

УДК 634.8: 551.583

DOI 10.30679/2587-9847-2023-37-14-20

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОЦЕНКА ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗОН ВИНОГРАДАРСТВА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ ПО ИНДЕКСУ СУХОСТИ БУДЫКО

Марморштейн А.А., Алейникова Г.Ю., канд. с.-х. наук
Петров В.С., д-р с.-х. наук., доцент

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Краснодар)

Реферат. В статье приведено исследование влагообеспеченности агроэкологических зон виноградарства Краснодарского края по индексу сухости Будыко. Выявлены значения индекса для базовых климатологических периодов 1961-1990 гг. и 1991-2020 гг. Оценена изменчивость данного показателя по зонам виноградарства.

Ключевые слова: виноград, агроклиматология, засушливость.

Summary. In this article is presented a study of the dryness of the grape-growing agroecological zones of the Krasnodar region by Budyko dryness index. The index values for basic climatological periods 1961-1990 and 1991-2020 have been established. The index variability in the grape-growing zones was estimated.

Key words: grape, agroclimatology, dryness.

Введение. Индекс сухости Будыко (далее – ИС) – безразмерная величина, показывающая отношение испаряемости к годовой сумме осадков [1]. Классический вид формулы – соотношение между радиационным балансом и энергетическим эквивалентом годовых осадков (скрытая теплота испарения, умноженная на годовую сумму осадков) [2]. Следует отметить, что использование ИС в такой форме для анализа влагообеспеченности региона, ограничено в северных частях Евразии по причине отрицательного радиационного баланса и твердого состояния атмосферных осадков зимой [3]. Еще один вариант формулы – испаряемость определяется по произведению суммы температур воздуха за период с температурами выше +10 °С и размерного коэффициента – 0,18 мм/°С. Сумма температур тесно связана с радиационным балансом (энергетической характеристикой испаряемости).

ИС применяют для оценки изменения увлажнения территории в комплексе с другими показателями влагообеспеченности – ГТК Селянинова и коэффициента увлажнения Сапожниковой [4-7]. ИС использовался как один из показателей для оценки климатических условий с целью организации восстановления полезационных лесных полос на территории Первомайского района Республики Крым [8]. ИС является интегральным годовым показателем увлажненности, в то время как принятый в виноградарстве гидротермический коэффициент Селянинова [9] характеризует увлажненность теплого периода [1]. Ранее нами уже были выполнены исследования по оценке тепло- и влагообеспеченности основной производственной зоны виноградарства Краснодарского края (Тамань-Темрюк-Анапа) с использованием ИС, показавшие релевантность его использования для оценки влагообеспеченности агроэкологических зон виноградарства [10].

Целью данного исследования являлось определение засушливости агроэкологических зон виноградарства Краснодарского края по индексу сухости Будыко за базовые климатологические периоды 1961-1990 гг. и 1991-2020 гг. и оценка его изменчивости во времени.

Объекты и методы исследований. Объектами исследования являлся индекс сухости Будыко. Метеорологические данные (температура воздуха и атмосферные осадки) для его расчета были взяты с сайта ВНИИГМИ-МЦД [11] и декадных бюллетеней [12], в дальнейшем сформированных в базу данных [13].

Оценивались средние значения ИС двух климатологических периодов 1961-1990 гг. и 1991-2020 гг., их изменения во времени, а также ход аномалий показателей 1991-2020 гг. по сравнению со средними значениями 1961-1990 гг.

Индекс сухости Будыко (ИС) определялся по следующей формуле [1]:

$$ИС = \frac{0,18 \sum T_{>10^{\circ}C}}{r_{I-XII}},$$

где $\sum T_{>10^{\circ}C}$ – сумма температур воздуха выше $+10^{\circ}C$ за период с температурой выше $+10^{\circ}C$;

0,18 – коэффициент для расчета испаряемости, мм / $^{\circ}C$;

r_{I-XII} – сумма атмосферных осадков за год.

Для получения сумм температур выше $+10^{\circ}C$, были определены даты перехода температуры воздуха по среднедекадным метеорологическим данным по интерполяционной формуле [14]:

$$S = \frac{10 - a}{b - a} \times d + 5,$$

где S – число дней от начала декады с температурой воздуха ниже $+10^{\circ}C$;

a – средняя температура воздуха декады ниже $+10^{\circ}C$;

b – средняя температура воздуха декады выше $+10^{\circ}C$;

d – число дней в декаде с температурой ниже $+10^{\circ}C$;

5 – коэффициент, который относится к получаемым данным на середину декады.

Для расчета даты перехода температуры воздуха через $+10^{\circ}C$ в сторону повышения к последнему дню декады (месяца), предшествующей последней декаде (месяцу) с температурой ниже $+10^{\circ}C$, прибавляется полученное значение S. Для получения даты перехода температуры воздуха через $+10^{\circ}C$ в сторону понижения от первого дня декады (месяца), следующей за первой декадой с температурой ниже $+10^{\circ}C$, отнимается полученное значение S. По полученным данным начала и конца периода с температурами воздуха выше $+10^{\circ}C$ рассчитывается сумма температур выше $+10^{\circ}C$.

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 [15].

Обсуждение результатов. При значениях индекса сухости менее 1, климат рассматривается как влажный, от 1 до 3 – недостаточно влажный, больше 3 – сухой. На исследованной территории Краснодарского края ИС больше 3 отмечено не было.

Согласно значениям ИС, рассчитанным по данным метеостанций края, Северная зона в оба периода характеризовалась как недостаточно влажная, с диапазоном значений в первый период 1961-1990 гг. от 1,06 (Тихорецк и Сосыка) до 1,37 (Ейск) и во второй 1991-2020 гг. от 1,1 (Сосыка) до 1,4 (Ейск). По всем метеостанциям значения ИС увеличились, т.е. территория стала более засушливой, за исключением Куцевской – увеличение ИС на 0,01. Значимые изменения отметились только в Приморско-Ахтарске (с 1,17 до 1,3) и Тихорецке (с 1,06 до 1,17).

Распределение и значения ИС за два климатологических периода 1961-1990 гг. и 1991-2020 гг. по агроэкологическим зонам Краснодарского края

Агроэкологическая зона	Период	ИС < 1	ИС 1-3
Северная	1961-1990	-	Ейск, Кушевская, Староминская, Сосыка, Белая Глина, Каневская, Приморско-Ахтарск, Тихорецк, Тимашевск 1,06 ... 1,37
	1991-2020	-	Ейск, Кушевская, Староминская, Сосыка, Белая Глина, Каневская, Приморско-Ахтарск*, Тихорецк*, Тимашевск 1,1 ... 1,4
Западная	1961-1990	-	Темрюк, Славянск-на-Кубани 1,03...1,31
	1991-2020	-	Темрюк, Славянск-на-Кубани 1,08...1,32
Центральная	1961-1990	<u>Усть-Лабинск</u> , Краснодар, Белореченск, Лабинск, Майкоп 0,82...0,99	Армавир, Кореновск, Кропоткин
	1991-2020	Белореченск, Лабинск, Майкоп 0,82...0,92	Армавир, Кореновск, Кропоткин, <u>Усть-Лабинск</u> , <u>Краснодар</u> 1...1,08
Предгорная	1961-1990	<u>Крымск</u> , Горячий Ключ, Псебай, Отрадная 0,71...0,98	-
	1991-2020	Горячий Ключ, Псебай, Отрадная 0,69...0,93	<u>Крымск*</u> 1,01
Черноморская	1961-1990	<u>Новороссийск</u> , Джубга, Горный, Туапсе, Сочи 0,33...0,93	Тамань, Анапа, Абрау-Дюрсо, Геленджик 1,03...1,59
	1991-2020	Джубга, Горный, Туапсе, Сочи 0,34...0,63	Тамань, Анапа, Абрау-Дюрсо, <u>Новороссийск</u> , Геленджик 1...1,82

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

Изменчивость ИС для Северной зоны в 1991-2020 гг. относительно среднего значения базового периода 1961-1990 гг. показана для метеостанции Ейск в связи с произрастанием виноградных насаждений в Ейском районе [15]. Несмотря на незначимые изменения среднего значения ИС в Ейске, тренд изменчивости значим и составляет 0,27/10 лет (рис. 1).

Увеличение среднего значения ИС в Западной агроэкологической зоне виноградарства незначимо, варьирует от 1,03 до 1,31 в период 1961-1990 гг. и от 1,08 до 1,32 в период 1991-2020 гг., в оба периода зона является недостаточно увлажненной. Аномалии ИС с 1991 по 2020 гг. относительно среднего значения 1961-1990 гг. в Славянске-на-Кубани имеют значимую тенденцию к увеличению – 0,12 /10 лет (рис. 2).

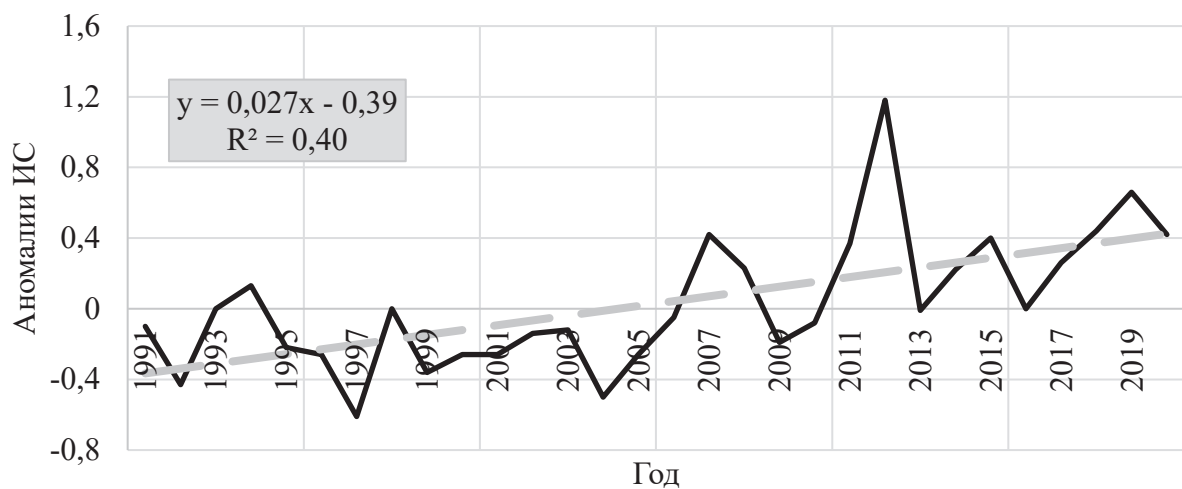


Рис. 1. Аномалии ИС за период 1991-2020 гг. по сравнению с периодом 1961-1990 гг. для Северной агроэкологической зоны виноградарства на примере Ейска

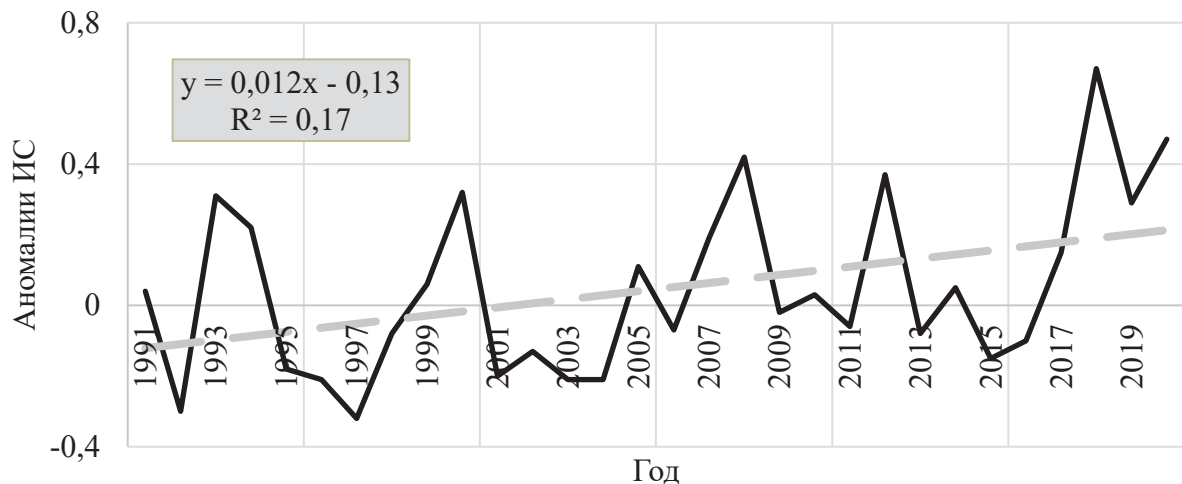


Рис. 2. Аномалии ИС за период 1991-2020 гг. по сравнению с периодом 1961-1990 гг. для Западной агроэкологической зоны виноградарства на примере Славянска-на-Кубани

В Центральной агроэкологической зоне виноградарства в первый период 1961-1990 гг. районы метеостанций Усть-Лабинск, Краснодар, Белореченск, Лабинск и Майкоп характеризуются влажным климатом с ИС от 0,82 (Белореченск) до 0,99 (Краснодар); районы вблизи Армавира, Кореновска и Кропоткина – недостаточно влажным климатом с ИС от 1,02 (Кореновск) до 1,1 (Армавир, Кропоткин). Среднее значение ИС по данным метеостанций Армавир, Кропоткин, Лабинск и Майкоп уменьшились, т.е. территория стала более увлажненной, в Белореченске ИС не изменился, в Кореновске, Усть-Лабинске и Краснодаре вырос. Все изменения среднего не значимы. К территориям с влажным климатом во второй климатологический период относятся Лабинск (0,92), Белореченск и Майкоп (0,82). Районы Краснодара (1,01) и Усть-Лабинска (1) за 1991-2020 гг. характеризуются недостаточной увлажненностью. В Кропоткине и Кореновске ИС составляет 1,08. Для исследования изменения во времени ИС в Центральной зоне был выбран Армавир (рис. 3). Тренд значимый, и, несмотря на уменьшение среднего значения, отмечается тенденция увеличения ИС на 0,1 /10 лет.

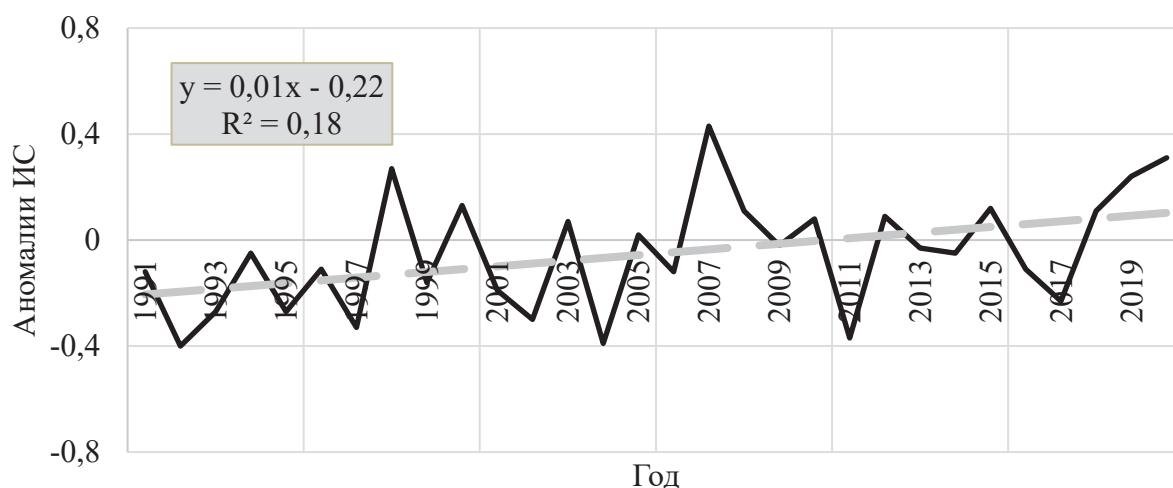


Рис. 3. Аномалии ИС за период 1991-2020 гг. по сравнению с периодом 1961-1990 гг. для Центральной агроэкологической зоны виноградарства на примере Армавира

Среднее значение ИС за климатологический период 1961-1990 гг. в Предгорной агроэкологической зоне виноградарства варьировало от 0,71 (Горячий Ключ) до 0,98 (Отрадная). т.е. климат был влажным. В период 1991-2020 гг. район Крымска стал характеризоваться как недостаточно увлажненный из-за значимого увеличения среднего значения ИС с 0,9 до 1,01. По остальным станциям отмечалось уменьшение ИС и во второй период средние значения варьировали от 0,69 (Горячий Ключ) до 0,93 (Отрадная). Аномалии значений ИС 1991-2020 гг. относительно базового периода 1961-1990 гг. имеют положительную, но незначимую тенденцию – увеличение на 0,08 /10 лет (рис. 4).

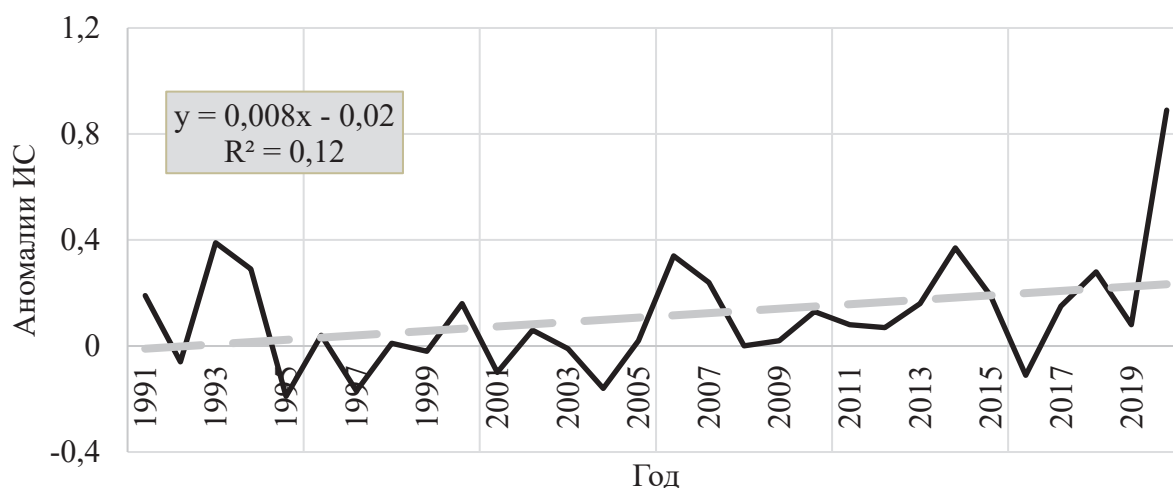


Рис. 4. Аномалии ИС за период 1991-2020 гг. по сравнению с периодом 1961-1990 гг. для Предгорной агроэкологической зоны виноградарства на примере Крымска

Черноморская агроэкологическая зона виноградарства по ИС разделена на территории с влажным и недостаточно влажным климатом. В первый период 1961-1990 гг. по среднему значению к первому типу относились районы Новороссийска, Джубги, Горного Туапсе и Сочи от 0,33 (Горный) до 0,93 (Новороссийск); ко второму типу – Абрау-Дюрсо, Геленджик, Анапа и Тамань от 1,03 (Абрау-Дюрсо) до 1,59 (Тамань). В целом, в Черноморской зоне средние значения ИС во втором периоде 1991-2020 гг. выросли, т.е.

увеличилась засушливость территории, за исключением Сочи (уменьшение с 0,49 до 0,48) и Геленджика (1,05 без изменений). По ИС тип климата во второй климатологический период в Новороссийске изменился на недостаточно увлажненный. Средние значения районов с влажным типом климата в 1991-2020 гг. варьировали от 0,34 (Горный) до 0,63 (Джубга); районов с недостаточно влажным типом климата – от 1 (Новороссийск) до 1,82 (Тамань). Для Новороссийска был построен ход аномалий значений ИС за 1991-2020 гг. по сравнению со средним значением базового климатологического периода 1961-1990 гг. Отмечаются пропуски данных 2016 и 2017 гг., которые не повлияли на тренд. Тенденция положительная и значимая, увеличение значений ИС составляет 0,12 /10 лет (рис. 5).

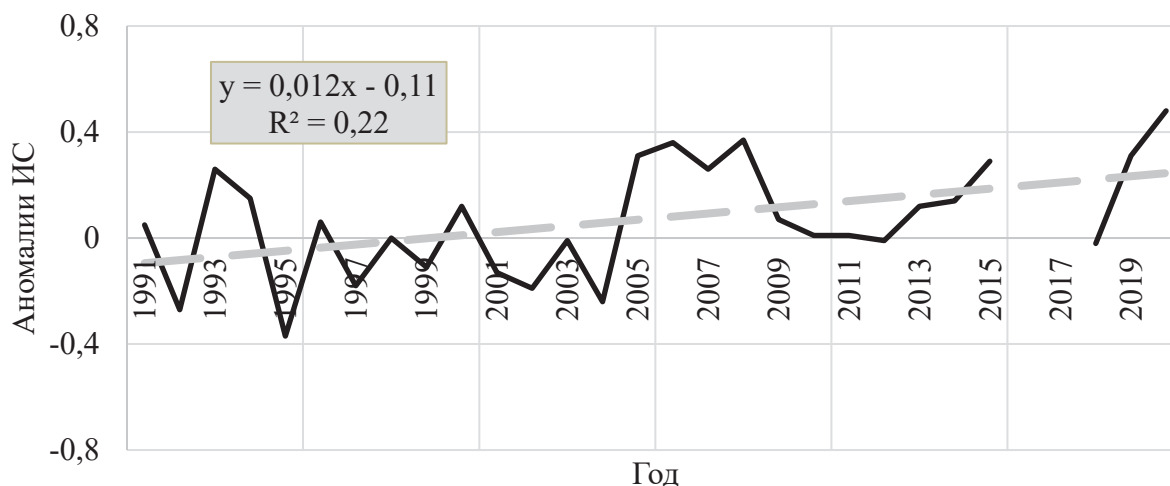


Рис. 5. Аномалии ИС за период 1991-2020 гг. по сравнению с периодом 1961-1990 гг. для Черноморской агроэкологической зоны виноградарства на примере Новороссийска

Выводы. Индекс сухости Будыко является наглядным параметром для характеристики влагообеспеченности территории и оценки ее изменения. Территория агроэкологических зон виноградарства Краснодарского края представлена двумя типами климата – влажным и недостаточно влажным. Северная и Западная зона выделяются недостаточным увлажнением и почти повсеместным ростом засушливости во второй климатологический период 1991-2020 гг. по среднему значению ИС. В центральной и Предгорной зонах отмечаются разные тенденции изменения средних значений – на более удаленных от побережья территориях с большей высотой относительно уровня моря увлажненность растет или почти не меняется, в то время как на остальной части зоны увеличивается засушливость районов. В Черноморской зоне виноградарства территория характеризуется недостаточным увлажнением до Геленджика включительно (в базовый период 1961-1990 гг. за исключением Новороссийска), до границы с Абхазией – влажным климатом. Несмотря на разное изменение средних значений, в целом по ходу аномалий можно судить об увеличении засушливости климата.

Литература

1. Сиротенко О.Д., Павлова В.Н. Методы оценки влияния изменений климата на продуктивность сельского хозяйства // Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. М.: Росгидромет, 2012. С. 165-189.
2. Золотокрылин А.Н., Коняев К.В., Виноградова В.В., Титкова Т.Б. Пространственное изменение связи между аномалиями NDVI и соотношения тепла и влаги на равнинах России // Исследование Земли из космоса. 2007. № 1. С. 66-73.

3. Мезенцева О. В. Характеристики тепловлагообеспеченности водосборов и геотопология новой гидрологической константы // Омский научный вестник. 2006. №. 8 (44). С. 298-302.
4. Титкина С.Н., Гершинкова Д.А., Семенов С.М. Климатические изменения увлажнения на территории России и соседних стран в конце XX века - начале XXI века // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2011. Т. 24. С. 393-400.
5. Долгова Н. В. и др. Современные тенденции температурно-влажностного режима на территории Южной Сибири и Северного Казахстана // Динамика и взаимодействие геосфер земли. 2021. Т. 2. С. 128-130.
6. Поддубский А.А. Оценка природной влагообеспеченности Московской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2015. №. 2. С. 45-50.
7. Переведенцев Ю.П. и др. Агроклиматические условия на территории Республики Татарстан в период 1966-2021 гг // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2022. № 4(386). С. 96-113. DOI: 10.37162/2618-9631-2022-4-96-113.
8. Смирнов В.О., Смирнова Н.В. Оценка климатических условий с целью организации восстановления полезных лесных полос на территории Первомайского района Республики Крым // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». 2020. №. 11. С. 23-39.
9. Влияние изменений климата на фенологию винограда / В.С. Петров, Г.Ю. Алейникова, Л.Ю. Новикова [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 57(3). С. 29-50. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-3-57-29-50.
10. Chernikov E., Marmorshtein A., Popova V., Aleynikova G. Similarities and differences in trends of changes of the agroclimatic conditions of the main viticulture zones of the Krasnodar region // Bio Web Conf. Vol. 39. 01005. DOI: 10.1051/bioconf/20213901005
11. Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Гидрометеорологической информации – Мировой Центр Данных [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://meteo.ru> (дата обращения: 25.10.2021).
12. Агrometeorологические бюллетени по территории Краснодарского края. Краснодар: Краснодарский краевой центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1960-2020.
13. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023621618 Российская Федерация. Климатические нормы агrometeorологических 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. Марморштейн; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия".
14. Мищенко, З.А. Агроклиматология: учебник. Киев.: КНТ. 2009. 512 с.
15. Рожков В.А. Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций с гидрометеорологическими примерами. Кн. 2. СПб.: Гидрометиздат, 2002. 780 с.
16. Петров Д.В., Папова Л.В. Обзорный анализ развития виноградовинодельческой отрасли на Кубани // Вестник Академии знаний. 2020. № 40(5). С. 367-372. DOI: 10.24412/2304-6139-2020-10645.