

ДИНАМИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ДЛЯ ВИНОГРАДАРСТВА КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ОСНОВНЫХ ЗОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ АМПЕЛОЦЕНОЗОВ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

А.А. Морморштейн

Е.Т. Ильницкая, кандидат биологических наук

Г.Ю. Алейникова, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»,
Краснодар, Россия

E-mail: am342@yandex.ru

Ключевые слова: изменение климата, засушливость, виноград, абсолютный максимум температуры, относительная влажность.

Реферат. Современные изменения климата затрагивают все отрасли сельского хозяйства. Повсеместно отмечается повышение температуры воздуха, изменения в выпадении атмосферных осадков, учащение экстремальных погодных явлений. Так как продуктивная продолжительность жизни виноградного растения 30–40 лет, то необходима оценка климатических изменений для создания адаптированного к изменениям сортимента. Цель исследований – оценка изменений экстремальных показателей теплообеспеченности и относительной влажности на территории основных виноградарских районов Краснодарского края. Рассчитаны средние значения экстремальных показателей теплообеспеченности и относительной влажности двух климатологических периодов 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг., их изменения во времени и ход аномалий показателей 1991–2020 гг. по сравнению со средними значениями 1961–1990 гг. Отмечен рост абсолютного максимума температуры воздуха на 0,2–1,6 °C за период 1991–2020 гг. по сравнению с предыдущим, за исключением Новороссийска (уменьшение на 1,4 °C); рост среднего абсолютного максимума температуры воздуха на 1,5–2,5 °C, учащение количества дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °C на 1,0–2,3 дня; уменьшение средней относительной влажности воздуха за апрель–октябрь на 0,7–2,7 % и увеличение количества дней с минимальной относительной влажностью менее 30 % за лето на 0,8–5,4 дней. Изменчивость данных показателей во времени за период 1991–2020 гг. согласуется с изменением среднего. Установлен рост абсолютного максимума (на 0,65–0,9 °C/10 лет), количества дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °C (на 0,8–1,1 дней/10 лет), количества дней с минимальной относительной влажностью менее 30 % за лето (на 1,2–7,2 дней/10 лет); снижение средней относительной влажности воздуха за апрель–октябрь (на 0,5–6,5 %/10 лет). Данные изменения свидетельствуют об увеличении экстремальности климата и повторяемости неблагоприятных для винограда условий в летний период, что требует корректировки сортимента.

DYNAMICS OF EXTREME CLIMATIC VARIABLES FOR VITICULTURE IN THE MAIN ZONES OF AMPELOCENOSIS OF THE KRASNODAR REGION

A.A. Marmorshtein

E.T. Ilnitckaya, PhD in Biological Sciences

G.Yu. Aleynikova, PhD in Agricultural Sciences

FSBSI “North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making”, Krasnodar, Russia

E-mail: am342@yandex.ru

Keywords: climate change, aridity, grapes, absolute maximum temperature, relative humidity.

Abstract: Modern climate changes affect all branches of agriculture. Everywhere there is an increase in air temperature, changes in precipitation, an increase in extreme weather events. Since the productive lifespan of a grape plant is 30–40 years, it is necessary to assess climatic changes in order to create a variety adapted to changes. The purpose of the research is to assess changes in extreme heat supply and relative humidity in the main viticultural areas of the Krasnodar region. The average values of extreme heat supply and relative humidity variables of two climatological periods of 1961–1990 and 1991–2020, their changes over time and the course of variable's anomalies of 1991–2020 compared with the average values of 1961–1990 are calculated. An increase

in the absolute maximum air temperature by 0.2–1.6 °C for the period 1991–2020 was noted compared to the previous period, with the exception of Novorossiysk (decrease by 1.4 °C); an increase in the average absolute maximum air temperature by 1.5–2.5 °C, an increase in the number of days with a maximum air temperature above +35 °C by 1.0–2.3 days; a decrease in the average relative humidity of April–October by 0.7–2.7 % and an increase in the number of days with a minimum relative humidity of less than 30 % over the summer by 0.8–5.4 days. The variability of these variables over time for the period 1991–2020 is consistent with the change in the average. An increase in the absolute maximum was established (by 0.65–0.9 °C/10 years), the number of days with a maximum air temperature above +35 °C (by 0.8–1.1 days/10 years), the number of days with a minimum relative humidity of less than 30% over the summer (by 1.2–7.2 days/10 years); decrease in the average relative humidity of April–October (by 0.5–6.5 %/10 years). These changes indicate an increase in climate extremes and the frequency of unfavorable conditions for grapes in the summer, which requires an adjustment of the assortment.

Изменение климата является важным фактором, оказывающим влияние на сельское хозяйство и виноградарство в частности.

Анализ 30–60-летних метеорологических рядов выявил тенденции к потеплению в Европе – среднегодовая температура растет на 1–2 °C, температура вегетационного периода от 1 до более чем 2 °C, также отмечается увеличение абсолютной и средней максимальной температуры (на 2 °C) и количества дней с максимальными температурами воздуха выше +30 °C. Изменение количества атмосферных осадков было одинаково, например, уменьшение в северной Италии и увеличение интенсивности осадков в центральной Италии [1]. Страны Северной Африки подвержены сильному повышению температуры и высокому риску засухи в условиях изменения климата [2]. В Азии также отмечается рост температур и в основном снижение количества осадков за некоторым исключением [3–4]. В районах с прохладным для виноградарства климатом в Северной Америке наблюдается тенденция к потеплению [5], как и в Калифорнии, причем для этого региона отмечаются асимметричные изменения температуры в течение дня и ночи [5]. Изменения климата в Южном полушарии происходит менее интенсивно, чем в Северном. Основным последствием будущих изменений климата ожидается уменьшение осадков в данном регионе. Средняя температура вегетационного периода в Южной Африке выросла на 0,42 °C за 1950–1999 гг., по прогнозам с 2000 по 2049 гг. вырастет еще на 0,52 °C [7]. В Южной Америке увеличилась интенсивность и частота аномальной жары с 1960 г. [8]. Наряду с повышением температуры Австралия подверглась более экстремальным климатическим явлениям,

таким как аномальная жара, лесные пожары и изменения во времени и объеме осадков [9]. В соседней Новой Зеландии также отмечается повышение температуры и экстремальных температурных явлений [10].

По данным Росгидромета, средняя скорость потепления в Российской Федерации за период 1976–2021 гг. составила +0,49 °C за 10 лет, в Южном федеральном округе – +0,74 °C за 10 лет, отмечается увеличение засушливости территории за период 2001–2019 гг. [11]. Будущие изменения климата приведут не только к росту средней температуры воздуха и неравномерному изменению выпадающих атмосферных осадков, но и к увеличению частоты опасных гидрометеорологических явлений: наводнений, засух, волн тепла и холода, нетипичных заморозков в вегетационный период и т.д. [12].

Виноград является многолетним растением с ожидаемой экономически продуктивной продолжительностью жизни до 30–40 лет [13], поэтому сорта винограда должны быть адаптированы к условиям изменяющегося климата [14]. Краснодарский край – лидирующий регион по производству винограда и винодельческой продукции в Российской Федерации [15]. Высокие температуры воздуха оказывают негативное влияние на рост, развитие и плодоношение винограда. При температуре выше +35 °C ухудшается вегетационная активность, листья часто желтеют и опадают, при продолжительных экстремальных температурах +35–40 °C угнетается фотосинтетическая система растений, а в период созревания при +40 °C наблюдаются также ожоги ягод [16–19]. Оптимальная относительная влажность для нормальной жизнедеятельности виноградного растения (транспирации и фотосинтеза) составляет 70–80%. При относитель-

ной влажности 40 % процессы замедляются, при 20 % – прекращаются [20].

Целью исследования являлась оценка изменений экстремальных показателей теплообеспеченности и относительной влажности на территории основных виноградарских районов Краснодарского края.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись максимальные температуры и относительная влажность воздуха в наиболее важных для виноградарства районах Краснодарского края (Тамань, Темрюк, Анапа, Новороссийск и Геленджик Черноморской агроэкологической зоны виноградарства). Метеорологические данные были использованы из базы данных [21].

По общепринятым методикам выполнен расчет следующих показателей: абсолютный и средний из абсолютных максимумов температуры воздуха; количество дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °С; средняя относительная влажность воздуха за апрель–октябрь; количество дней с минимальной относительной влажностью ниже 30 % за лето [22, 23]. Средние значения получены для двух климатологических периодов 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг., принятых Всемирной метеорологической организацией в качестве базовых [24], оценены их изменения во времени и ход аномалий показателей 1991–2020 гг. по сравнению со средними значениями 1961–1990 гг.

Для определения статистической значимости изменения средних значений и трендов использовался *t*-критерий Стьюдента. Рассчитанное значение сравнивалось с табличным (при уровне значимости $\alpha = 0,05$). Если табличное значение было меньше рассчитанного, то изменение среднего не несет случайный характер и статистически значимо или тренд являлся статистически значимым [25].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно анализу метеорологической информации по выбранным пяти станциям,

абсолютный максимум температуры воздуха варьировал от +37,0 °С (Темрюк) до +41 °С (Новороссийск) в период 1961–1990 гг. (табл. 1). В 1969 г. абсолютный максимум был отмечен во вторую декаду августа, в 1971 г. – в третью декаду июля, в 1972 г. – в третью декаду августа, в 1981 г. – в третью декаду июля. В период 1991–2020 гг. значение абсолютного максимума температуры воздуха выросло на всех станциях за исключением Новороссийска и варьировало от +38,0 °С (Анапа и Темрюк) до +39,6 °С (Новороссийск). В Анапе увеличилась повторяемость значения абсолютного максимума от 1 до 4 лет. В 1998 г. абсолютный максимум отмечался в первую декаду августа, в 2005 г. – в первую декаду августа, в 2007 г. – в третью декаду июля (Анапа) и в первую декаду августа (Темрюк), в 2010 и 2017 гг. – в первую декаду августа. Значения абсолютного максимума выше +40 °С за все 60 лет отмечались только в Новороссийске.

Средний абсолютный максимум температуры воздуха значимо вырос на всех станциях, за исключением Тамани из-за меньшего числа лет, по которым имелись данные, во втором периоде. В первый период 1961–1990 гг. значения среднего абсолютного максимума варьировали от 32,2 °С (Тамань) до 34,5 °С (Новороссийск). Во второй климатологический период – от +34,7 °С (Тамань) до +36,1 °С (Новороссийск). Порога в +35,0 °С достигли и перешли его средние абсолютные максимумы на всех станциях кроме Тамани.

Значения количества дней с максимальной температурой воздуха выше +35,0 °С оценивались на всех станциях, где имелась суточная метеорологическая информация. На Тамани количество таких дней увеличилось на 1 (от 0,1 до 1,1), в Анапе – почти на два (от 0,2 до 2,1, изменение среднего значимо), в Новороссийске и Геленджике – больше, чем на два (от 0,5 до 2,6 и от 0,3 до 2,6 соответственно, изменения средних значимы).

Таблица 1

Абсолютный максимум и средний абсолютный максимум температуры воздуха, количество дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °С за климатологические периоды 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг.
The absolute maximum and average absolute maximum air temperature, the number of days with a maximum air temperature above +35 °C for two climatological periods 1961–1990 and 1991–2020

Станция	Период	Абсолютный максимум температуры и год наблюдения, °С	Средний абсолютный максимум температуры, °С	Кол-во дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °С
Темрюк	1961–1990	37,0 (1969, 1972)	33,5	–
	1991–2020	38,0 (2005, 2007)	35*	–
Тамань	1961–1990	37,3 (1981)	32,2	0,1
	2009–2020	38,9 (2010)	34,7	1,1
Анапа	1961–1990	37,3 (1971)	33,3	0,2
	1991–2020	38,0 (1998, 2007, 2010, 2017)	35,6*	2,1*
Новороссийск	1961–1990	41,0 (1971)	34,5	0,5
	1991–2020	39,6 (2010)	36,1*	2,6*
Геленджик	1966–1990	38,8 (1981)	33,7	0,3
	1991–2020	39,0 (2017)	35,8*	2,6*

* – изменение среднего значения значимо при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Средняя относительная влажность воздуха за апрель–октябрь на всех станциях уменьшилась, статистически незначимое изменение отмечалось только на Тамани из-за меньшего числа лет, по которым имелись данные, во втором периоде. В первый климатологический период 1961–1990 гг. среднее значение варьировало от 67,8 % (Новороссийск) до 75,5 %

(Темрюк). Только в Новороссийске средняя относительная влажность была менее 70 %. Во втором периоде значения меньше 70 % отмечались уже на всех исследуемых станциях кроме Таманского полуострова. Значения средней относительной влажности воздуха варьировали от 65,1 % (Новороссийск) до 74,8 % (Темрюк) (табл. 2).

Таблица 2

Средняя относительная влажность воздуха за апрель–октябрь и количество дней с минимальной относительной влажностью менее 30 % за климатологический период 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг.
The average relative humidity for April–October and the number of days with a minimum relative humidity of less than 30% for two climatological periods of 1961–1990 and 1991–2020

Станция	Период	Средняя относительная влажность воздуха за апрель–октябрь, %	Кол-во дней с минимальной относительной влажностью менее 30 % за лето
Темрюк	1961–1990	75,5	2,1
	1991–2020	74,8*	3,3
Тамань	1961–1990	73,7	0,5
	2009–2020	71,2	1,3
Анапа	1961–1990	71,8	2,0
	1991–2020	69,2*	6,6*
Новороссийск	1961–1990	67,8	5,9
	1991–2020	65,1*	11,3*
Геленджик	1966–1990	70	4,5
	1991–2020	69,3	7,3*

* – изменение среднего значения значимо при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Количество дней с минимальной относительной влажностью менее 30 % за лето значительно выросли в Анапе, Новороссийске и Геленджике, незначительный рост отмечался в Темрюке и Тамани из-за ограниченного числа лет с данными. В первый климатологический период значения данного показателя варьировало от 0,5 (Тамань) до 5,9 дней (Новороссийск), во второй период 1991–2020 гг. от 1,3 до 11,3 на тех же станциях.

Помимо изменений средних значений показателей приведены тенденции изменений абсолютного максимума температуры воздуха, количества дней с максимальной температурой воздуха выше +35,0 °C, средней относительной влажностью воздуха за апрель–октябрь и количества дней с минимальной относительной

влажностью воздуха менее 30 % за лето за период 1991–2020 гг. по сравнению со средними значениями 1961–1990 гг. В табл. 3 указаны тренды за 10 лет. На рис. 1–5 приведен ход аномалий показателей.

Тренд абсолютного максимума температуры воздуха с 1991 по 2020 гг. положительный и варьирует от +0,65 (Новороссийск) до +0,9 °C/10 лет (Темрюк и Геленджик), за исключением Тамани (см. рис. 2). В последнем случае тенденция отрицательная и составляет -1,4 °C/10 лет, что объясняется построением графика только за период с 2009 по 2020 гг. Значимыми трендами являются тенденции в Анапе и Геленджике. Тренды согласуются с изменениями абсолютных и средних абсолютных значений за исключением Тамани и Новороссийска.

Таблица 3

Тренды абсолютного максимума температуры воздуха, количества дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °C, средней относительной влажности воздуха за апрель–октябрь и количества дней с минимальной относительной влажностью менее 30 % в 1991–2020 гг.

Trends of the absolute maximum air temperature, the number of days with a maximum air temperature above +35 °C, the average relative humidity for April-October and the number of days with a minimum relative humidity of less than 30% in 1991–2020.

Станция	Абсолютный максимум температуры, °C	Кол-во дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °C	Средняя относительная влажность воздуха за апрель–октябрь, %	Кол-во дней с минимальной относительной влажностью менее 30 %
Темрюк	+0,9	–	-0,5	+1,3
Тамань (2009–2020)	-1,4	-2,2	-6,5*	+1,2
Анапа	+0,8*	+0,9*	-3,4*	+4*
Новороссийск	+0,65	+1,1*	-3,3*	+7,2*
Геленджик	+0,9*	+0,8	-2,8*	+5,9*

* – тренд значим при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Тенденция количества дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °C во втором климатологическом периоде также положительная от +0,8 (Геленджик, см. рис. 3) до +1,1 (Новороссийск, см. рис. 1) дней/10 лет, значимыми являются изменения во времени для

Анапы и Новороссийска. Тренд в Тамани также отрицательный и незначительный из-за анализа последних 12 лет, а не 30. Тренды согласуются с изменениями средних значений за исключением Тамани.

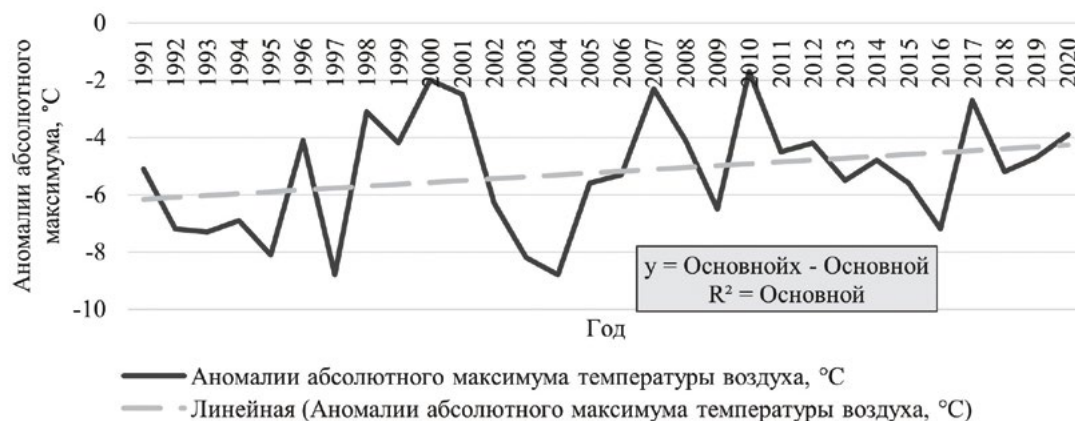


Рис. 1. Аномалии абсолютного максимума температуры воздуха за период 1991–2020 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. для Новороссийска

Anomalies of the absolute maximum air temperature for the period 1991 to 2020 compared with the period 1961–1990 for Novorossiysk

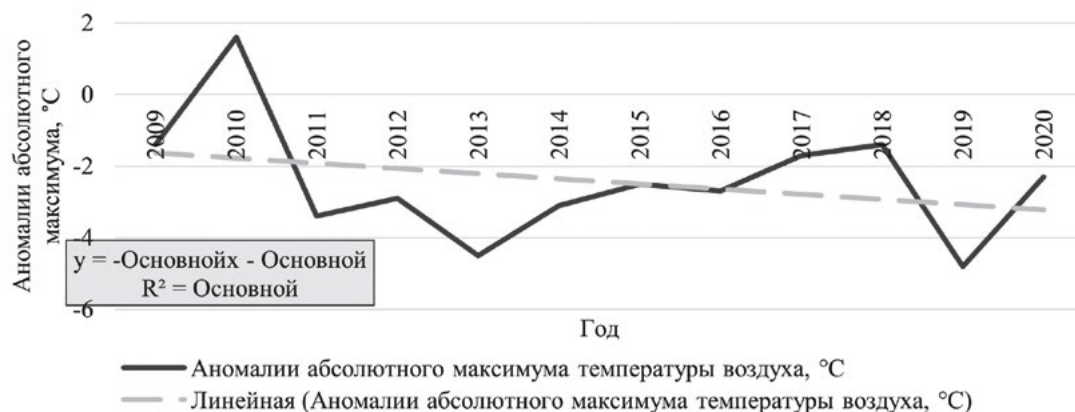


Рис. 2. Аномалии абсолютного максимума температуры воздуха за период 2009–2020 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. для Тамани

Anomalies of the absolute maximum air temperature for the period 1991 to 2020 compared with the period 1961–1990 for Taman'

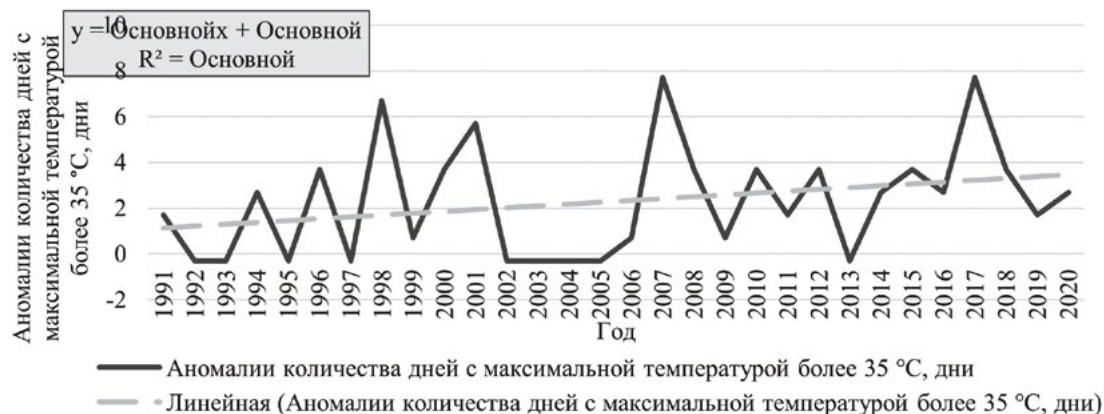


Рис. 3. Аномалии количества дней с максимальной температурой воздуха выше +35,0 °С за период 1991–2020 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. для Геленджика

Anomalies of the number of days with a maximum air temperature above +35.0 °C for the period 1991 to 2020 compared with the period 1961–1990 for Gelendzhik

Средняя относительная влажность воздуха за апрель–октябрь имеет отрицательную тенденцию, которая незначима только в Темрюке и составляет 0,5 %/10 лет (см. рис. 4). На остальных станциях за 30 лет варьирует от -2,8 (Геленджик) до -3,4 (Анапа) %/10 лет. На

Тамани тенденция составляет 6,5 %/10 лет из-за анализа только периода 2009–2020 гг. Изменчивость показателя во второй климатологический период согласуются с изменением его средних значений по сравнению со средними 1961–1990 гг.

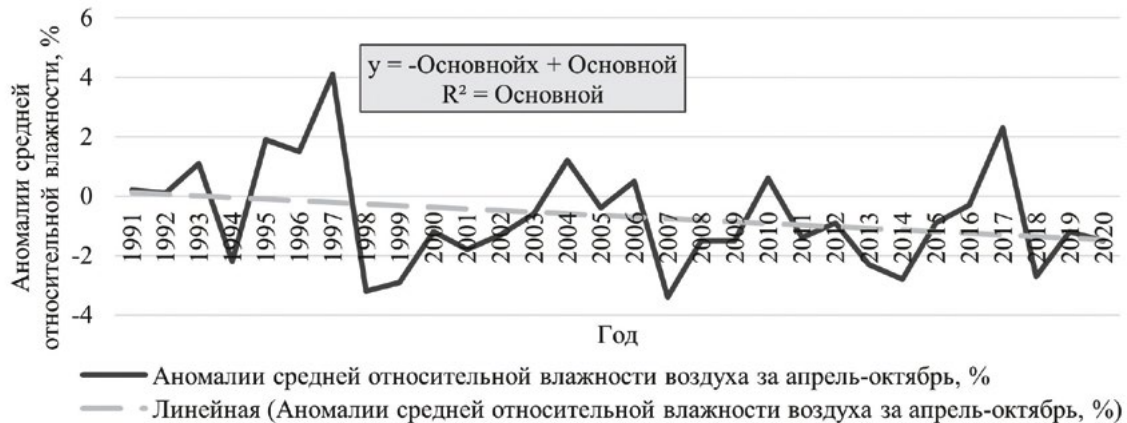


Рис. 4. Аномалии средней относительной влажности воздуха за апрель–октябрь за период 1991–2020 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. для Темрюка

Anomalies of the average relative humidity for April–October for the period 1991–2020 compared with the period 1961–1990 for Temryuk

Ход количества дней с минимальной относительной влажностью воздуха менее 30 % за лето за период 1991–2020 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. имеет положительную значимую тенденцию от +4 (Анапа, см. рис. 5)

до +7,2 (Новороссийск) дней/10 лет. В Тамани и Темрюке тренд составляет +1,2–1,3 дней/10 лет, разница обусловлена меньшим количеством данных для исследований.



Рис. 5. Аномалии количества дней с минимальной относительной влажностью воздуха менее 30 % за лето в период 1991–2020 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. для Анапы

Anomalies of the number of days with a minimum relative humidity of less than 30% in the summer for the period 1991 to 2020 compared with the period 1961 to 1990 for Anapa

Для установления влияния изучаемых экстремальных климатических показателей на

виноградное растение нами проведен анализ отклика сортов отечественной селекции и ин-

тродуцентов на метеорологические условия 2020 г., который отличался значительными отклонениями от климатических норм. В ходе исследований, проведенных нами в Черноморской агроэкологической зоне виноградарства (Анапа), установлена негативная реакция сортов винограда отечественной селекции на высокие температуры, дефицит осадков и увеличение количества дней с минимальной влажностью воздуха ниже 30 % на 17 дней за лето. Эти климатические изменения стали причиной существенного снижения массы грозди: у сорта Гранатовый она составила 51,3–76,5 г при среднемноголетних значениях 82,2–126,9 г, у сорта Антарис – 91,3–102,4 г при среднемноголетних значениях 110,5–124,1 г, у сорта Алькор – от 54,5 до 72,4 г при среднемноголетних значениях 84,3–90,2 г [26]. Стрессовые метеорологические условия 2020 г. повлияли на сахаристость и массу грозди интродуцированного сорта Рислинг рейнский, произрастающего в Черноморской агроэкологической зоне виноградарства (Анапа), отмечено снижение массовой концентрации сахаров (до 16,2–18,2 г/100 см³) и уменьшение массы грозди на 32,5 % (с 104,1 до 70,3 г) при высокой нагрузке и уплотненной схеме посадки (70 тыс. побегов/га и 3,0×1,0 м) [27].

ВЫВОДЫ

1. Установлено увеличение экстремальности климата в основных зонах размещения виноградников Краснодарского края на основании анализа изменения и изменчивости во времени абсолютного и среднего из абсолютных максимумов температуры воздуха, количества дней с максимальной температурой воздуха выше плюс 35 °С, средней относительной влажности воздуха за апрель–октябрь и количества дней с минимальной относительной влажностью ниже 30 % за лето.

2. Отмечено увеличение повторяемости неблагоприятных для винограда значений теплообеспеченности и относительной влажности воздуха в течение вегетационного периода.

3. На основании установленной динамики экстремальных для виноградарства климатических показателей для повышения устойчивости ампелоценозов к стрессорам летнего периода при закладке насаждений рекомендуется вводить в используемый сортимент винограда генотипы с высокой адаптивностью к наблюдаемым климатическим изменениям, обладающие повышенной жаростойкостью и засухоустойчивостью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Droulia F., Charalampopoulos I. A Review on the Observed Climate Change in Europe and Its Impacts on Viticulture // *Atmosphere*. – 2022. – Vol. 13. – P. 837.
2. Climate change vulnerability, water resources and social implications in North Africa / J. Schilling, E. Hertig, Y. Trambly [et al.] // *Regional Environmental Change*. – 2020. – Vol. 20. – P. 15.
3. Nguyen T.-H., Sahin, O. Howes M. Climate Change Adaptation Influences and Barriers Impacting the Asian Agricultural Industry // *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13. – P. 7346.
4. Increased crop failure due to climate change: Assessing adaptation options using models and socio-economic data for wheat in China / A.J. Challinor, E.S. Simelton, E.D. Fraser [et al.] // *Environmental Research Letters*. – 2010. – Vol. 5. – P. 034012.
5. Schultze S.R., Sabbatini P. Implications of a climate-changed atmosphere on cool-climate viticulture // *Journal of applied meteorology and climatology*. – 2019. – Vol. 58 (5). – P. 1141–1153.
6. Historical long-term cultivar× climate suitability data to inform viticultural adaptation to climate change / H. Bai, G.A. Gambetta, Y. Wang [et al.] // *Scientific Data*. – 2022. – Vol. 9 (1). – P. 271.
7. Naude R.T., Naude M.J. Impact of Climate Change and Extreme Weather Conditions on wine growing within the Stellenbosch region // *Journal of Contemporary Management*. – 2019. – Vol. 16 (2). – P. 111–134.
8. 2022 early-summer heatwave in Southern South America: 60 times more likely due to climate change / J.A. Rivera, P.A. Arias, A.A. Sörensson [et al.] // *Climatic Change*. – 2023. – Vol. 176. – P. 102.
9. Impact of climate change on grape berry ripening: An assessment of adaptation strategies for the Australian vineyard / S.Y. Rogiers, D.H. Greer, Y. Liu [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – Vol. 13. – P. 1094633.

10. *Unparalleled coupled ocean-atmosphere summer heatwaves in the New Zealand region: drivers, mechanisms and impacts* / M.J. Salinger, H.J. Diamond, E. Behrens [et al.] // *Climatic Change*. – 2020. – Vol. 162. – P. 485–506.
11. *Вышкваркова Е.В., Рыбалко Е.А.* Влияние климата на виноградарство в Севастопольском регионе. – Севастополь: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт природно-технических систем», 2022. – 125 с.
12. *Акмаров П.Б., Князева О.П., Суетина Н.А.* Некоторые аспекты влияния климатических факторов на эффективность земледелия // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2014. – № 4 (33). – С. 178–185.
13. *Carbone A., Quici L., Pica G.* The Age Dynamics of Vineyards: Past Trends Affecting the Future // *Wine Economics and Policy*. – 2019. – Vol. 8. – P. 38–48.
14. *Cabré F., Nuñez M.* Impacts of climate change on viticulture in Argentina // *Reg. Environ. Chang*. – 2020. – Vol. 20. – P. 12.
15. *Итоги* дегустационного конкурса винодельческой продукции «Антицея-2021» / Т.И. Гугучкина, О.Н. Шелудько, Л.Э. Чемисова [и др.] // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. – 2022. – № 74 (2). – С. 265–285.
16. *Виноградарство* / К.В. Смирнов, Л.М. Малтабар, А.К. Раджабов [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 500 с.
17. *Berry J., Bjorkman O.* Photosynthetic Response and Adaptation to Temperature in Higher Plants // *Annual Review of Plant Physiology*. – 1980. – Vol. 31. – P. 491–543.
18. *Grapevine Responses to Heat Stress and Global Warming* / X. Venios, E. Korkas, A. Nisiotou [et al.] // *Plants*. – 2020. – Vol. 9. – P. 1754.
19. *Steel C.C., Greer D.H.* Effect of Climate on Vine and Bunch Characteristics: Bunch Rot Disease Susceptibility // *Acta Hort.* – 2008. – Vol. 785. – P. 253–262.
20. *Технология* возделывания и использования винограда / Э.А. Верновский, С.Ю. Джениев, В.Ф. Пономарев [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 303 с.
21. *База данных RU 2023621618.* Климатические нормы агрометеорологических показателей за периоды 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг. в агроэкологических зонах виноградарства Краснодарского края и тенденции их изменения: № 2023621258: заявл. 03.05.2023: опубл. 19.05.2023 / Г.Ю. Алейникова, В.С. Петров, А.А. Мarmorштейн; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия». Объем: 8,82 Мб.
22. *Climatic risk factors of Central Hungarian grape growing regions* / K. Szenteleki, M. Ladányi, M. Gaál [et al.] // *Applied ecology and environmental research*. – 2002. – Vol. 10 (1). – P. 87–105.
23. *Мищенко З.А.* Агроклиматология. – Киев: КНТ, 2009. – 512 с.
24. *ВМО № 1203.* Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. – Женева: Chairperson, Publications Board, 2017. – 32 с.
25. *Рожков В.А.* Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций с гидрометеорологическими примерами. Кн. 2. – СПб.: Гидрометиздат, 2002. – 780 с.
26. *Aleynikova G., Seget O.* Realization of biological productivity of grape varieties in conditions of the south of Russia under influence of shoot load // *Bio Web Conf*. – 2021. – Vol. 34. – P. 01011.
27. *Влияние* междустового расстояния и нагрузки кустов винограда Рислинг рейнский побегами на продуктивность и качество вина / А.А. Мarmorштейн, Г.Ю. Алейникова, Д.М. Цику, В.С. Петров // *Русский виноград*. – 2022. – Т. 20. – С. 41–50.

REFERENCES

1. Droulia F., Charalampopoulos I. A Review on the Observed Climate Change in Europe and Its Impacts on Viticulture, *Atmosphere*, 2022, Vol. 13, pp. 837.
2. Schilling J., Hertig E., Trambly Y., Scheffran J., Climate change vulnerability, water resources and social implications in North Africa, *Regional Environmental Change*, 2020, Vol. 20, pp. 15.
3. Nguyen T.-H., Sahin O., Howes M., Climate Change Adaptation Influences and Barriers Impacting the Asian Agricultural Industry, *Sustainability*, 2021, Vol. 13, pp. 7346.

4. Challinor A.J., Simelton E.S., Fraser E.D., Hemming D., Collins M., Increased crop failure due to climate change: Assessing adaptation options using models and socio-economic data for wheat in China, *Environmental Research Letters*, 2010, Vol. 5, pp. 034012.
5. Schultze S.R., Sabbatini P., Implications of a climate-changed atmosphere on cool-climate viticulture, *Journal of applied meteorology and climatology*, 2019, Vol. 58, Is. 5, pp. 1141–1153.
6. Bai H., Gambetta G.A., Wang Y., Kong J., Long Q., Fan P., Duan W., Liang Z., Dai Z., Historical long-term cultivar× climate suitability data to inform viticultural adaptation to climate change, *Scientific Data*, 2022, Vol. 9, Is. 1, pp. 271.
7. Naude R.T., Naude M.J., Impact of Climate Change and Extreme Weather Conditions on wine growing within the Stellenbosch region, *Journal of Contemporary Management*, 2019, Vol. 16, Is. 2, pp. 111–134.
8. Rivera J.A., Arias P.A., Sörensson A.A., Zachariah M., Barnes C., Philip S., Kew S., Vautard R., Koren G., Pinto I., Vahlberg M., Singh R., Raju E., Li S., Yang W., Vecchi G.A., Harrington L.J., Otto F.E.L., 2022 early-summer heatwave in Southern South America: 60 times more likely due to climate change, *Climatic Change*, 2023, Vol. 176, pp. 102.
9. Rogiers S.Y., Greer D.H., Liu Y., Baby T., Xiao Z., Impact of climate change on grape berry ripening: An assessment of adaptation strategies for the Australian vineyard, *Frontiers in Plant Science*, 2022, Vol. 13, pp. 1094633.
10. Salinger M.J., Diamond H.J., Behrens E. [et al.], Unparalleled coupled ocean-atmosphere summer heatwaves in the New Zealand region: drivers, mechanisms and impacts, *Climatic Change*, 2020, Vol. 162, pp. 485–506.
11. Vyshkvarkova E.V., Rybalko E.A., *Vliyanie klimata na vinogradarstvo v Sevastopol'skom regione* (Climate impact on viticulture in the Sevastopol region), Sevastopol: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe nauchnoe uchrezhdenie "Institut prirodno-tekhnicheskikh sistem", 2022, 125 p. (In Russ.)
12. Akmarov P.B., Knyazeva O.P., Suetina N.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2014, No. 4(33), pp. 178–185. (In Russ.)
13. Carbone A., Quici L., Pica G., The Age Dynamics of Vineyards: Past Trends Affecting the Future, *Wine Economics and Policy*, 2019, Vol. 8, pp. 38–48.
14. Cabré F., Nuñez M., Impacts of climate change on viticulture in Argentina, *Reg. Environ. Chang*, 2020, Vol. 20, p. 12.
15. Guguchkina T.I., Shelud'ko O.N., Chemisova L.E., Antonenko O.P., Antonenko M.V., *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*, 2022, No. 74(2), pp. 265–285. (In Russ.)
16. Smirnov K.V., Maltabar L.M., Radzhabov A.K., Matuzok N.V., Troshin L.P., *Vinogradarstvo (Viticulture)*, Moscow: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2017, 500 p. (In Russ.)
17. Berry J., Bjorkman O., Photosynthetic Response and Adaptation to Temperature in Higher Plants, *Annual Review of Plant Physiology*, 1980, Vol. 31, pp. 491–543.
18. Venios X., Korkas E., Nisiotou A., Banilas G., Grapevine Responses to Heat Stress and Global Warming, *Plants*, 2020, Vol. 9, pp. 1754.
19. Steel C.C., Greer D.H., Effect of Climate on Vine and Bunch Characteristics: Bunch Rot Disease Susceptibility, *Acta Hort*, 2008, Vol. 785, pp. 253–262.
20. Vernovskii E.A., Dzhenyev S.Yu., Ponomarev V.F., Shol'ts E.P. *Tekhnologiya vozdel'yvaniya i ispol'zovaniya vinograda* (Technology of cultivation and use of grapes), Moscow: Agropromizdat, 1990, 303 p.
21. Database RU 2023621618. *Klimaticheskie normy agrometeorologicheskikh pokazatelei za periody 1961–1990 gg. i 1991–2020 gg. v agroekologicheskikh zonakh vinogradarstva Krasnodarskogo kraya i tendentsii ikh izmeneniya* (Climatic norms of agrometeorological indicators for the periods 1961-1990 and 1991-2020 in agroecological zones of viticulture of the Krasnodar region and trends in their changes): No. 2023621258: application 03.05.2023: publ. 19.05.2023 / G.Yu. Aleynikova, V.S. Petrov, A.A. Marmorstein; applicant Federal State Budget Scientific Institution "North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, viticulture, wine-making". Data size: 8.82 Mb.
22. Szenteleki K., Ladányi M., Gaál M., Zanathy G., Bisztray Gy., Climatic risk factors of Central Hungarian grape growing regions, *Applied ecology and environmental research*, 2012, Vol. 10, Iss. 1, pp. 87–105.
23. Mishchenko Z.A., *Agroklimatologiya* (Agroclimatology), Kiev: KNT, 2009, 512 p. (In Russ.)
24. WMO No 1203. *Rukovodyashchie ukazaniya WMO po raschetu klimaticheskikh norm* (WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals), Geneva, Chairperson, Publications Board, 2017, 32 p. (In Russ.)

25. Rozhkov V.A., *Teoriya i metody statisticheskogo otsenivaniya veroyatnostnykh kharakteristik sluchainykh velichin i funktsii s gidrometeorologicheskimi primerami*, Part 2. (Theory and methods of statistical estimation of probabilistic characteristics of random variables and functions with hydrometeorological examples), Saint-Petersburg: Gidrometizdat, 2002, 780 p. (In Russ.)
26. Aleynikova G., Seget O., Realization of biological productivity of grape varieties in conditions of the south of Russia under influence of shoot load, *Bio Web Conf.*, 2021, Vol. 34, pp. 01011.
27. Marmorshtein A.A., Aleynikova G.Yu., Tsiku D.M., Petrov V.S., *Russkiy vinograd*, 2022, Vol. 20, pp. 41–50. (In Russ.)