

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Исследование закономерностей пространственного варьирования средней температуры воздуха за вегетационный период на территории Крымского полуострова

Евгений Александрович Рыбалко, канд. с.-х. наук, зав. сектором агроэкологии, rybalko_ye_a@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4579-3505>;

Наталья Валентиновна Баранова, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр. сектора агроэкологии, natali.v.0468@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2588-360X>;

Виктория Юрьевна Борисова, агроном сектора агроэкологии, borisova.12@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7757-9669>;
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Сероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН», Россия, Республика Крым, 298600, г. Ялта, ул. Кирова, 31.

В статье приведен анализ метеорологической информации по средней температуре воздуха за вегетационный период на территории Крымского полуострова. Рассчитано среднее многолетнее значение в точках расположения метеостанций с длинным рядом метеонаблюдений на территории Крымского полуострова. При расчетах использовали многолетние данные за 30 лет по 17 метеостанциям Крымского полуострова. Для моделирования пространственного распределения величины средней температуры воздуха на первом этапе также была выбрана глобальная климатическая модель WorldClim 2.0. На её основе рассчитаны величины исследуемого показателя для опорных точек. Произведена корректировка данных модели WorldClim 2.0 путём прибавления к результатам расчёта поправки 0,99, что несколько повысило точность моделирования. Составлена также линейная многофакторная модель, учитывающая географическую широту местности и абсолютную высоту над уровнем моря. Установлено, что в зависимости от географического положения метеостанции значения средних многолетних температур воздуха составляют от 17,9 °С (Белогорск) до 20,0 °С (Феодосия, Ялта). Проанализированы при помощи технологий геоинформационного моделирования закономерности пространственного варьирования величины средней температуры. В результате проведенного анализа были получены модели, описывающие данные закономерности. С помощью полученных моделей, разработана цифровая крупномасштабная картографическая модель пространственного распределения величины средней температуры воздуха, на основе которой на территории Крымского полуострова выделено 4 зоны. Разработанная модель, в сочетании с современными геоинформационными технологиями дает возможность автоматизировать анализ степени пригодности территории для возделывания винограда.

Ключевые слова: средняя температура воздуха; вегетационный период; виноград; математическая модель; цифровая карта; Крымский полуостров.

Как цитировать эту статью:

Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Борисова В.Ю. Исследование закономерностей пространственного варьирования средней температуры воздуха за вегетационный период на территории Крымского полуострова // «Магарач». Виноградарство и виноделие, 2020; 22(2); С. 120-124. DOI 10.35547/IM.2020.29.71.007

How to cite this article:

Rybalko E.A., Baranova N.V., Borisova V.Yu. Study of laws of spatial variation of the mean air temperature for the growing season on the territory of the Crimean Peninsula. Magarach. Viticulture and Winemaking, 2020; 22(2):120-124. DOI 10.35547/IM.2020.29.71.007

УДК 634.8.047:528.946:551.582

Поступила 12.02.2020

Принята к публикации 20.05.2020

© Авторы, 2020

ORIGINAL RESEARCH

Study of laws of spatial variation of the mean air temperature for the growing season on the territory of the Crimean Peninsula

Evgeniy Aleksandrovich Rybalko, Natalia Valentinovna Baranova, Viktoria Yurievna Borisova

Federal State Budget Scientific Institution All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, 31 Kirova str., 298600 Yalta, Republic of Crimea, Russian Federation

The article provides the analysis of meteorological information of the mean air temperature for the growing season on the territory of the Crimean Peninsula. The long-term mean value in the points of weather station locations with a long series of weather observations on the territory of the Crimean Peninsula was calculated. For calculations we used the long-term data for 30 years on 17 weather stations of the Crimean Peninsula. To simulate the spatial distribution of the mean air temperature value at the first stage, the WorldClim 2.0 global climate model was also selected. The values of the studied parameter for reference points were calculated on its basis. The data of the WorldClim 2.0 model was adjusted by adding an error correction of 0.99 to the results of calculation, which slightly increased the modeling accuracy. A linear multivariate model was also compiled, taking into account the geographical latitude of the terrain and the absolute height above sea level. It was established that, depending on the geographical location of the weather station, the values of long-term mean air temperatures range from 17.9 °C (Belogorsk) to 20.0 °C (Feodosia, Yalta). The patterns of spatial variation of the mean temperature were analyzed using the technologies of geoinformation modeling. Models describing these patterns were obtained as a result of the analysis. Using the models received, a digital large-scale cartographic model of the spatial distribution of the mean air temperature was developed. On its basis 4 zones on the territory of the Crimean Peninsula were allocated. The developed model, in combination with modern geoinformation technologies, makes it possible to automate the analysis of fitness degree of the territory for grapes cultivating.

Key words: mean air temperature; growing season; grapes; mathematical model; digital map; the Crimean Peninsula.

Введение. Климат является наиболее важным фактором в каждом сельскохозяйственном регионе. Базовый годовой и сезонный климат региона и его изменчивость в значительной степени определяют продуктивность и качество сельскохозяйственных культур [1–6]. Для виноградарства и производства вина пространственное распределение мезоклимата в регионе имеет большое значение.

Оценку агроклиматических ресурсов территории проводят с помощью агроклиматических показателей, которые оказывают существенное влияние на рост, развитие и продуктивность виноградного растения [7–10]. Такие показатели главным образом определяют, насколько растение обеспечено влагой и теплом. Процессы роста и развития винограда, регулируемые указанными выше факторами, происходят в

основном в теплое время года.

Обеспеченность вегетационного периода теплом является основным климатическим требованием для винограда. Температура колеблется в зависимости от времени и под влиянием географических и топографических условий местности. Основу агроклиматического районирования должен составить учет термических ресурсов за период вегетации и изучение реакции растений на них.

Исследователями ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко» проведен температурный анализ межфазных периодов винограда, возделываемого в условиях Ростовской области [11].

В Краснодарском крае проведено углубленное зонирование агротерриторий, направленное на эффективное использование их природного потенциала, бездефицитное обеспечение растений наиболее востребованными природными ресурсами (свет, тепло, вода, питание). В результате на данной территории выделено пять агроэкологических зон и 47 подзон виноградарства [12].

Активное изучение биоклиматических индексов и их влияние на производство виноградно-винодельческой продукции проводится за рубежом.

Изучением влияния климата на производство винограда занимаются ученые Венгрии. В исследованиях оцениваются прошлые изменения значений вегетационных индексов. Особое внимание уделяется прогнозируемым изменениям вегетационных индексов до конца 21-го века. Полученные результаты свидетельствуют о том, что виноград для производства белого вина с большой вероятностью потеряет свое доминирование над виноградом для производства красного вина в Венгрии в ближайшие несколько десятилетий. Кроме того, созревание позднеспелых и очень позднеспелых сортов винограда станет более вероятным [13].

На территории южной части Румынии в течение последних двадцати лет проводятся наблюдения относительно влияния климатических показателей на качественные и количественные параметры наиболее распространенного румынского сорта винограда Fetească regală, привитого на подвое Kober 5 BB [14].

Об увеличении значений климатических показателей, а также биоклиматических индексов говорят результаты, полученные в Швейцарии (регион Neuchâtel) с конца 19-го века. Большая часть этого увеличения наблюдается с 1970-х годов [15].

В США ведутся работы по изучению пространственной и временной изменчивости климатических индексов, влияющих на виноград, в частности, индексов Уинклера, Хуглина и другие [16,17].

Знание пространственных вариаций температуры в винодельческих регионах обеспечивает основу для оценки общей пригодности для виноградарства, позволяет проводить сравнения между винодельче-

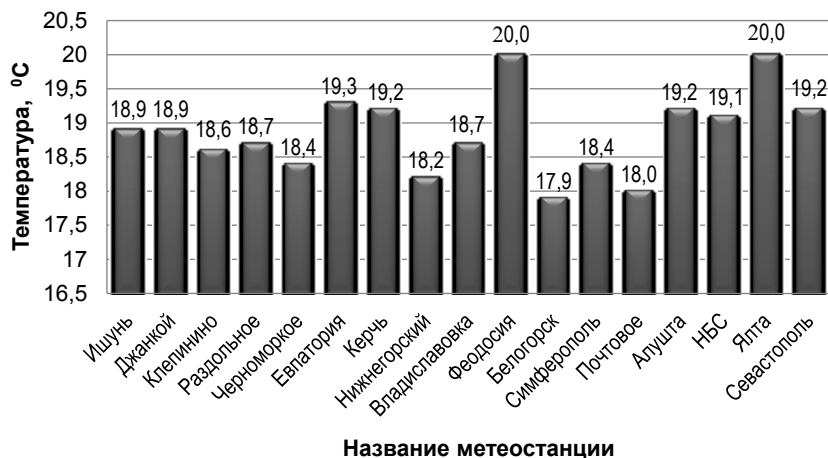


Рис. 1. Среднее многолетнее значение средней температуры воздуха за вегетационный период, °C

Fig. 1. Long-term mean air temperature value for the growing season, °C

скими регионами и предлагает производителям меру оценки соответствующих сортов и участков.

Однако до настоящего времени вопросы по исследованию температурных показателей за вегетационный период с использованием современных методов математического моделирования и географических информационных систем проводились в ограниченных масштабах на территории Крымского полуострова. Поэтому решение данной задачи остается актуальной.

Целью данной работы являлось исследование закономерностей пространственного варьирования средней температуры воздуха, характеризующей вегетационный период на территории Крымского полуострова.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены на базе сектора агроэкологии.

Материалами служили электронная модель рельефа SRTM-3 территории Крымского полуострова и многолетние данные метеонаблюдений по 17 метеостанциям Крыма и Севастополя за 1985–2018 гг. [18].

Работа выполнена в соответствии с методиками по оптимизации размещения виноградных насаждений [19]. Анализ пространственных данных и их моделирование проводились с использованием географических информационных систем. Расчет индекса проведен в соответствии с резолюцией МОБВ 423-2012 RESOLUTION OIV-VITI 423-2012 REV1 и методикой с обновлениями в 2018 г. [20]. Подгонка (подбор) коэффициентов в математической модели производилась методом наименьших квадратов.

Результаты исследований. Проведен сбор и анализ метеорологической информации по средней температуре воздуха за вегетационный период на территории Крымского полуострова.

Для изучаемого показателя рассчитано среднее многолетнее значение в точках расположения метеостанций с длинным рядом метеонаблюдений на территории Крымского полуострова. При расчетах использовали многолетние данные за 30 лет по 17 метеостанциям Крымского полуострова (рис. 1).

Установлено, что значения средних многолетних

температур воздуха за вегетационный период находятся в пределах от 17,9 °С в районе метеостанции Белогорск до 20,0 °С (Феодосия и Ялта).

Для выявления закономерностей пространственного распределения анализируемого климатического индекса создана сеть из 15 опорных точек, совпадающих с месторасположением метеостанций, располагающих длинным рядом наблюдений. С помощью ГИС-технологий для каждой опорной точки вычислены величины агроэкологических факторов, которые могут оказывать влияние на пространственное варьирование изучаемого индекса: абсолютная высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склона, географическая широта, расстояние до моря или другого крупного водоёма. Далее для изучаемого индекса производился подбор нескольких математических моделей, которые сравнивались между собой по величине ошибки между расчётными и фактическими данными в опорных точках. Для каждой модели производилась подгонка коэффициентов для минимизации ошибок. По результатам сравнения выбиралась наиболее точная модель, которая в дальнейшем использовалась для построения цифровой карты пространственного распределения средней температуры воздуха на территории Крымского полуострова.

Для моделирования пространственного распределения величины средней температуры воздуха за вегетационный период на первом этапе также была выбрана глобальная климатическая модель WorldClim 2.0. На её основе были рассчитаны величины исследуемого показателя для опорных точек. В результате было установлено, что среднее абсолютное значение ошибки по анализируемым точкам составило минус 0,99, то есть расчётные данные оказались заниженными. Исходя из этого, была произведена корректировка данных модели WorldClim 2.0 путём прибавления к результатам расчёта поправки 0,99, что несколько повысило точность моделирования.

Наряду с этим была составлена также линейная многофакторная модель, учитывающая географическую широту местности и абсолютную высоту над уровнем моря:

$$T_{\text{вер}} = T_{\text{вер } 1} + 0,003 \cdot (h_1 - h) + 0,35 \cdot (\gamma_1 - \gamma), \quad (1)$$

где $T_{\text{вер}}$ — средняя температура воздуха за период вегетации в анализируемой точке;

$T_{\text{вер } 1}$ — средняя температура воздуха за период вегетации в районе ближайшей метеостанции.

h_1 — высота метеостанции над уровнем моря, м;

h — высота точки, для которой ведётся расчёт, над

Таблица 1. Сравнение точности математических моделей для расчёта средней температуры воздуха за период вегетации

Table 1. Comparison of the accuracy of mathematical models for calculating the mean air temperature for the growing season

Показатель	WorldClim 2.0	WorldClim 2.0+0,99	Модель (1)
Средняя абсолютная ошибка	-0,99	0	0,06
Средняя квадратичная ошибка	1,11	0,5	0,5
Средняя относительная ошибка, %	5,2	2,2	2,0

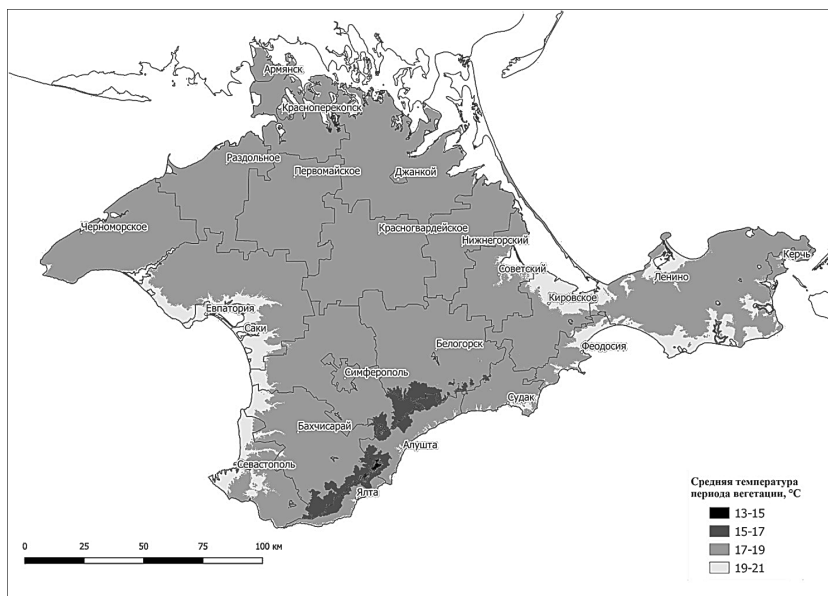


Рис. 2. Цифровая крупномасштабная картографическая модель пространственного варьирования средней температуры воздуха за вегетационный период на территории Крымского полуострова

Fig. 2. Digital large-scale cartographic model of spatial variation of the mean air temperature for the growing season on the territory of the Crimean Peninsula

Таблица 2. Зоны Крымского полуострова в зависимости от величин средней температуры воздуха за вегетационный период

Table 2. Areas of the Crimean Peninsula depending on the value of the mean air temperature for the growing season

Температура, °С	Площадь	
	тыс. га	%
13-15	1,5	0,1
15-17	71,1	2,8
17-19	2223,4	86,8
19-21	266,1	10,4
	2546,9	100

уровнем моря, м;

γ_1 — широта метеостанции, градусы;

γ — широта анализируемой местности, градусы.

В таблице 1 приведено сравнение всех трёх моделей по точности.

Таким образом, по результатам сравнительного анализа для моделирования пространственного распределения величины средней температуры воздуха за вегетационный период была выбрана модель (1) как наиболее точная в данных условиях. На основании этой модели разработана цифровая крупномасштабная карта пространственного распределения величины средней температуры воздуха. В результате

классификации рассчитанных величин данного показателя согласно принятым диапазонам на территории Крымского полуострова выделено 4 зоны (рис. 2, табл. 2).

Согласно полученным данным, на основной части Крымского полуострова, значения средней температуры воздуха за вегетационный период составляют 17–19 °С. Максимальные значения средних многолетних температур данного периода получены в районах метеостанций Евпатория, Керчь, Феодосия, а также на территории Южного берега Крыма (19,1–20 °С).

Заключение. Рассчитано среднее многолетнее значение средней температуры воздуха за вегетационный период в точках расположения метеостанций с длинным рядом наблюдений на территории Крымского полуострова. Установлено, что в зависимости от географического положения метеостанции значения средних многолетних температур воздуха составляют от 17,9 °С (Белогорск) до 20,0 °С (Феодосия, Ялта). Проанализированы при помощи технологий геоинформационного моделирования закономерности пространственного варьирования величины средней температуры воздуха за вегетационный период. В результате проведенного анализа были получены модели, описывающие данные закономерности. С помощью полученных моделей, разработана цифровая крупномасштабная картографическая модель пространственного распределения величины средней температуры воздуха, на основе которой на территории Крымского полуострова выделено 4 зоны. Полученная модель в сочетании с современными геоинформационными технологиями дает возможность автоматизировать анализ степени пригодности территории для возделывания винограда.

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания № ГР 0833-2019-0019.

Financing source

The work was conducted under public assignment No. 0833-2019-0019.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы/References

1. Фурса Д.И., Фурса В.П. Влияние микроклиматических особенностей Южного берега Крыма на специализацию виноградно-винодельческой промышленности // Труды научного центра виноградарства и виноделия. – Ялта НИВиВ «Магарач», 2001. – Т. 3. – С.15-21.
Fursa D. I., Fursa V. P. Influence of microclimatic features of the South Coast of Crimea on the specialization of the viticulture and winemaking industry. Proceedings of the scientific center of viticulture and winemaking. Yalta. NIViV Magarach. 2001. Vol. 3. pp. 15-21 (in Russian).
2. Иванченко В.И., Баранова Н.В., Корсакова С.П., Рыбалко Е.А. Оптимизация размещения столовых сортов винограда в зависимости от агроэкологических ресурсов АР Крым: Тематический сборник / – Ялта: НИВиВ «Магарач», 2010. – 60 с.
Ivanchenko V. I., Baranova N. V., Korsakova S. P., Rybalko E. A. Optimization of distribution of table grape varieties

depending on agroecological resources of the Crimea: Thematic collection. Yalta. NIViV Magarach. 2010. 60 p. (in Russian).

3. Рапча М.П. Научные основы ампелоэкологической оценки и освоения виноградо-винодельческих центров республики Молдова. Кишинев, 2002. 332 с.
Rapcha M.P. The scientific basis of the ampeloeological assessment and development of centers of viticulture and winemaking of the Republic of Moldova. Chisinau. 2002. 332 p. (in Russian).
4. Фурса Д.И., Корсакова С.П., Фурса В.П., Иванченко В.И. Агроклиматические ресурсы Южного берега Крыма в районе Большой Ялты и их оценка применительно к винограду. – Ялта, 2006. – 59 с.
Fursa D. I., Korsakova S. P., Fursa V. P., Ivanchenko V. I. Agro-climatic resources of the South Coast of Crimea in the area of Bolshaya Yalta and their assessment in relation to grapes. Yalta. 2006. 59 p. (in Russian).
5. Фурса Д.И. Характеристика агроклиматических ресурсов территории Солнечной долины и их учет в практике виноградарства // «Магарач» Виноградарство и виноделие. – № 3. – 2004. – С. 4-8.
Fursa D. I. Characteristics of agro-climatic resources of Solnechnaya Dolina territory and their use in the practice of viticulture. Magarach. Viticulture and Winemaking. No. 3. 2004. pp. 4-8 (in Russian).
6. Борисенко М.Н., Иванченко В.И., Баранова Н.В., Рыбалко Е.А. Влияние агроклиматических ресурсов Республики Крым на оптимизацию размещения столовых сортов винограда // Сб. науч. тр. ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН. – Том XLVI. – Ялта. – 2016. – С. 20-23.
Borisenko M.N., Ivanchenko V.I., Baranova N.V., Rybalko E.A. The impact of agro-climatic resources of the Republic of Crimea on the optimization of table grapes vineyard location. Collection of sci. works of FSBSI Magarach of the RAS. Vol. XLVI. Yalta. 2016. pp. 20-23 (in Russian).
7. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В. Исследование тенденций изменения климатических условий в Республике Крым для планирования размещения виноградных насаждений. Системы контроля окружающей среды, № 14 (34). – Севастополь: ИПТС, 2018. – С. 116–121.
Rybalko E. A., Baranova N. V. Investigation of trends in climate change in the Republic of Crimea for planning the distribution of grape plantations. Environmental monitoring systems, No. 14 (34). Sevastopol: IPTS. 2018. pp. 116-121 (in Russian).
8. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В. Агроэкологическое районирование Крымского полуострова для выращивания винограда. Системы контроля окружающей среды.-2018.- № 11 (31). С. 90-94.
Rybalko E. A., Baranova N. V. Agroecological zoning of the Crimean Peninsula for grapes growing. Environmental monitoring systems. 2018. No. 11 (31). pp. 90-94 (in Russian).
9. Cornelis van Leeuwen, Philippe Friant, Xavier Choné, Olivier Tregoat, Stephanos Koundouras and Denis Dubourdieu. Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. American Journal of Enology and Viticulture 55(3) pp. 207-217.
10. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Ткаченко О.В., Твардовская Л.Б. Влияние агроэкологических условий на урожайность и качество винограда // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2015. – № 4. – С. 23-24.
Rybalko E.A., Baranova N.V., Tkachenko O.V., Tvardovskaya L.B. Influence of agroecological conditions on yield and quality of grapes. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2015. No. 4. pp. 23-24 (in Russian).
11. Наумова Л.Г., Новикова Л.Ю. Температурный ана-

- лиз межфазных периодов сортов винограда коллекции ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко // Виноделие и виноградарство. – 2015. – № 5. – С. 46–50.
- Naumova L. G., Novikova L. Yu. Temperature analysis of interphase periods of grape varieties in the collection of VNIIViV named after Ya. I. Potapenko. *Winemaking and Viticulture*. 2015. No. 5. pp. 46-50 (*in Russian*).
12. Егоров Е.А., Петров В.С. Создание устойчивых саморегулирующихся агроценозов винограда в условиях умеренно-континентального климата юга России // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – С. 51–54. Egorov E. A., Petrov V. S. Creation of the resistant self-regulating agrocenoses of grapes in the conditions of moderate-continental climate of the South of Russia. *Bulletin of Russian agricultural science*. 2017. pp. 51-54 (*in Russian*).
 13. Ildikó Mesterházy, Róbert Mészáros, and Rita Pongrácz. The effects of climate change on grape production in Hungary. *IDŐJÁRÁS. Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. Vol. 118. No. 3. July – September, 2014. pp. 193–206.
 14. Oana Arina Antoce, Georgeta Mihaela Bucur, George Adrian Cojocar. The climate change influences and trends on the grapevine growing in Southern Romania: a long-term study. Book of abstracts 42nd Congress of Vine and Wine. 17th General Assembly of the OIV 15th-19th July 2019, CIGG, Geneva, Switzerland. pp. 43–44.
 15. Valentin Comte, Vivian Zufferey, Johannes Rösti, Pierluigi Calanca, Martine Rebetez. Adaptation strategies of a cold climate vineyard to climate change, the case of the Neuchâtel region in Switzerland. Book of abstracts 42nd Congress of Vine and Wine. 17th General Assembly of the OIV. 15th-19th July 2019, CIGG, Geneva, Switzerland. pp. 45–47.
 16. Jones G.V. Climate change in the Western United States grape growing regions. 2005. *Acta Hort.* 689. pp. 41–60.
 17. Amerine M. A. et A. J. Winkler. Composition and quality of musts and wines of California grapes. *Hilgardia*. 1944. 15(6). pp. 493-673.
 18. Агрометеорологические бюллетени по территории республики Крым // ФГБУ «КРЫМСКОЕ УГМС». Agrometeorological bulletins on the territory of Republic of Crimea. FGBU "Krymskoye UGMS" (*in Russian*).
 19. Рекомендации 575/46.00334830. 002-94 «Оптимизация размещения виноградных насаждений в Крыму» ИВиВ «Магарач». – Ялта, 1993. – 68 с. Recommendations 575/46.00334830. 002-94. Optimization of placement grape plantations in Crimea. IViV Magarach. Yalta. 1993. 68 p. (*in Russian*).
 20. Cornelis van Leeuwen and Benjamin Bois. Update in unified terroir zoning methodologies. 2E3S Web of Conferences 50, 01044. 2018. XII Congreso Internacional Terroir.