

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕРМИЧЕСКИХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ
РЕСУРСОВ (АРАРАТСКАЯ ДОЛИНА И ПРЕДГОРНАЯ ЗОНА АРМЕНИИ)**

© 2023 г. В.Г. Маргарян*, Е.В. Гайдукова**, А.М. Седракян***

**Ереванский государственный университет*

Республика Армения, 0025, г. Ереван, ул. Алека Манукяна, д. 1. Email: vmargaryan@ysu.am

***Российский государственный гидрометеорологический университет*

Россия, 195196, г. Санкт-Петербург, Малоохтинский просп., д. 98. Email: oderiut@mail.ru

****Национальный политехнический университет Армении*

Республика Армения, 0009, г. Ереван, ул. Терян, д. 105. E-mail: asedrakyan.phys@gmail.com

Поступила в редакцию 20.12.2022. После доработки 27.05.2023. Принята к публикации 01.07.2023.

В работе изучены и рассчитаны характеристики термических агроклиматических ресурсов Араратской долины и предгорной зоны, проанализированы и оценены закономерности их пространственно-временного распределения, а также межгодовая изменчивость. В качестве теоретической и информационной основ послужили ранее опубликованные работы и соответствующие исследования. В качестве исходного материала использованы ежедневные данные фактических наблюдений метеорологических станций «Центра гидрометеорологии и мониторинга» ГНКО Министерства окружающей среды Республики Армения на изучаемой территории, а также агроклиматические справочники и ежегодники. В работе применены следующие методы: математико-статистический, экстраполяционный, интерполяционный, аналитический, корреляционный, а также методы анализа и аналога.

Выяснилось, что имеющая относительно засушливый климат территория Араратской долины и предгорной зоны по климатическим показателям термических агроклиматических ресурсов является наиболее благоприятным сельскохозяйственным регионом республики. Термические условия региона благоприятны для роста и развития разных культур, однако, нужно учитывать опасность поздних весенних и ранних осенних заморозков. Предложены меры адаптации сельскохозяйственного производства к климатическим изменениям.

Полученные результаты могут быть использованы при планировании развития сельскохозяйственного производства на территории Араратской долины и предгорной зоны, при разработке агроклиматических кадастров территорий и климатическом обслуживании отраслей народного хозяйства.

Ключевые слова: даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C, +5°C и +10°C весной и осенью, климатическая весна, климатическая осень, период вегетации, изменения климата, Араратская долина и предгорная зона, Армения.

DOI: 10.24412/1993-3916-2023-4-135-147

EDN: TDVLJJ

Обеспечение продовольственной безопасности является важнейшей составляющей национальной безопасности. Это подтверждается как международными, так и многочисленными правовыми актами, принятыми Республикой Армения, среди которых можно выделить следующие: Декларация прав человека (1948), Цели развития тысячелетия (2000), Закон Республики Армения «Об обеспечении продовольственной безопасности» (2002), «Стратегия национальной безопасности Республики Армения» (2020), «Концепция обеспечения продовольственной безопасности Республики Армения» (2011), «Стратегия устойчивого развития села и сельского хозяйства Республики Армения в 2010-2020 гг.» (2010). Основными задачами «Концепции обеспечения продовольственной безопасности ...» (2002) являются рациональное использование природных ресурсов с точки зрения обеспечения продовольственной безопасности и предотвращение отрицательных воздействий на окружающую среду.

В реализации продовольственной программы как Армении, так и других стран (Карпович и др., 2016), с целью получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур важное место занимает проблема рационального использования всех природных ресурсов, где ведущая роль принадлежит климату. Решение этой актуальной проблемы связано с разработкой эффективных методов детальной оценки агроклиматических ресурсов с использованием показателей климата.

На сельскохозяйственное производство термические ресурсы имеют значимое влияние. Они определяют рост и развитие сельскохозяйственных культур, условия перезимовки, периоды проведения полевых работ, урожайность. Поэтому знания скорости тенденции и направления временной изменчивости, закономерности территориального распределения основных агроклиматических значений (в т.ч. термических ресурсов) являются важным основанием для выявления и оценки реакции сельскохозяйственных культур на колебание климата, для разработки и совершенствования климатически адаптированных систем земледелия.

Во многих работах проводятся исследования в области изменения климата и агрометеорологии на территории Республики Армения. К числу наиболее заметных работ можно отнести следующие: В.Г. Маргарян (2020), В.Г. Маргарян и Е.В. Гайдукова (2022). В нашей статье основное внимание уделено оценке показателей термических агрометеорологических ресурсов. Данные о температурном режиме Армении, в т.ч. на изучаемой территории, приведены в ряде климатических и агроклиматических справочников (Агроклиматические ресурсы ..., 1976; 2011; Справочник ..., 2011).

Поставлены следующие цели исследований и задачи:

- изучить и оценить термические агроклиматические условия и ресурсы основной сельскохозяйственной территории республики, Арагатской долины и предгорной зоны;
- оценить особенности территориальной изменчивости термических агроклиматических ресурсов;
- проанализировать и оценить закономерности временного распределения показателей термических агроклиматических ресурсов в условиях потепления климата.

Материалы и методы

Арагатская долина является одним из подрайонов Арагатского физико-географического района (Багдасарян, 1958). В пределах республики она имеет длину 100 км, ее ширина на северо-западе достигает 15-17 км, в юго-западной части – 4-5 км. Поверхность плоская. Высота местности над уровнем моря БС – 800-1000 м; предгорная зона включает южные склоны массива Арагац до высоты 1600 м н.у.м. БС, Егвардское и Канакерское плато, западные склоны и предгорная часть бассейна реки Арпа до высоты 1600 м н.у.м. БС. Арагатская равнина является одним из наиболее засушливых районов Закавказья, что обосновано, главным образом, замкнутостью. Характерной особенностью климата изучаемой территории является его резкая континентальность с большими годовыми и суточными колебаниями температуры воздуха. На территории абсолютные минимальные температуры воздуха в годовом разрезе меняются от -20.6°C до -32.6°C , а абсолютные максимальные температуры – в пределах $+37.5 \dots 42.6^{\circ}\text{C}$ (Маргарян, 2019). Ландшафт равнинной части Арагатской долины типично пустынный-полупустынный, с характерными сероземными почвами. Значительная часть равнины обработана и покрыта культурно-поливными почвами. В предгорной зоне на сравнительно низких отметках – серые и бурые почвы, иногда перемежающиеся с солонцеватыми и солончakovатыми почвами, но преобладающими в этом районе являются каштановые почвы, на верхней границе переходящие в черноземы. Почвы эти покрыты разнотравной степной растительностью.

Для решения поставленных задач в качестве теоретической и информационной основ в работе послужили соответствующие исследования, опубликованные в работах Н.Д. Давыдова (2022), S.M. Howden с соавторами (2007), V.G. Margaryan с соавторами (2017), G.D.V. Williams с коллегами (1988).

В качестве исходного материала в работе использованы суточные данные фактических наблюдений метеорологических станций на изучаемой территории «Центра гидрометеорологии и мониторинга» ГНКО Министерства окружающей среды Республики Армения, а также агроклиматические справочники и ежегодники (Агроклиматические ресурсы ..., 1976; 2011;

Справочник ..., 2011). В настоящее время на рассматриваемой 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. Таким образом, исследования основаны на фактических данных о суточной температуре воздуха 9 метеорологических станций, действующих в настоящее время на территории Араратской долины и ее предгорной зоны (рис. 1).

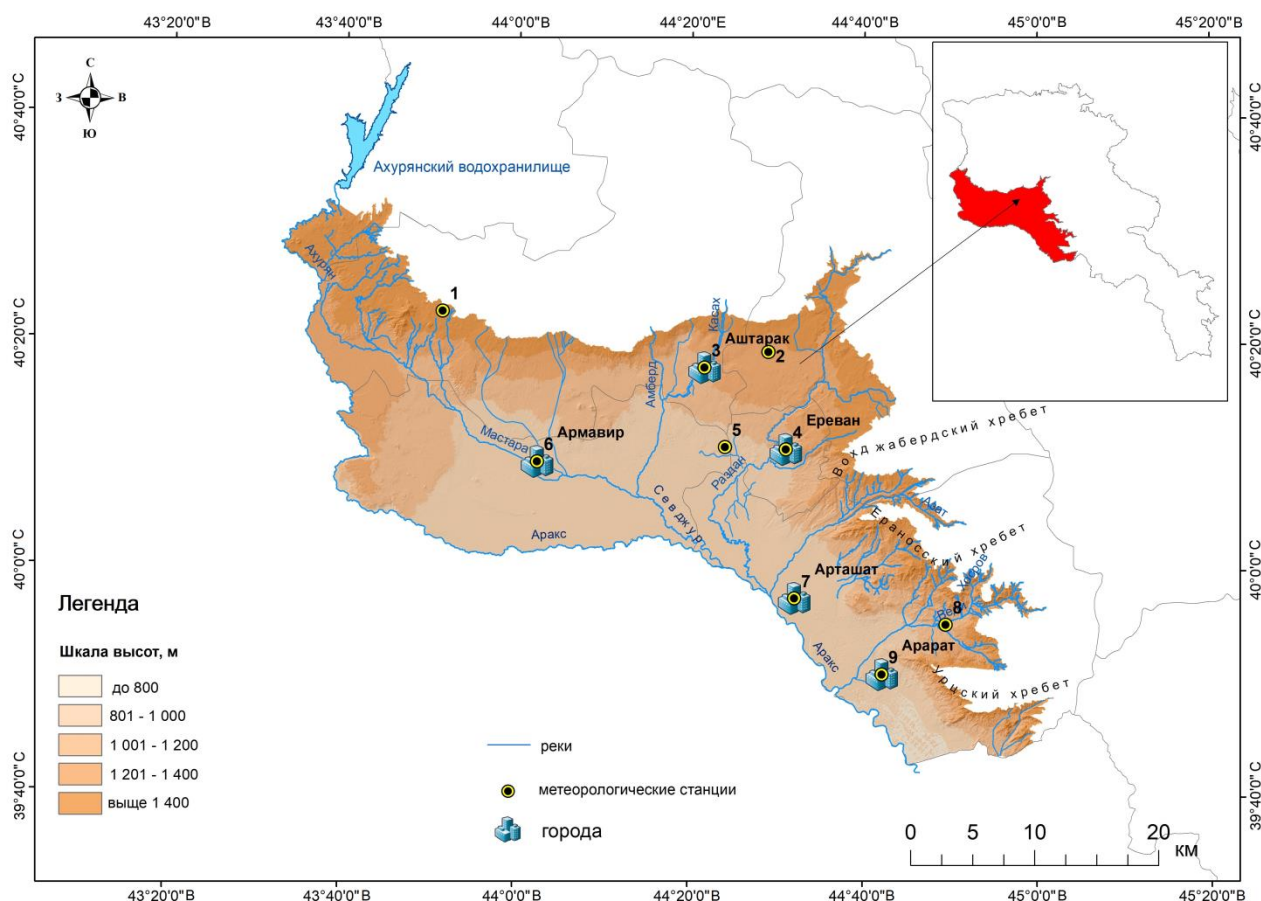


Рис. 1. Сеть метеорологических станций на территории Араратской долины и ее предгорья. Условные обозначения. Метеорологические станции (м/ст.): 1 – Талин, 2 – Егвард, 3 – Аштарак, 4 – Ереван «арабкир», 5 – Ереван «агро», 6 – Армавир, 7 – Арташат, 8 – Урцадзор, 9 – Арарат.

В качестве климатических показателей термических агроклиматических ресурсов в работе рассчитаны и использованы суммы среднесуточных значений температуры воздуха за вегетационный период со среднесуточной температурой, превышающей 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$; даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$ и $+15^{\circ}\text{C}$ весной и осенью; продолжительность периодов календарного года со среднесуточной температурой, превышающей 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$ и $+15^{\circ}\text{C}$; а также периоды со среднесуточной температурой от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+15^{\circ}\text{C}$ (климатическая весна) и от $+15^{\circ}\text{C}$ до $+5^{\circ}\text{C}$ (климатическая осень); средняя температура самого холодного и самого теплого месяцев календарного года.

В работе использованы методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии.

Результаты и обсуждение

Имеющиеся исследования свидетельствуют о неоспоримой реальности климатических изменений на территории Араратской долины и прилегающей предгорной зоны. В результате этого наблюдаются тенденции изменения показателей термических агроклиматических ресурсов, в итоге растут риски продовольственной безопасности.

В таблице 1 представлены даты устойчивого перехода температуры воздуха через определенные значения. Дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C принимается за начало зимнего сезона. Нулевая средняя суточная температура воздуха осенью на территории Араратской долины и предгорной зоны устанавливается с 30 ноября по 13-15 декабря, а в среднем по изучаемой территории – 11 декабря (табл. 1).

Таблица 1. Даты перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C, +5°C, +10°C и +15°C на территории Араратской долины и предгорной зоны (Агроклиматические ресурсы ..., 2011).

Метеостанции	0°C		+5°C		+10°C		+15°C	
Талин	30.11	12.03	02.04	08.11	01.05	16.10	05.06	22.09
Егвард	06.12	03.03	27.03	14.11	18.04	22.10	20.05	03.10
Аштарак	14.12	24.02	18.03	21.11	08.04	01.11	09.05	08.10
Ереван «арабкир»	15.12	19.02	14.03	22.11	05.04	29.10	06.05	08.10
Ереван «агро»	11.12	22.02	17.03	18.11	02.04	28.10	06.05	07.10
Армавир	10.12	24.02	17.03	18.11	03.04	30.10	01.05	06.10
Арташат	13.12	20.02	15.03	21.11	01.04	31.10	30.04	05.10
Урцадзор	13.12	21.02	14.03	21.11	04.04	29.10	05.05	08.10
Арарат	14.12	17.02	10.03	20.11	30.03	29.10	24.04	12.10

Даты перехода средней суточной температуры воздуха через +5°C на изучаемой территории устанавливаются с 10 марта по 2 апреля, а в среднем – 18 марта. Как правило, с переходом температуры воздуха через +5°C весной начинается вегетация озимых культур и начало весенне-полевых работ, а осенью это означает прекращение вегетации озимых культур. Период от даты перехода температуры через +5°C до даты перехода через 0°C представляет собой период закалки озимых и перехода их к зимнему покою. Последний устанавливается в среднем от первой-второй декады ноября до первой половины декабря и длится 24 дня.

Даты перехода средней суточной температуры воздуха через +10°C весной и осенью наблюдаются с конца третьей декады марта (30 марта) по первую декаду мая (1 мая), в среднем – 8 апреля. Лишь при температуре +10°C и выше начинается активная фаза вегетации сельскохозяйственных культур (Переведенцев и др., 2012). Период со среднесуточной температурой, превышающей +10°C весной и осенью, продолжается от 167 до 212 дней (с 30 марта по 1 ноября), в среднем – 201 день. Период активной вегетации является основным в жизни растений. От его продолжительности, а также от обеспеченности его теплом и влагой зависит рост и развитие сельскохозяйственных культур, степень их вызревания и урожайность.

В таблице 2 представлены даты начала, окончания и продолжительность сезонов, которые подчинены законам высотной поясности. Из таблицы 2 видно, что переход от сезона к сезону происходит постепенно. Обычно начало следующего сезона в значительной степени зависит от характера предыдущего. При переходе в течение нескольких дней происходят изменения в температурном режиме, характере подстилающей поверхности (сход снежного покрова, образование растительности и т.д.), величине поглощаемой солнечной радиации (Переведенцев и др., 2012).

За начало и завершение зимнего периода принимаются даты перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C осенью и весной. Зима по средним многолетним значениям датам начинается 11 декабря, а заканчивается 24 февраля. Продолжительность зимнего периода составляет от 66 до 103 дней, в среднем – 77 дней. Начало весеннего периода по средним многолетним датам отмечается 25 февраля (дата перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C), а конец – 8 мая (дата перехода среднесуточной температуры воздуха через +15°C). Продолжительность весеннего периода (период между датами перехода температуры воздуха через 0° и +15°C) меняется в диапазоне от 65 до 84 дней и в среднем составляет 72 дня. За начало и конец летнего периода принимается дата перехода среднесуточной температуры воздуха через +15°C. Летний период (дата перехода среднесуточной температуры воздуха через +15°C) начинается по средним многолетним данным 9 мая, а оканчивается 5 октября. Продолжительность летнего периода

колеблется в довольно больших пределах – от 109 до 171 дня, в среднем составляя 150 дней. Начало осеннего периода по средним температурам устанавливается 6 октября, а конец – 10 декабря. За начало осеннего периода принято считать дату перехода температуры воздуха через $+15^{\circ}\text{C}$ в сторону ее понижения, за конец – дату перехода температуры воздуха через 0°C . Продолжительность осеннего периода (когда среднесуточная температура воздуха снижается с $+15^{\circ}\text{C}$ до 0°C) в среднем по территории составляет 65 дней (от 62 до 68 дней).

Таблица 2. Даты (начало, конец) и продолжительность (дни) климатических сезонов года на территории Араратской долины и предгорной зоны по высотной поясности.

Сезон	Абсолютная высота над уровнем моря БС, м				
	800	1000	1200	1400	1600
Начало, дата					
Зима	19.12	13.12	08.12	02.12	27.11
Весна	15.02	22.02	01.03	09.03	16.03
Лето	26.04	06.05	15.05	25.05	03.06
Осень	14.10	08.10	03.10	28.09	23.09
Конец, дата					
Зима	14.02	21.02	28.02	08.03	15.03
Весна	25.04	05.05	14.05	24.05	02.06
Лето	13.10	07.10	02.10	27.09	22.09
Осень	18.12	12.12	07.12	01.12	27.11
Продолжительность, дни					
Зима	59	72	83	95	108
Весна	71	73	75	77	79
Лето	171	155	141	126	110
Осень	64	65	66	67	68

Даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$ весной и осенью, как и многие другие элементы климатических показателей термических агроклиматических ресурсов на изучаемой территории, в значительной степени зависят от высотного положения территории. В работе представлены зависимости дат начала и конца устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$ весной и осенью (рис. 2) от абсолютной высоты местности территории Араратской долины и предгорной зоны. Согласно рисунку 2, на изучаемой территории с высотой даты начала перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C регистрируются в более ранние сроки, а заканчиваются эти температуры в более поздние сроки, т.е. повышается продолжительность данного периода (рис. 3а). С высотой даты начала перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$ наблюдаются в более поздние сроки и заканчиваются в более ранние, т.е. уменьшается продолжительность периодов (рис. 3б, в).

В исследовании также рассматривались вопросы, связанные с периодами со среднесуточной температурой от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+15^{\circ}\text{C}$ (климатическая весна) и от $+15^{\circ}\text{C}$ до $+5^{\circ}\text{C}$ (климатическая осень). Климатическая весна начинается по средним многолетним датам 18 марта, а заканчивается 8 мая. Средняя продолжительность по территории составляет 52 дня (от 46 до 65 дней). В период времени между датами переходов средней суточной температуры воздуха через $+15^{\circ}\text{C}$ и $+5^{\circ}\text{C}$ заканчиваются уборочные работы и производятся работы, связанные с обработкой почвы. Климатическая осень начинается по средним многолетним датам 6 октября, а заканчивается 11 декабря. Средняя продолжительность по территории составляет 45 дней (от 40 до 48 дней).

В таблице 3 представлены суммы среднесуточных значений температуры воздуха за вегетационный период со среднесуточной температурой, превышающей 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$, а также средняя температура самого холодного (январь) и самого теплого (июль-август) месяцев, значения абсолютной минимальной и максимальной температур воздуха календарного года на Араратской

равнине и в ее предгорной зоне. Приведенные климатические показатели термических агроклиматических ресурсов рассчитаны за период последних трех десятилетий (1993-2019 гг.), когда на изучаемой территории наблюдался значительный рост зимних и летних температур. За период вегетации принят III-X период – с марта по октябрь. Суммы среднесуточных значений температуры воздуха за вегетационный период со среднесуточной температурой, превышающей $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$, выражают действие теплового фактора на урожайность. На изучаемой территории за вегетационный период сумма температуры воздуха, превышающая $+10^{\circ}\text{C}$, в среднем составляет 2971°C и более, что способствует накоплению большого количества сахара в плодах.

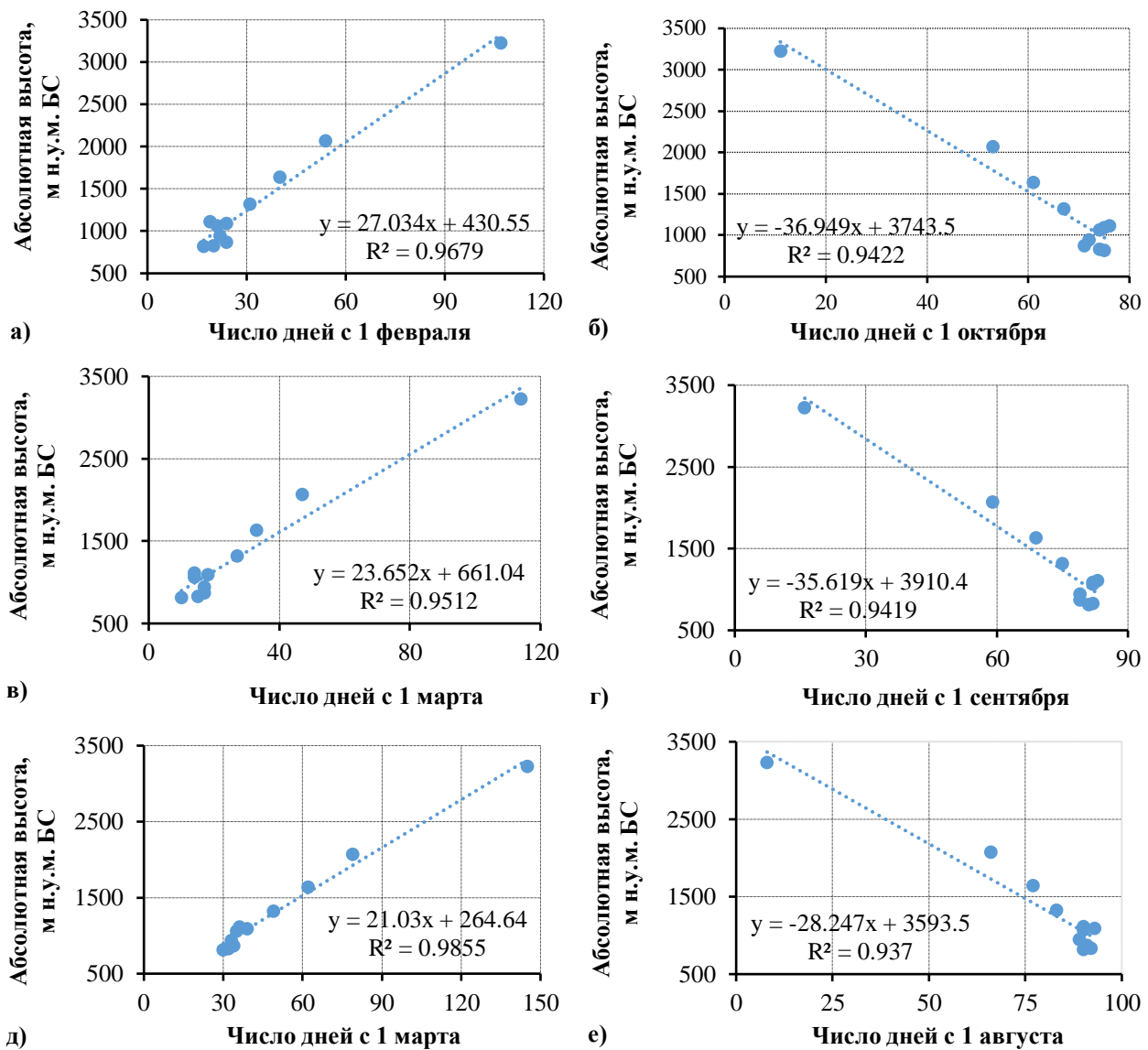


Рис. 2. Зависимость даты начала и конца перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C (а, б), через $+5^{\circ}\text{C}$ (в, г), через $+10^{\circ}\text{C}$ (д, е) от абсолютной высоты территории Араратской долины и ее предгорной зоны.

Сопоставляя требования сельскохозяйственной культуры к сумме температур выше $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$ со средними значениями данной местности, можно определить, какую сельскохозяйственную культуру целесообразно выращивать на данной территории. Исследования свидетельствуют о том (Маргарян, Гайдукова, 2022), что в этом районе сумма температур выше $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$ больше, чем необходимая сумма температур для выращивания сельскохозяйственных культур: субтропических, технических, плодовых, зерновых, корнеплодов. А это значит, термические условия региона

благоприятны для их выращивания. Однако нужно учесть опасность поздних весенних и ранних осенних заморозков.

Как следует из таблицы 3, диапазон сумм среднесуточных температур воздуха, превышающих 0°C, +5°C и +10°C, по изучаемой территории весьма широк. Сумма среднесуточной температуры воздуха, превышающей 0°C, в среднем меняется в диапазоне от 3343°C до 4624°C; сумма среднесуточной температуры воздуха, превышающей +5°C, – от 3258°C до 4608°C; сумма среднесуточной температуры воздуха, превышающей +10°C, – от 2934°C до 4432°C. С высотой отмечается уменьшение значений. Вертикальный градиент суммы среднесуточной температуры воздуха, превышающей 0°C, составляет 156°C / 100 м; суммы среднесуточной температуры воздуха, превышающей +5°C, – 160°C / 100 м; суммы среднесуточной температуры воздуха, превышающей +10°C, – 174°C / 100 м. Следовательно, с увеличением среднесуточной температуры воздуха, превышающей обозначенные значения, уменьшение их суммы с высотой происходит быстрее.

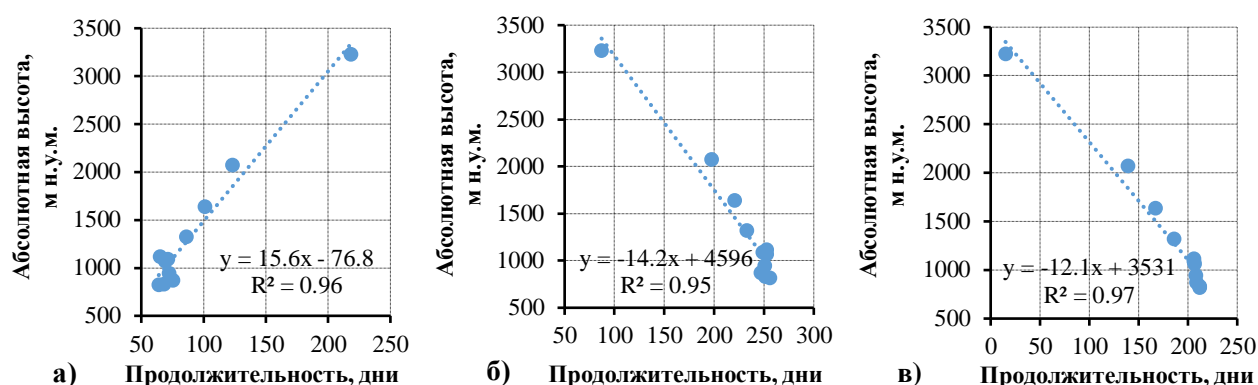


Рис. 3. Зависимость продолжительности (дни) перехода среднесуточной температуры воздуха через а) 0°C, б) +5°C, в) +10°C от абсолютной высоты территории Араратской долины и предгорной зоны.

Таблица 3. Основные агрометеорологические показатели температуры воздуха за 1993-2019 гг.

Метеостанции	Суммы со среднесуточной температурой, воздуха превышающей:			Средняя температура самого теплого и самого холодного месяца, °C		Абсолютная минимальная и максимальная температура воздуха, °C	
	0°C	+5°C	+10°C	января	июля-августа	мин.	макс.
Талин	3380	3295	2971	-5.26	21.5	-23.0	37.5
Егвард	3893	3850	3578	-3.19	23.6	-21.8	38.6
Аштарак	4371	4341	4128	-2.69	25.7	-22.5	41.2
Ереван «арабкир»	4490	4484	4276	-2.28	25.9	-20.0	41.9
Ереван «агро»	4531	4506	4308	-3.43	26.6	-28.3	41.6
Армавир	4437	4411	4211	-3.33	25.8	-28.0	41.5
Арташат	4542	4520	4335	-2.78	26.2	-27.3	42.3
Урцадзор	4381	4355	4165	-2.74	25.3	-26.1	42.5
Арарат	4664	4644	4468	-2.62	26.7	-31.6	42.6

На территории Араратской долины и в ее предгорной зоне часть сельскохозяйственных культур (многолетние травы и озимые) зимуют. В это время они переходят в фазу своего относительного покоя, почва заряжается водами талого снега, но также в этот период вероятны опасные явления, такие как сильные морозы, внезапные оттепели, мощный снежный покров, недостаток снега, метели. Следовательно, минимальные температуры резко отрицательно влияют на сельхозкультуры, особенно много вреда причиняя плодовым деревьям именно Араратской долины. В долине

минимальные температуры воздуха более низкие, чем в предгорной зоне. Причина в том, что с горных склонов в сторону котловины дует и скапливается холодный воздух, что все более и более усиливая морозы. В предгорных районах Араратской долины (на высотах от 1200-1300 до 1400-1600 м н.у.м. БС) абсолютная минимальная температура воздуха на 4.0-5.0°C выше (в абсолютном отношении), чем в долине. На территории долины и в ее предгорной зоне за период 1993-2019 гг. абсолютные минимальные температуры воздуха в годовом разрезе меняются от -20.0°C до -31.6°C, а абсолютные максимальные температуры – от +37.5°C до +42.6°C. В регионе, согласно данным фактических наблюдений метеостанций, абсолютные максимальные и абсолютные минимальные температуры (в абсолютном отношении) проявляют тенденции роста (Маргарян, 2019). Эта закономерная динамика свидетельствует о том, что на изучаемой территории в плане температур регистрируется тенденция опустынивания, смягчение зим. На рисунке 4 представлена динамика изменения абсолютной максимальной (рис. 4а) и абсолютной минимальной (рис. 4б) температур воздуха на примере метеорологической станции Арташат.

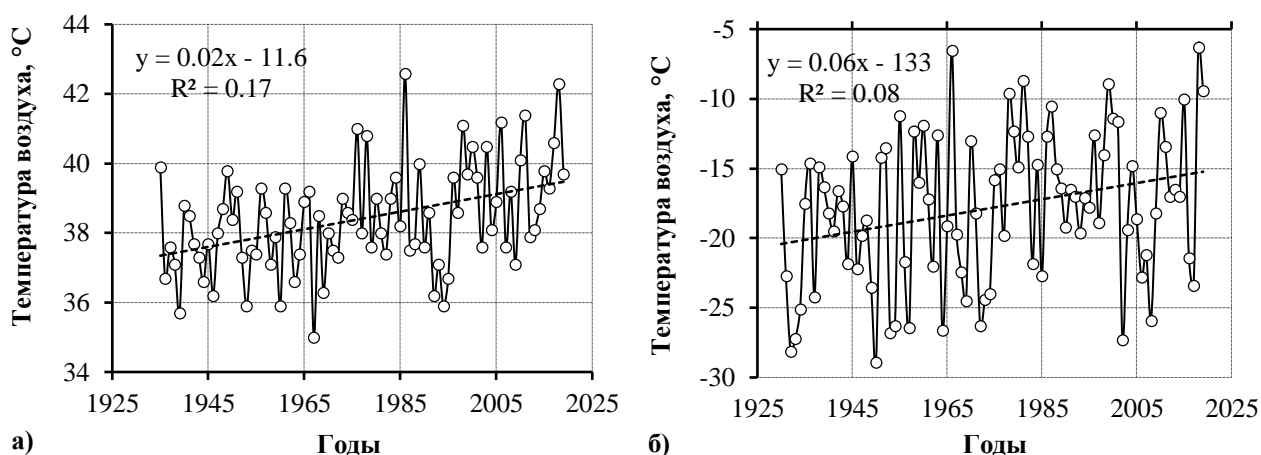


Рис. 4. Динамика изменения абсолютной максимальной (а) и абсолютной минимальной (б) температур воздуха на метеорологической станции Арташат.

На изучаемой территории, согласно фактическим наблюдениям за период 1993-2019 гг., средняя температура самого холодного месяца (январь) колеблется от -2.28°C до -5.26°C, а средняя температура самых теплых месяцев (июль-август) – от +21.5°C до +26.7 °C. Высокие температуры в основном наблюдаются в июле-августе, а иногда в сентябре. Отмечается закономерное изменение обозначенных температур с высотой местности. Как правило, с высотой повышается средняя температура января и уменьшается средняя температура июля-августа. Полученные зависимости можно использовать для предварительных расчетов средней температуры января (рис. 5б) и июля-августа (рис. 5а) неизученных территорий. Получены тесные корреляционные связи между значениями средней температуры января и июля-августа (рис. 5в). Эта связь позволяет сказать, что в течение года переход температуры воздуха от одного месяца к другому происходит плавно и закономерно. Последнее можно использовать при расчете характеристики средней температуры, если известна другая. Абсолютная максимальная температура воздуха с увеличением высоты местности понижается, абсолютная минимальная температура – повышается до высоты 1200-1300 м н.у.м. БС, а выше 1300 м – наоборот, понижается (Маргарян, Самвелян, 2019). При этом с высотой изменения средней месячной температуры выражаются более четко, чем абсолютных температур, в особенности абсолютных минимальных температур. Это обусловлено сложностью орографии изучаемой территории, зимой здесь наблюдается инверсия.

Были также проанализированы временные изменчивости суммы со среднесуточной температурой воздуха, превышающей 0°C, +5°C и +10°C, за период с 1993 по 2019 гг. для всей изучаемой территории по всем метеостанциям (рис. 6). Как показывает рисунок 6, для всей территории тренды температуры в целом положительны. Наблюдается значительный рост (табл. 4), в особенности среднесуточной температуры воздуха, превышающей +5°C. Скорость изменения

суммы среднесуточной температуры воздуха, превышающей $+5^{\circ}\text{C}$ ($+142^{\circ}\text{C} / 10$ лет), выше скорости изменения сумм среднесуточных температур воздуха, превышающих 0°C и $+10^{\circ}\text{C}$ ($+138^{\circ}\text{C} / 10$ лет). В условиях прогнозируемого повышения температуры (рис. 6) следует ожидать осушения климата и ускорения процессов опустынивания на территории Араратской долины и предгорной зоны. А сухой континентальный климат делает невозможным выращивание сельскохозяйственных культур без искусственного орошения.

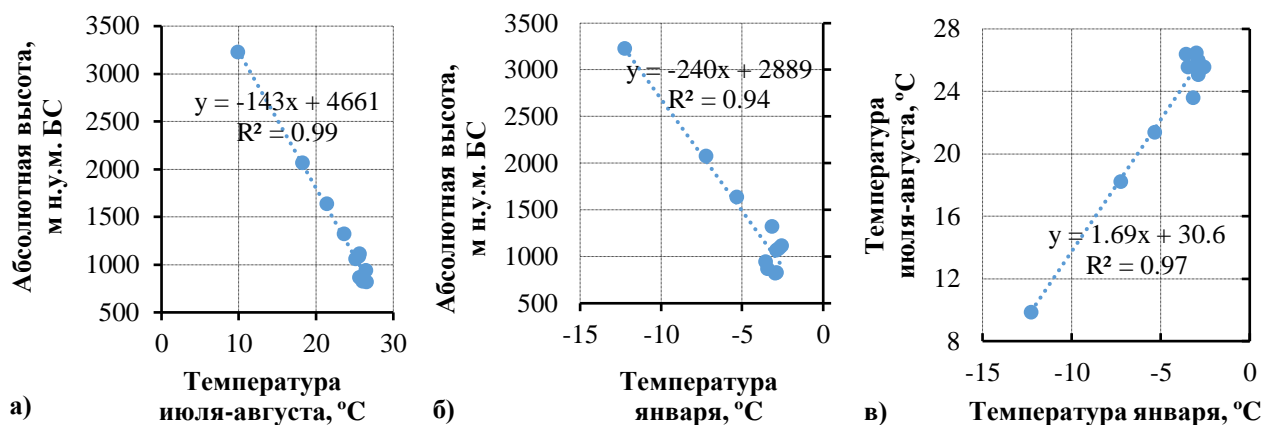


Рис. 5. Зависимость среднемесячной температуры января (б) и июля-августа (а) от абсолютной высоты и корреляционная связь между величинами среднемесячной температуры января и июля-августа (в) на территории Араратской долины и предгорной зоны.

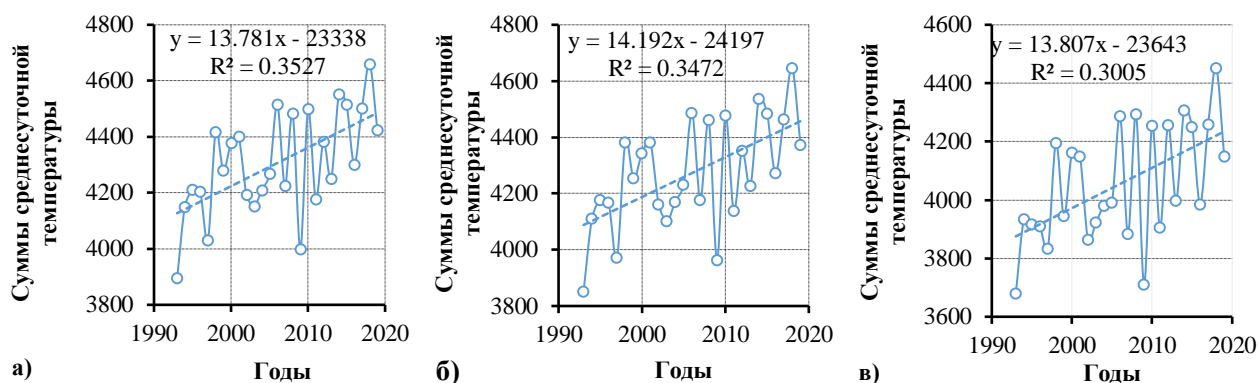


Рис. 6. Временные изменчивости суммы со среднесуточной температурой воздуха, превышающей а) 0°C , б) $+5^{\circ}\text{C}$, в) $+10^{\circ}\text{C}$.

Как видно из таблицы 4, среднее квадратическое отклонение составляет от 181 до 196, что указывает на значительное рассеяние и асимметрию распределения сумм среднесуточных температур воздуха. Естественно, на территории Араратской долины и ее предгорной зоны отмечается большая межгодовая изменчивость максимальной скорости ветра. Величина среднего квадратического отклонения характеризует межгодовую изменчивость суммы среднесуточной температуры воздуха. Большим значениям суммы среднесуточной температуры воздуха соответствуют и повышенные значения среднего квадратического отклонения, и средней квадратической погрешности. Для оценки характеристик относительной устойчивости режима суммы среднесуточной температуры воздуха по территории рассчитывалась величина коэффициента вариации. Коэффициенты вариации сумм среднесуточных температур воздуха, превышающих 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$, варьируются от 0.04 до 0.05. В целях оценки соответствия распределения сумм среднесуточных температур воздуха, превышающих 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$, для всех станций рассчитывался коэффициент асимметрии, значения которого варьируются от -0.20 до 0.06.

Для выявления тенденции изменения суммы среднесуточной температуры воздуха во времени

рассчитывались коэффициенты наклона линейного тренда ($^{\circ}\text{C} / 10$ лет). Как показывают данные из таблицы 4, для всей изучаемой территории годовой тренд суммы температуры воздуха положительный. За период 1993-2019 гг. скорость годового повышения суммы температур воздуха, превышающих 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$, составляет от 138 до $142^{\circ}\text{C} / 10$ лет. При этом наиболее существенным повышением скорости наблюдается для суммы температуры воздуха, превышающей $+5^{\circ}\text{C}$. По данным исследований за 25-30-летний период, в среднем в межгодовом ходе наблюдается повышение суммы температуры воздуха, превышающей $+5^{\circ}\text{C}$, на 383°C , а суммы температуры воздуха, превышающей 0°C и $+10^{\circ}\text{C}$, – на 373°C . Основной причиной повышения суммы температуры может быть современная эволюция климата (долгосрочное повышение средней температуры). Так как изменения суммы температуры воздуха являются местным проявлением изменения процессов глобальной циркуляции, возможно использовать ее как индикатор изменения климата.

Таблица 4. Статистические характеристики линейных трендов и изменения сумм среднесуточных температур воздуха, превышающих 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$.

Температура воздуха, превышающая:	Коэффициент детерминации, R^2	Статистические характеристики					
		Скорость изменения суммы со среднесуточной температурой воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет)	Изменения суммы со среднесуточной температурой воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Средне-квадратические отклонения	Средне-квадратическая погрешность	Коэффициент вариации	Коэффициент асимметрии
0°C	0.35	+138	373	181	34.8	0.04	-0.19
$+5^{\circ}\text{C}$	0.35	+142	383	188	36.1	0.04	-0.20
$+10^{\circ}\text{C}$	0.30	+138	373	196	37.8	0.05	0.06

Увеличение суммы температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ отмечено и таких регионах, как лесостепная зона и широколиственные леса на европейской территории России, так и в Западной Сибири (Виноградова и др., 2015), Ульяновской области (Переведенцев и др., 2012), Центральное Нечерноземье (Суховеева, 2016). Положительная тенденция средних годовых температур отмечена в Байкальском регионе (Максютова и др., 2012), на территории Беларуси (Давыденко, 2014), в аридных зонах Поволжья (Губарев и др., 2022).

В таблице 5 приведены межгодовые колебания сумм среднесуточных температур воздуха, превышающих $+10^{\circ}\text{C}$, по высотной поясности. Из этих данных следует, что с высотой перемещение восходящих зон, а также изменение границ поясов неизбежно. И, как следствие, необходимо подробно и научно-обоснованно изучить пути адаптации сельскохозяйственных культур к этим изменениям.

Таблица 5. Межгодовые колебания сумм среднесуточных температур воздуха, превышающих $+10^{\circ}\text{C}$, по высотной поясности.

Суммы температур воздуха	Высотная поясность, м н.у.м. БС				
	800	1000	1200	1400	1600
Превышающей $+10^{\circ}\text{C}$	447	408	369	330	291

Таким образом, на территории Араратской долины и ее предгорной зоны последствия климатических изменений являются подтвержденной реальностью. За последние 70-80 лет стабильно меняются суммы температур, превышающих 0°C и $+10^{\circ}\text{C}$, экстремальные значения температур, средняя температура самого холодного (январь) и самого теплого (июль-август) месяцев. В результате также меняются периоды фенологических фаз развития культур и пределы их

выращивания, продолжительность вегетационного периода. Установлены также уменьшение запасов влаги в почвах до уровня влажности завядания и ниже (Давыдова, 2022), иссушение водоемов и болот (Замана, 2010; Slynko et al., 2010; Давыдова, 2020), гибель древостоев, трансформация травяного покрова степей, уменьшение высоты и густоты травостоя, увеличение площади солончаков (Давыдова, 2022), снижение численности птиц, занесенных в Красные книги (Горошко, 2010), смещение границы опустыненных степей к северу (Иванов и др., 2010), аридизации, опустыниванию и деградации земель (Губарев и др., 2022).

В случае успешного прогнозирования климатических изменений и осуществления разумных программ по адаптации потери в области сельского хозяйства можно довести до минимума, одновременно имея новые перспективы. В этом плане предлагается осуществить соответствующие мероприятия, выращивать новые теплолюбивые и засухоустойчивые высокоурожайные культуры.

Выводы

В результате проведенных исследований сделаны нижеследующие выводы.

– С высотой даты начала перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C регистрируются в более ранние сроки и заканчиваются в более поздние сроки, а даты начала перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$ регистрируются в более поздние сроки и заканчиваются в более ранние. То есть повышается продолжительность периода среднесуточной температуры воздуха, превышающей 0°C , и уменьшается продолжительность периода среднесуточной температуры воздуха, превышающей $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$.

– Суммы среднесуточных температур воздуха, превышающих 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$, в среднем меняются в диапазоне от 3343 до 4624 $^{\circ}\text{C}$, от 3258 до 4608 $^{\circ}\text{C}$ и от 2934 до 4432 $^{\circ}\text{C}$ соответственно.

– Изучаемая территория выделяется потенциалом термических ресурсов, который благоприятен для выращивания субтропических (гранат, инжир, маслина, миндаль), технических (хлопчатник), зерновых, корнеплодов и других культур, а также плодовых садов (персик, абрикос, яблоко, груша). Однако нужно учесть опасность поздних весенних и ранних осенних заморозков.

– С высотой отмечается уменьшение значений сумм среднесуточных температур воздуха, превышающих 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$. С увеличением значений, превышающих 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$ среднесуточной температуры воздуха, суммы с высотой уменьшаются быстрее.

– Средняя температура самого холодного месяца (январь) колеблется в пределах от -2.28°C до -5.26°C , а абсолютные минимальные температуры воздуха – от -20.0°C до -31.6°C . На Араратской равнине минимальные температуры воздуха более низкие, чем в ее предгорной зоне, что обусловлено инверсией. С высотой обычно уменьшается средняя температура января (в абсолютном отношении).

– Средняя температура самого теплого месяца (июль-август) составляет от $+21.5^{\circ}\text{C}$ до $+26.7^{\circ}\text{C}$, а абсолютные максимальные температуры – от 37.5°C до $+42.6^{\circ}\text{C}$.

– Получены тесные корреляционные связи между значениями средней температуры января и июля-августа, которые можно использовать при расчете характеристики средней температуры, если известна другая.

– Отмечается положительный тренд сумм среднесуточных температур воздуха, превышающих 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$, за период с 1993 по 2019 гг. Скорость изменения составляет от $138^{\circ}\text{C} / 10$ лет до $142^{\circ}\text{C} / 10$ лет.

– За 25-30-летний период в межгодовом ходе сумм температур воздуха, превышающих 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$, в среднем повысилась от 373°C до 383°C .

Рекомендуется расширение посевных площадей более теплолюбивых, засухоустойчивых и более урожайных культур.

Финансирование. Исследование выполнено 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».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агроклиматические ресурсы Армянской ССР. 1976 / Ред. Р.С. Мкртчян. Л.: Гидрометеиздат. 388 с.
Агроклиматические ресурсы Армении. 2011 // Ред. Р.С. Мкртчян, Д.О. Мелконян, В.А. Бадалян. Ереван:

- «Службы по гидрометеорологии и мониторингу» МЧС Республики Армения. 155 с. (на армянском языке.)
- Багдасарян А.Б. 1958. Климат Армянской ССР. Ереван: Изд-во АН АрмССР. 151 с.
- Виноградова В.В., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А. 2015. Динамика увлажнения и теплообеспеченности в переходных ландшафтных зонах по спутниковым и метеорологическим данным в начале XXI века // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 12. № 2. С. 162-172.
- Горошко О.А. 2010. Традиционное скотоводство и экологические проблемы трансграничной Даурии в условиях многолетних засух // Социально-эколого-экономические проблемы развития приграничных регионов России-Китая-Монголии. Материалы Научно-практической конференции. Чита: Экспресс-издательство. С. 22-26.
- Губарев Д.И., Левицкая Н.Г., Деревягин С.С. 2022. Влияние изменений климата на деградацию почв в аридных зонах Поволжья // Аридные экосистемы. Т. 28. № 1 (90). С. 20-27. [Gubarev D.I., Levitskaya N.G., Derevyagin S.S. 2022. Influence of Climate Change on Soil Degradation in Arid Zones of the Volga Region // Arid Ecosystems. Vol. 12. No. 1. P. 15-21.]
- Давыденко О.В. 2014. Динамика средних годовых температур воздуха и их внутригодовых вариаций на территории Беларуси // Вестник БГУ. Серия 2. № 2. С. 89-95.
- Давыдова Н.Д. 2020. Состояние озер Онон-Аргунского междуречья в условиях меняющегося климата // География и природные ресурсы. № 5. С. 147-153.
- Давыдова Н.Д. 2022. Изменения в компонентах степных геосистем Юго-восточного Забайкалья в условиях потепления климата // Аридные экосистемы. Т. 28. № 1 (90). С. 3-10. [Davydova N.D. 2022. Change in the Components of Steppe Geosystems in the Southwestern Transbaikal Region with Climate Warming // Arid Ecosystems. Vol. 12. No. 1. P. 1-7.]
- Декларация прав человека. 1948 [Электронный ресурс https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/declhr.shtml (дата обращения 03.04.2023)].
- Закон Республики Армения «Об обеспечении продовольственной безопасности». 2002 [Электронный ресурс <https://www.arlis.am/DocumentView.aspx?docid=63049> (дата обращения 03.04.2023)].
- Замана Л.В. 2010. Соленые озера Забайкалья как индикаторы климатических изменений в северо-восточном секторе Центральной Азии // Социально-эколого-экономические проблемы развития приграничных регионов России-Китая-Монголии. Материалы Научно-практической конференции. Чита: Экспрессиздательство. С. 22-26.
- Иванов Л.А., Иванова Л.А., Рончина Д.А. 2010. Зональные изменения структурно-функциональных параметров листьев растений Монголии // Ecological Consequences of Biosphere Processes in the Ecotone Zone of Southern Siberia and Central Asia: Proceeding of the International Conference. Oral Reports. Ulaanbaatar: Bembis Publishing House. Vol. 1. P. 127-129
- Карпович К.И., Шарипова Р.Б., Сабитов М.М. 2016. Агроклиматические показатели Ульяновской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. № 3 (35). С. 9-13.
- Концепция обеспечения продовольственной безопасности Республики Армения. 2011 [Электронный ресурс <https://shorturl.at/joFY9> (дата обращения 03.04.2023)].
- Максютова Е.В., Кичигина Н.В., Воронай Н.Н., Балыбина А.С., Осипова О.П. 2012. Тенденции гидроклиматических изменений на Байкальской природной территории // География и природные ресурсы. № 4. С. 72-80
- 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. 2020. Закономерности пространственно-временного распределения агроклиматических ресурсов (Араратская долина и предгорная зона) // Ученые записки ЕГУ. Геология и география. № 54 (3). С. 178-186. (на армянском языке)
- Маргарян В.Г., Гайдукова Е.В. 2022. Тренды теплообеспеченности сельскохозяйственных культур в условиях изменяющегося климата на территории Армении за период с 1993 по 2019 гг. // Известия русского географического общества. Т. 154. № 1. С. 37-47.
- 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.
- 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. (на армянском языке.)
- Стратегия национальной безопасности Республики Армения. 2020 [Электронный ресурс <https://drive.google.com/file/d/1z5LyqhH03i8PIoY1JjrvEMK3tem0KYZJ/view> (дата обращения 03.04.2023)].
- Стратегия устойчивого развития села и сельского хозяйства Республики Армения на 2010-2020 годы. 2010.
- АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2023, том 29, № 4 (97)

- Постановление Правительства Республики Армения от 04.11.2010 г. № 1476-Н (Приложение № 1).
- Суховеева О.Э.* 2016. Изменения климатических условий и агроклиматических ресурсов в центральном районе нечерноземной зоны // Вестник ВГУ. Серия «География. Геоэкология». № 4. С. 41-49.
- Цели развития тысячелетия (ООН). 2000 [Электронный ресурс https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/summitdecl.shtml (дата обращения 03.04.2023)].
- Howden S.M., Soussana J.F., Tubiello F.N., Chhetri N., Dunlop M., Meinke M.* 2007. Adapting Agriculture to Climate Change // Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol. 104. No. 50. P. 19691-19696.
- Margaryan V.G., Guloyan G.V., Qocharyan H.S.* 2017. The Assessment and Dynamics Change of Agro-Climatic Resources of Ararat valley of Armenia in the Context of Climate Change // International Conference Landscape Dimensions of Sustainable Development: Science – Planning – Governance. Book of Abstracts. ICLDS-2017, 4-6 October 2017. Tbilisi, Georgia. P. 71.
- Slyenko Yu.V., Dulmaa F., Dgebuadze Yu.Yu., Erdenebat M., Mendsaikhan B., Karabanov D.P.* 2010. Fishes of Mongolia: Fauna, Zoogeography, Current State of Populations, Conservation // Ecological Consequences of Biosphere Processes in the Ecotone Zone of Southern Siberia and Central Asia: Proceedings of the International Conference. Oral Repots. Mongolia, Ulaanbaatar: Bembi san Publishing House. Vol. 1. P. 92-94.
- Williams G.D.V., Faultey R.A., Jones K.H., Stewart R.B., Wheaton E.E.* 1988. Estimating the Effects of Climatic Change on Agriculture in Saskatchewan // The Impacts of Climatic Variations on Agriculture. Vol. 1: Assessments in Cool, Temperate and Cold Regions / Eds. M.L. Parry, T.R. Carter, N.T. Konjin. Dordrecht: Academic Publishers. P. 219-379.