армении  
Армения, 0009, г. Ереван, ул. Терян, д. 105. E-mail: asedrakyan@seua.am*

Поступила в редакцию 22.04.2024. После доработки 01.06.2024. Принята к публикации 01.11.2024.

Рассмотрены особенности теплообеспеченности и потребности сельскохозяйственных культур в сумме температур выше 10°C на территории Араратской долины и ее предгорной зоны. Дана оценка закономерности многолетних колебаний теплообеспеченности в контексте глобального изменения климата, а также их прогнозирование. Используются ежедневные данные фактических наблюдений 9 метеорологических станций изучаемой территории, агроклиматические справочники и ежегодники. Применены математико-статистический, экстраполяционный, аналитический, корреляционный методы. Установлено, что условия теплообеспеченности региона благоприятны для роста и развития различных культур, однако следует учитывать опасность поздних весенних и ранних осенних заморозков. Показано, что на рассматриваемой территории теплообеспеченность распределена неравномерно, и она закономерно уменьшается параллельно с высотой, изменяясь от 4486 до 3012°C и более с вертикальным градиентом 175°C/100 м. В межгодовом ходе отмечается тенденция повышения теплообеспеченности, которая с 1993 по 2022 гг. в среднем повысилась на 428°C. Это благоприятно для возделывания и расширения посевных площадей многих новых теплолюбивых и засухоустойчивых сортов высокоурожайных сельскохозяйственных культур.

*Ключевые слова:* Араратская долина и предгорная зона, вертикальный градиент, многолетнее изменение, период вегетации, прогноз, сумма температур выше 0/5/10°C, теплообеспеченность.

**DOI: 10.24412/1993-3916-2025-1-118-123**

**EDN: AJXAZA**

Теплообеспеченность играет важную роль в произрастании растений и в сельскохозяйственном производстве в конкретном регионе. Это количественная характеристика степени соответствия термических ресурсов климата и потребности сельскохозяйственных растений в тепле. Термические ресурсы климата и потребность растений в тепле обычно выражаются средней многолетней суммой среднесуточных температур воздуха за период (за основной период вегетации ( $\Sigma t > 10^\circ\text{C}$ ), когда их значение превышает +10°C, т.е. суммой активных температур за период от посева до созревания каждой сельскохозяйственной культуры. От продолжительности этого периода и обеспеченности его теплом зависят качество, рост и развитие выращиваемых сельскохозяйственных культур, степень их вызревания и урожайность (Маргарян, Самвелян, 2019). Поэтому знание скорости тенденции и направления временной изменчивости последнего, закономерности их территориального распределения является важным основанием для выявления и оценки реакции сельскохозяйственных культур на колебание климата для разработки и совершенствования климатически адаптированных систем земледелия.

Араратская долина и предгорная зона расположены в низменной части территории Араратской котловины. Высота местности над уровнем моря БС составляет от 800-1000 до 1400-1600 м.

Климат изучаемой территории резко континентальный с большими годовыми и суточными колебаниями температуры воздуха (Маргарян, 2019; Margaryan, Mkhitaryan, 2018). Изучаемая территория выделяется потенциалом термических ресурсов, благоприятных для выращивания различных культур: субтропических (гранат, инжир, маслина, миндаль), плодовых (персик, абрикос, яблоко, груша), технических (хлопчатник и др.), зерновых, корнеплодов и др. (Margaryan, Mkhitaryan, 2018).

Принимая во внимание роль и значение Араратской долины и предгорной зоны в сельскохозяйственном производстве Армении, цель данной работы – проанализировать и оценить особенности территориальных изменений теплообеспеченности при сумме температур 0 и 5°C, закономерности ее межгодового временного распределения в контексте современного изменения климата; определить требования сельскохозяйственных культур к сумме температур выше 10°C; прогнозировать сумму температур выше 10°C.

### Материалы и методы

Теоретической основой работы послужили соответствующие исследования, опубликованные ранее (Биоклиматический потенциал ..., 2006, 2012; Грингоф, Клещенко, 2011). В качестве исходного материала использовали суточные данные температуры воздуха, полученные на девяти метеорологических станциях «Центра гидрометеорологии и мониторинга» ГНКО Министерства окружающей среды Республики Армения, а также агроклиматические справочники и ежегодники (Агроклиматические ресурсы Армении, 2011; Справочник по климату, 2011). В настоящее время на изучаемой территории действуют более 10 метеорологических станций, где проводятся срочные наблюдения за температурой приземного слоя воздуха. В работе использованы данные тех метеорологических станций, которые имеют сравнительно длинный ряд наблюдений. Использованы также данные высокогорных станций Амберд и Арагац в/г, расположенных на территории Араратской котловины.

Рассчитаны суммы среднесуточных значений температуры воздуха за вегетационный период со среднесуточной температурой, превышающей 0, 5 и 10°C за период 1993-2022 гг., когда на изучаемой территории наблюдается значительный рост температур. За период вегетации принят III-X период. Обработку данных проводили на ПК с помощью пакета MS Excel 2010, включающего стандартные методы математической статистики для анализа рядов наблюдений. Использовали методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии.

### Результаты и обсуждение

На изучаемой территории, согласно фактическим наблюдениям, годовая сумма температур выше 10°C за 1993-2022 гг. в среднем составила от 3021°C (Талин) до 4495°C (Арарат) и более (табл. 1), что способствовало накоплению большого количества сахара в плодах. Одним из характерных условий произрастания сельскохозяйственных культур во время вегетации является сумма температур выше 5°C. В настоящее время сумма средних суточных температур за период с температурой выше 5°C изменяется от 3339°C на предгорной зоне до 4672°C и более на равнине изучаемой территории.

Сопоставляя требование сельскохозяйственных культур к сумме температур выше 10°C со средними значениями данной местности (табл. 2), можно определить, какую сельскохозяйственную культуру целесообразно выращивать там. Исследования свидетельствуют, что в этом районе сумма температур выше 10°C больше, чем необходимая сумма температур для выращивания указанных сельскохозяйственных культур. Это значит, что термические условия региона благоприятны для выращивания различных культур (субтропических, технических, плодовых, зерновых, корнеплодов). Однако нужно учесть опасность поздних весенних и ранних осенних заморозков.

В работе рассмотрены закономерности изменения суммы среднесуточной температуры воздуха, превышающей 0, 5 и 10°C, в зависимости от факторов подстилающей поверхности – абсолютной высоты местности. Можно отметить, что для рассматриваемой территории в зависимости от высоты отмечается закономерное уменьшение значений суммы температур выше 0, 5 и 10°C (рис. 1). Эти зависимости можно использовать для предварительных расчетов сумм температур выше 0, 5 и 10°C неизученных районов рассматриваемой территории. Получено, что вертикальный градиент

суммы со среднесуточной температурой воздуха, превышающей 0, 5 и 10°C, составляет, соответственно, 156°C/100 м, 161°C/100 м и 175°C/100 м. Следует, что с увеличением среднесуточной температуры воздуха, превышающей значения, ее уменьшение происходит быстрее с высотой.

**Таблица 1.** Сумма среднесуточной температуры, превышающей 5 и 10°C за 1993-2022 гг.

Метеостанция	Талин	Егвард	Аштарак	Ереван «арабкир»	Ереван «агро»	Армавир	Арташат	Урцадзор	Арагат	Средняя
Сумма среднесуточной температуры	<b>Превышающая +5°C</b>									
	3339	3877	4368	4466	4567	4432	4537	4374	4672	4293
	<b>Превышающая +10°C</b>									
	3021	3600	4157	4270	4371	4236	4354	4186	4495	4077

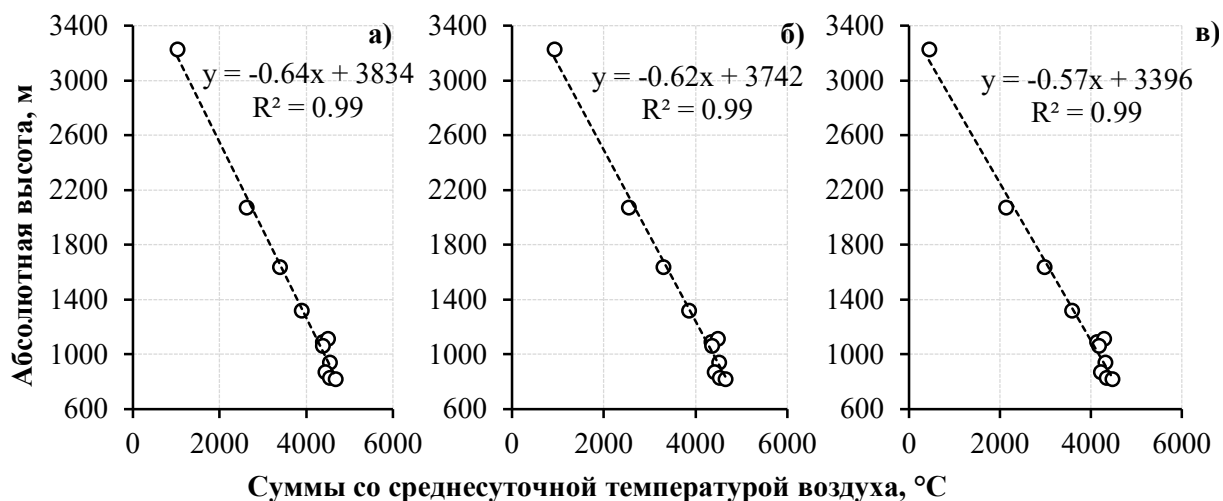
**Таблица 2.** Сумм эффективных температур, необходимых для наступления фаз развития некоторых сельскохозяйственных культур, и верхний климатический предел их распространения на территории Армении (Агроклиматические ресурсы Армении, 2011).

С/х культура	Период	Минимальная биологическая температура роста в воздухе в начале развития, °C	Требуемая сумма биологических температур, °C	Высота н.у.м. БС, где биологические температуры обеспечивают созревание урожая, м
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

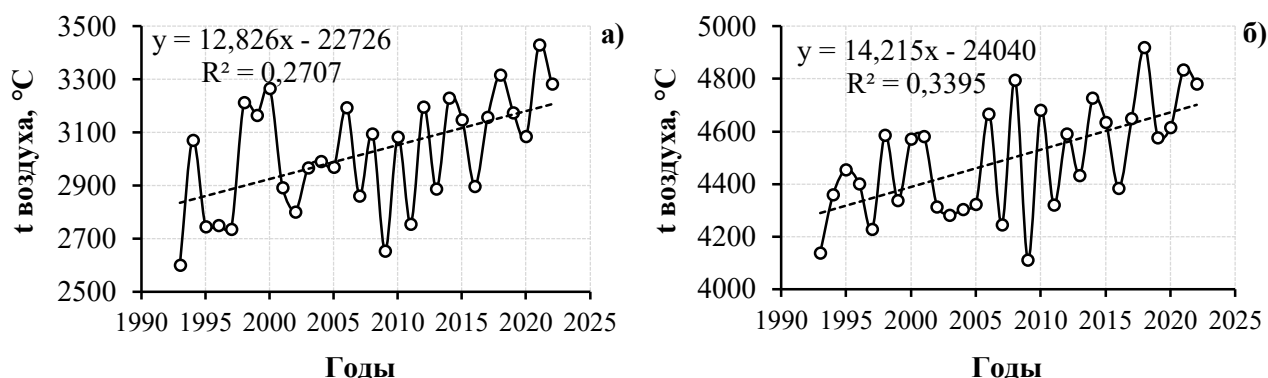
На рисунке 3 представлены межгодовые многолетние изменения суммы температур выше 10°C за 1993-2022 гг. для некоторых репрезентативных метеостанций изучаемой территории. Показан значительный рост суммы температур выше 10°C, т.е. тренды температуры в целом положительны.

В качестве характеристики изменения климата за определенный интервал времени используется коэффициент линейного тренда, оцененный методом наименьших квадратов. Он отражает среднюю скорость изменений изучаемой гидрометеорологической величины на заданном интервале времени, выраженную в градусах за десятилетие (°C/10 лет) (Корсакова, 2018). Скорость изменения суммы со среднесуточной температурой воздуха, превышающей 10°C для метеостанции Талин составляет +128°C/10 лет, а для метеостанции Арагат – +142°C/10 лет. Таким образом, в условиях

прогнозируемого повышения температуры следует ожидать роста осушения климата и ускорения процессов опустынивания на территории Араратской долины и предгорной зоны.



**Рис. 2.** Зависимость суммы среднесуточной температуры воздуха, превышающей а) 0°C, б) 5°C, в) 10°C от абсолютной высоты территории Араратской долины и ее предгорной зоны.



**Рис. 3.** Многолетнее изменение суммы среднесуточной температуры воздуха выше +10°C на метеостанциях а) Талин, б) Арарат.

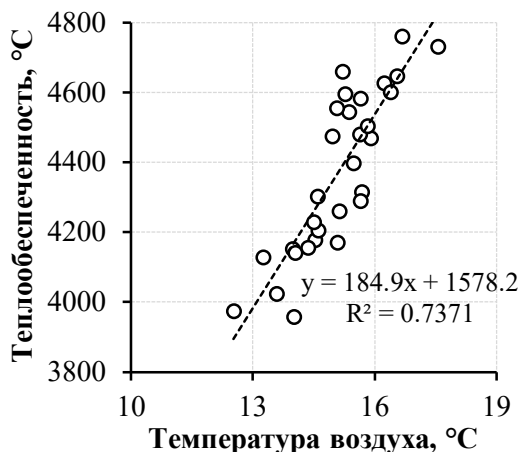
Сухой континентальный климат делает невозможным выращивание сельскохозяйственных культур без искусственного орошения. В среднем на территории Араратской долины и ее предгорной зоны за последние 30 лет сумма температур выше +10°C увеличилась в среднем на 315–600°C. Это свидетельствует о том, что с высотой перемещение восходящих зон, а также изменение границ поясов неизбежно. Отсюда следует, что нужно подробно и научно обоснованно изучать пути адаптации сельскохозяйственных культур к ним.

Аналогичная тенденция временной изменчивости температуры воздуха отмечена также на территории Белгородской, Ульяновской областей (Марциневская и др., 2015; Переведенцев и др., 2012), на южном берегу Крыма (Корсакова, 2018), в Заволжье, Центральном Нечерноземье (Горянина, Медведев, 2019; Суховеева, 2016), во всех агроклиматических районах Алтайского края (Максимова, 2016). По литературным данным (Биоклиматический ..., 2006; Переведенцев и др., 2012), увеличение сумм активных температур примерно на 200°C может повысить урожайность дополнительно на 3.4-7.0 ц/га.

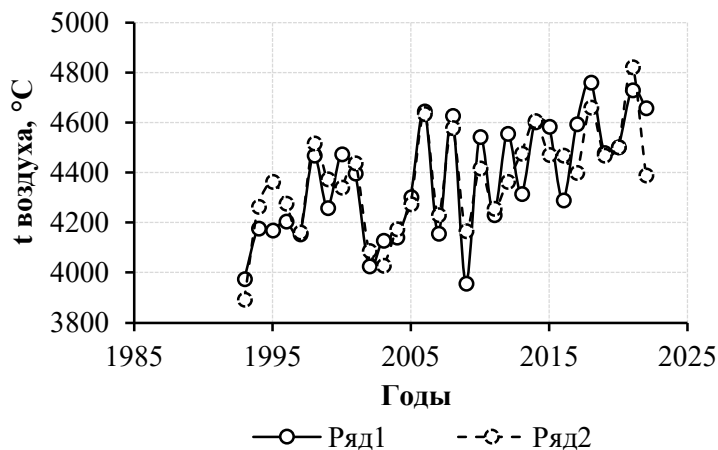
Основной причиной повышения суммы температуры воздуха является современная эволюция климата (долгосрочное повышение средней температуры). На территории республики среднегодовая температура повысилась за 1929-1996 гг. – на 0.4°C, за 1929-2007 гг. – на 0.85°C, за 1929-2012 гг. –

на  $1.03^{\circ}\text{C}$ , за 1929-2016 гг. – на  $1.23^{\circ}\text{C}$  (Armenia's Fourth ..., 2020).

Получены корреляционные связи между значениями средней месячной температуры за март – июнь и теплообеспеченностью (рис. 4), которые можно использовать при прогнозировании и расчете теплообеспеченности для метеостанции Ереван «агро». С помощью полученных связей составлены контрольные прогнозы. На рисунке 5 показано сопоставление величин фактической и расчетной теплообеспеченности. Видно, что высокие значения теплообеспеченности по уравнению регрессии систематически занижаются, а низкие – завышаются.



**Рис. 4.** Корреляционные связи между значениями среднемесячной температуры за март-июнь и теплообеспеченностью.



**Рис. 5.** Сопоставление величин фактической и расчетной теплообеспеченности для метеостанции Ереван «агро».

### Выводы

По данным 9 метеорологических станций, на территории Араратской долины и ее предгорной зоны в среднем теплообеспеченность меняется от  $3682$  до  $4452^{\circ}\text{C}$ , среднее значение составляет  $4077^{\circ}\text{C}$ . В зависимости от высоты уменьшаются значения суммы со среднесуточной температурой воздуха, превышающей  $0$ ,  $5$  и  $10^{\circ}\text{C}$ . Отмечается положительный тренд теплообеспеченности за период с 1993 по 2022 гг. В межгодовом ходе теплообеспеченность в среднем повысилась на  $428^{\circ}\text{C}$ .

За последние 30 лет на территории Араратской долины и предгорной зоны стабильно меняется теплообеспеченность, а также периоды фенологических фаз развития культур и пределы их выращивания, продолжительность вегетационного периода. Реализация программ по адаптации откроет новые перспективы. В этом плане предлагается выращивать новые теплолюбивые и засухоустойчивые высокоурожайные культуры. Наблюдаемое в последние годы заметное увеличение теплообеспеченности благоприятно для возделывания и расширения посевных площадей многих новых теплолюбивых и засухоустойчивых сортов высокоурожайных сельскохозяйственных культур.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агроклиматические ресурсы Армении. 2011 / Ред. Р.С. Мкртчян. Ереван. 155 с.
- Биоклиматический потенциал России: теория и практика. 2006 / Ред. А.В. Гордеев. М.: Тов-во научных изданий КМК. 512 с.
- Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата. 2012 / Ред. А.П. Гордеев. М.: Россельхозакадемия. 203 с.
- Горянина Т.А., Медведев А.М. 2019. Влияние климата на урожайность и качество зерна сортов тритикале в Заволжье // Аграрный научный журнал. № 12. С. 9-14.
- Грингоф И.Г., Клеценко А.Д. 2011. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. I: Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. Обнинск. 808 с.
- Корсакова С.П. 2018. Анализ временной изменчивости характеристик термического режима на южном берегу Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. № 128. С. 100-111.

- Максимова Н.Б., Арнаут Д.В., Морковкин Г.Г. 2016. Оценка изменения теплообеспеченности территории по агроклиматическим районам Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. № 4 (138). С. 53-58.
- Маргарян В.Г. 2019. Тренды изменения экстремальных температур приземного слоя воздуха в пределах Араратской равнины и ее предгорной зоны // Вестник Московского университета. Серия 5 «География». № 2. С. 103-107.
- Маргарян В.Г., Самвелян Н.И. 2019. Закономерности пространственно-временного изменения экстремальных температур приземного слоя атмосферы и их воздействие на ландшафтную структуру Араратской котловины // Вестник ВГУ. Серия «География, геоэкология». № 4. С. 15-22.
- Марциневская Л.В., Марциневская Л.В., Сазонова Н.В. 2015. Агроклиматические условия и урожайность технических культур в Белгородской области // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: материалы VI Международной научной конференции, г. Белгород, 12-16 октября 2015 г. Белгород. С. 260-264.
- Немцев С.Н., Шарипова Р.Б. 2012. Тенденции изменения климата и их влияние на продуктивность зерновых культур в Ульяновской области // Земледелие. № 2. С. 3-5.
- Переведенцев Ю.П., Шарипова Р.Б., Важнова Н.А. 2012. Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». Вып. 2. С. 120-126.
- Справочник по климату. 2011. Ч. I: Температура воздуха и почвы. Ереван. 150 с.
- Суховеева О.Э. 2016. Изменения климатических условий и агроклиматических ресурсов в центральном районе нечерноземной зоны // Вестник ВГУ. Серия «География, геоэкология». № 4. С. 41-49.
- Armenia's Fourth National Communication on Climate Change. 2020. 213 p.
- Margaryan V.G., Mkhitaryan M.S. 2018. 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. No. 21. P. 28-34.