

УДК 634.8.042: 551.586/524.33

UDC 634.8.042: 551.586/524.33

DOI 10.30679/2219-5335-2022-6-78-235-247

DOI 10.30679/2219-5335-2022-6-78-235-247

**АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ
ОБЪЕКТО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ
ВИНОГРАДАРСКО-ВИНОДЕЛЬЧЕСКИХ
ТЕРРУАРОВ***

**THE ALGORITHM
FOR THE ALLOCATION
OF OBJECT-ORIENTED
GRAPE-WINE TERROIRS***

Рыбалко Евгений Александрович
канд. с.-х. наук
заведующий сектором агроэкологии
e-mail: rybalko_ye_a@mail.ru

Rybalko Evgeniy Aleksandrovich
Cand. Agr. Sci.
Head of Agroecology Sector
e-mail: rybalko_ye_a@mail.ru

Баранова Наталья Валентиновна
канд. с.-х. наук
ведущий научный сотрудник
сектора агроэкологии
e-mail: natali.v.0468@mail.ru

Baranova Natalia Valentinovna
Cand. Agr. Sci.
Leading Research Associate
of Agroecology Sector
e-mail: natali.v.0468@mail.ru

*Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
«Всероссийский национальный
научно-исследовательский институт
виноградарства и виноделия
«Магарач» РАН», Ялта, Россия*

*Federal State
Budget Scientific Institution
«All-Russian National Research
Institute of Viticulture and Winemaking
«Magarach» of RAS»,
Yalta, Russia*

Работа посвящена разработке алгоритма выделения на заданной территории терруаров, обеспечивающих получение урожая винограда с заданными качественными характеристиками. При этом предлагается использовать методы математического и геоинформационного моделирования, цифровые модели рельефа, многолетние метеорологические данные и почвенные карты анализируемой территории. При работе с картографическими данными предлагается применять такие методы как векторизация, растрезация, пересчёт растров, классификация и реклассификация растров, оверлейный анализ. Выделены агроэкологические факторы, оказывающие наибольшее влияние на формирование качества винограда, и предложены методики их оценки с учётом

The work is devoted to the development of an algorithm for the allocation of terroirs on a given territory, ensuring the yield of grapes with specified qualitative characteristics. It is proposed to use methods of mathematical and geoinformation modeling, digital relief models, long-term meteorological data and soil maps of the analyzed territory. When working with cartographic data, it is proposed to use such methods as vectorization, rasterization, recalculation of rasters, classification and reclassification of rasters, overlay analysis. Agroecological factors that have the greatest impact on the formation of grape quality are identified and methods of their assessment are proposed, taking

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-016-00075.

* The study was carried out with financially supported of the Russian Fund of Thorough Research within the framework of the scientific project No. 20-016-00075.

пространственного варьирования под влияние рельефа и других особенностей местности: сумма активных температур выше 10 °С, индексы Хуглина и Уинклера, суммы осадков за год и вегетационный период, гидротермический коэффициент Селянинова, средний из абсолютных минимумов температуры воздуха. Данный набор показателей рекомендуется использовать при выделении объекто-ориентированных виноградарско-винодельческих терруаров. Даны предложения по использованию алгоритма для поиска территорий с заданными параметрами почвенно-климатических условий. Разработанный алгоритм позволяет повысить точность ампелоэкологической оценки местности, упростить и автоматизировать процесс выбора оптимальных земель для получения заданного типа виноградарско-винодельческой продукции высокого качества. Алгоритм учитывает особенности пространственного варьирования анализируемых факторов и позволяет точно рассчитать значение того или иного фактора в заданной точке, а также подразумевает комплексный подход в оценке большого количества наиболее значимых для качества продукции факторов.

Ключевые слова: ВИНОГРАД, ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ЗОНИРОВАНИЕ, ТЕРРУАРЫ

into account spatial variation under the influence of terrain and other terrain features: sum of active temperatures above 10 °С, Huglin and Winkler indices, amount of precipitation for the year and the growing season, Selyaninov hydrothermal coefficient, average of absolute minima of air temperature. This set of indicators is recommended to be used for the allocation of object-oriented grape-wine terroirs. Suggestions for using the algorithm to search for territories with specified parameters of soil and climatic conditions are given. The developed algorithm makes it possible to increase the accuracy of the ampeloecological assessment of the area, simplify and automate the process of selecting optimal lands for obtaining a given type of high-quality viticultural and wine products. The algorithm takes into account the features of spatial variation of the analyzed factors and allows you to accurately calculate the value of a factor at a given point, and also implies an integrated approach in assessing a large number of factors most significant for product quality.

Key words: GRAPES, GEOINFORMATION MODELING, AGROECOLOGICAL CONDITIONS, ZONING, TERROIRS

Введение. Виноград является довольно пластичной культурой, способной произрастать в различных почвенно-климатических условиях. Однако при этом качественные характеристики получаемого урожая могут значительно варьировать под влиянием агроэкологических факторов. При этом для получения различных видов виноградарско-винодельческой продукции уровни благоприятности почвенно-климатических условий могут существенно отличаться. Поэтому для эффективного ведения виноградарства

чрезвычайно важны комплексная оценка агроэкологических условий местности на предмет их благоприятности для выращивания заданных сортов и получения заданного типа продукции, а также выделение терруаров, наиболее отвечающих поставленным условиям.

Для ампелозкологической оценки местности и выделения наиболее благоприятных территорий с целью получения того или иного вида виноградарско-винодельческой продукции следует рассматривать такие факторы, как почвенно-климатические условия и рельеф местности. Климат непосредственно влияет на процессы формирования урожая винограда и его качественных характеристик. Почвенные условия обуславливают доступность элементов питания, формируют водный режим, а также влияют на тепловой режим виноградника посредством отражения, поглощения и отдачи солнечной радиации. Рельеф оказывает значительное влияние на пространственное варьирование климатических факторов [1-7].

Однако зонирование виноградопригодных земель и выделение терруаров связано с рядом методических сложностей. Проблемной задачей исследований в указанном направлении является определение точных мезоклиматических характеристик анализируемых территорий выращивания винограда, поскольку они могут значительно отличаться от условий на ближайшей метеостанции, взятой за основу получения климатической информации. Для этого используются различные методики сбора и обработки данных, в том числе и дистанционное зондирование Земли [8, 9].

Перспективным решением этого вопроса является геоинформационное и математическое моделирование пространственного варьирования климатических показателей под влиянием орографических, гидрологических и географических параметров анализируемых территорий, которое, однако, в настоящее время весьма ограничено используется для зонирования ампелотерриторий [10-13].

Вторая немаловажная задача – выбор наиболее информативных климатических показателей, формирующих терруар, предлагаемый спектр которых постоянно расширяется. Так, в России, странах Европы, в США, Австралии ведутся работы по изучению пространственной и временной изменчивости различных климатических индексов, влияющих на виноград, с целью ампелоэкологического зонирования территорий [14-20].

Кроме того, при выделении терруаров чрезвычайно важно учитывать комплексное влияние на виноград целого ряда агроэкологических факторов. Так, в результате совместных исследований ученых из Бразилии и Франции была разработана многокритериальная система климатической классификации регионов виноградарства по всему миру. В качестве дескрипторов использовали климатические индексы (потенциальный водный баланс почвы в течение вегетационного цикла, гелиотермические условия в течение вегетационного периода и ночную температуру в период созревания). Многокритериальная система климатической классификации представлена для 97-ми виноградарских регионов в 29-ти странах [21].

Таким образом, наблюдается большое разнообразие подходов по выделению наиболее значимых для винограда агроэкологических факторов, служащих основой зонирования и методик их пространственной интерполяции. Отсутствие единой методологии выделения терруаров для производства качественной виноградарско-винодельческой продукции обуславливает актуальность настоящей работы.

Объекты и методы исследования. При разработке и испытании алгоритма использованы данные метеонаблюдений на 17 метеостанциях Крыма и Севастополя за 1985-2020 годы, а также набор глобальных климатических данных Worldclim version 2.1 с пространственным разрешением 30 угловых секунд, содержащий климатическую информацию за 1970-2000 гг. [22].

Для анализа рельефа использована цифровая модель рельефа SRTM-3 (NASA Shuttle Radar Topography Mission), с пространственным разрешением 3 угловые секунды [23].

Расчет индексов проведен в соответствии с резолюцией МОВВ 423-2012 (редакция 1) [24].

Для визуализации пространственного распределения агроэкологических ресурсов, анализа влияния морфометрических особенностей местности на агроклиматические условия, а также целей агроэкологического моделирования использована географическая информационная система QGIS Desktop.

Интерполирование метеорологических данных произведено с помощью авторских математических моделей.

Обсуждение результатов. В результате обобщения мирового опыта, а также многолетних собственных исследований разработан алгоритм выделения объекто-ориентированных виноградарско-винодельческих терруаров, обеспечивающих получение виноградарско-винодельческой продукции заданного качества (рис.).

Основой для работ согласно алгоритму является цифровая модель рельефа анализируемой местности. В настоящее время наибольшей популярностью из широкодоступных пользуется модель SRTM-3. При помощи геоинформационного анализа цифровая модель рельефа преобразуется в растровые карты абсолютных высот, экспозиции и крутизны склонов. На основании этих карт вычисляется пространственное варьирование климатических факторов на изучаемой территории с целью выделения наиболее благоприятных участков. Для этого следует использовать данные многолетних метеонаблюдений с оптимальной продолжительностью 30 лет для того, чтобы учесть циклические колебания климатических параметров по годам.

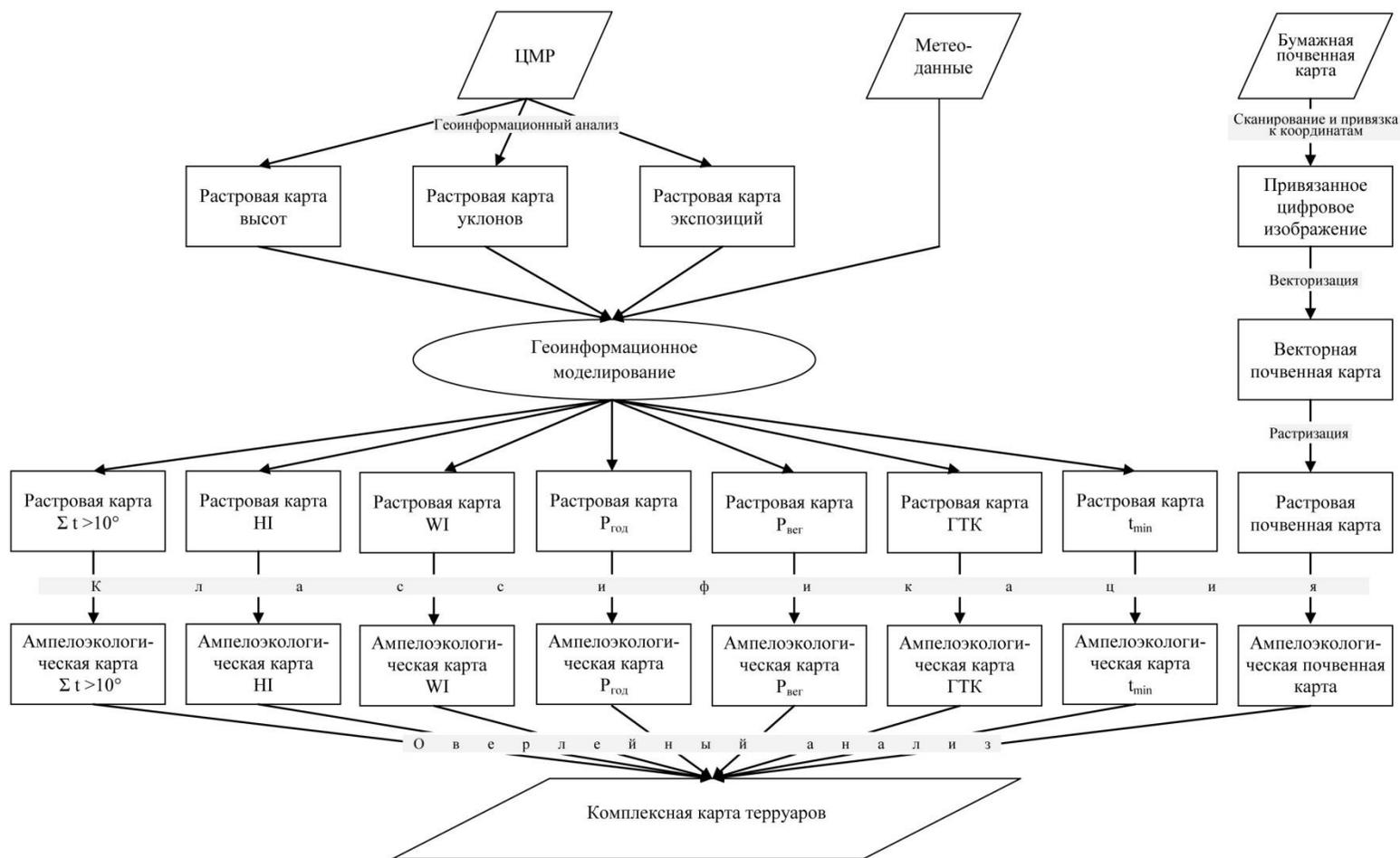


Рис. Алгоритм выделения объекто-ориентированных виноградарско-винодельческих терруаров

Посредством геоинформационного моделирования на основании растровых карт рельефа, многолетних метеоданных и математических моделей, описывающих закономерности пространственного варьирования климатических характеристик под влиянием рельефа и ряда других факторов, строятся растровые карты того или иного климатического параметра. Это можно осуществить, например, с помощью инструмента «калькулятор растра» в геоинформационных системах QGIS, ArcGIS. В результате изучения влияния различных климатических параметров и индексов на формирование качественных характеристик винограда в разных природных зонах Крымского полуострова авторами выделены наиболее значимые показатели: сумма активных температур выше 10 °C ($\Sigma t > 10^\circ$), индекс Хуглина (HI), индекс Уинклера (WI), сумма осадков за год ($P_{\text{год}}$) и вегетационный период ($P_{\text{вег}}$), гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), средний из абсолютных минимумов температуры воздуха (t_{min}) [25-26]. Данный набор показателей рекомендуется использовать при выделении объекто-ориентированных виноградарско-винодельческих терруаров. Для всех этих показателей авторами разработаны математические модели, необходимые для геоинформационного моделирования их пространственного распределения [27-31].

При невозможности проведения геоинформационного моделирования с помощью предложенных математических моделей по каким-либо причинам (например, нехватка данных) можно использовать готовые климатические карты проекта Worldclim, однако пространственное разрешение полученных карт будет значительно ниже.

Для оценки почвенных условий необходимо получить цифровую растровую карту почв. Для этого можно использовать либо готовую цифровую карту в формате изображения (например, jpg, gif и др.), либо отсканировать бумажную карту. Полученное цифровое изображение следует привязать к географическим координатам с помощью любой геоинформационной системы. Далее проводится векторизация привязанного к координатам

изображения с выделением контуров всех почвенных разностей, имеющих на карте, и занесением их в атрибутивную базу данных. Полученную векторную карту конвертируют в растр с учётом параметров, на основании которых затем будет определяться степень благоприятности почв для выращивания винограда, например, бонитет.

Каждую из полученного набора растровую карту подвергают классификации в соответствии с градацией степени благоприятности соответствующего климатического или почвенного фактора для получения заданного вида виноградарско-винодельческой продукции. В результате получается набор растровых ампелоэкологических карт с выделенными на них ампелоэкотопами, обладающими различной степенью благоприятности для заданного направления использования урожая винограда.

На финальном этапе необходимо провести оверлейный анализ полученных ампелоэкологических карт, подразумевающий их наложение друг на друга и разбивку ампелоэкотопов одной карты границами ампелоэкотопов других карт. В результате получится комплексная ампелоэкологическая карта терруаров. Каждый терруар при этом будет иметь только один диапазон характеристик по каждому из проанализированных факторов, согласно принятым градациям. По совокупности уровней благоприятности всех анализируемых факторов для получения того или иного типа виноградарско-винодельческой продукции можно делать выводы о целесообразности использования терруара с целью получения заданной продукции, а также выбирать наиболее эффективное направление специализации производства для того или иного терруара.

Разработанный алгоритм можно использовать и другим способом с некоторой модификацией, например, когда точно известны допустимые уровни по каждому из анализируемых факторов для получения того или иного вида продукции заданного качества и необходимо найти территории,

отвечающие заданным требованиям. В таком случае на стадии классификации каждая растровая карта разделяется только на два диапазона – благоприятный и неблагоприятный уровень фактора. С помощью функции реклассификации растра всем ячейкам карты, принадлежащим к неблагоприятному диапазону, присваивают значение «0», ячейкам с благоприятным уровнем – значение «1». Далее на стадии оверлейного анализа следует воспользоваться инструментом «Калькулятор растра» (в QGIS, ArcGIS или аналогичным в других ГИС). При этом все анализируемые растровые классифицированные карты перемножают с получением новой комплексной растровой карты. Таким образом, если на ту или иную точку местности попадает неблагоприятный диапазон хоть одного из анализируемых факторов со значением ячеек «0», то значение итоговой карты в этой точке также будет нулевым. В результате получаем карту, разделённую на два класса: со значением ячеек «1» – все факторы отвечают заданным диапазонам; со значением ячеек «0» – хотя бы по одному из факторов есть неблагоприятные условия. Таким образом, территории со значением ячеек «1» отвечают заданным требованиям и могут быть использованы для выращивания винограда с целью получения урожая заданного качества.

Выводы. Разработанный алгоритм позволяет повысить точность ампелоэкологической оценки местности, упростить и автоматизировать процесс выбора оптимальных земель для получения заданного типа виноградарско-винодельческой продукции высокого качества. Алгоритм учитывает особенности пространственного варьирования анализируемых факторов и позволяет точно рассчитать значение того или иного фактора в заданной точке, а также подразумевает комплексный подход в оценке большого количества наиболее значимых для качества продукции факторов.

Литература

1. Van Leeuwen C., 2010. Terroir: the effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes. Pages 273-315. In: Managing Wine Quality, Volume 1: Viticulture and Wine Quality, Reynolds A. Ed., Woodhead Publishing Ltd., Oxford, UK. DOI: 10.1533/9781845699284.3.273.

2. Lukas Karlik, Gábor Marián, Vladimír Falt'an, Marek Havlíček // *OENO One*. Vol. 52 No. 2 (2018). DOI: 10.20870/oeno-one.2018.52.2.1907.

3. Vyshkvarkova E., Rybalko E., Marchukova O., Baranova N. Assessment of the Current and Projected Conditions of Water Availability in the Sevastopol Region for Grape Growing / *Agronomy* 2021, 11, 1665. DOI: 10.3390/agronomy11081665.

4. Vyshkvarkova E.V., Rybalko E.A. Forecast of Changes in Air Temperatures and Heat Indices in the Sevastopol Region in the 21st Century and Their Impacts on Viticulture / *Agronomy* 2021, 11, 954. DOI: 10.3390/agronomy11050954.

5. Van Leeuwen C., Bois B. Update in unified terroir zoning methodologies // *E3S Web of Conferences* 50, 01044 (2018). DOI:10.1051/e3sconf/20185001044.

6. Can berry composition be explained by climatic indices? Comparing classical with new indices in the Portuguese Dão region / C.M. Lopes, etc. // *Acta Hort.* 1157. ISHS 2017. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1157.10.

7. Why climate change will not dramatically decrease viticultural suitability in main wine-producing areas by 2050 / Van Leeuwen C., etc. // *Proceedings of the National Academy of Sciences* (2013). DOI: 10.1073/pnas.1307927110.

8. Организация работы с данными наземных и дистанционных наблюдений для решения задач дистанционного мониторинга виноградников / Е.А. Рыбалко [и др.] // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2016. Т. 13. № 1. С. 79-92. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-1-79-92.

9. Формирование информационной базы спутниковых и наземных данных для отработки методик дистанционного мониторинга виноградарства в Республике Крым / В.А. Толпин [и др.] // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2017. Т. 14. № 1. С. 101-110. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-1-101-110.

10. Irimia L., Patriche C.V., Quenol H. Viticultural Zoning: A Comparative Study Regarding the Accuracy of Different Approaches in Vineyards Climate Suitability Assessment. *Cercetari Agronomice in Moldova*: Vol. 46, Issue 3, Pages 95–106. DOI:10.2478/v10298-012-0097-3.

11. Irimia L., Patriche C.V., Quenol H., 2012 - Mapping viticultural potential in temperate climate areas. Case study: Bucium vineyard (Romania). *Cercetări Agronomice în Moldova*, 2 (150), 75-84. DOI:10.2478/v10298-012-0017-6

12. Schultze S.R., Sabbatini P., Andresen J.A. Spatial and temporal study of climatic variability on grape production in southwestern michigan. *American Journal of Enology and Viticulture*, 2014, V. 65, I. 2, p. 179–188. DOI:10.5344/ajev.2013.13063.

13. Jones N. K. An investigation of trends in viticultural climatic indices in Southern Quebec, a cool climate wine region. *Journal of Wine Research*, 2018, V. 29, I. 2, 3, p. 120–129. DOI:10.1080/09571264.2018.1472074

14. Наумова Л.Г., Новикова Л.Ю. Температурный анализ межфазных периодов сортов винограда коллекции ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко // *Виноделие и виноградарство*. 2015. № 5. С. 46-50.

15. Егоров Е.А., Петров В.С. Создание устойчивых саморегулирующихся агроценозов винограда в условиях умеренно-континентального климата юга России // *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. 2017. № 5. С. 51-54.

16. Jones G. V., Duff A. A., Hall A., Myers J. W. Spatial Analysis of Climate in Winegrape Growing Regions in the Western United States. *Am J Enol Vitic.* September 2010 61: 313-326; published ahead of print September 01, 2010.

17. Kryza M., Szymanowski M., Błaś M., Migała K., Werner M., Sobik M. Observed changes in SAT and GDD and the climatological suitability of the Poland-Germany-Czech Republic transboundary region for wine grapes cultivation. *Theoretical and Applied Climatology*, 2015, V. 122, I. 1-2, p. 207–218. DOI:10.1007/s00704-014-1296-7.

18. 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 OIV15th-19th July 2019, CIGG, Geneva, Switzerland*. P.45-47.

19. Jones, G.V. 2005. Climate change in the western United States grape growing regions. *Acta Hort.* 689:41–60. DOI:10.17660/ActaHortic.2005.689.2.

20. Gladstones, J. (2004) Climate and Australian viticulture. In ‘*Viticulture Volume 1 – Resources*’, second edition, ed. P.R. Dry and B.G. Coombe, 90–118. Winetitles, Adelaide.

21. Tonietto, J., Carbonneau, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology* 124, 2004, pp. 81–97. DOI:10.1016/j.agrformet.2003.06.001.

22. Исторические климатические данные [Электронный ресурс]. URL: <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>.

23. Миссия по радиолокационной топографии [Электронный ресурс]. URL: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>.

24. Resolution OIV-VITI 423–2012 rev. 1. OIV Guidelines for vitiviculture zoning methodologies on a soil and climate level [Электронный ресурс] URL: <http://www.oiv.int/en/technical-standards-anddocuments/resolutions-of-the-oiv/viticulture-resolutions>.

25. Rybalko E., Ostroukhova E., Levchenko S. Spatial distribution of Crimean agroecological resources as a factor of variability of the main and secondary metabolites of grapes // *BIO Web of Conferences* 39, 01001 (2021) DOI:10.1051/bioconf/20213901001.

26. Rybalko E, Ostroukhova E, Baranova N., Peskova I., Borisova V. The Influence of the Agroecological Resources of Crimea on the Primary and Secondary Metabolites of Aligote Grapes // *KnE Life Sciences / 8th Scientific and Practical Conference "Biotechnology: Science and Practice"*, pages 112–124. DOI 10.18502/cls.v7i1.10113.

27. Рыбалко Е.А. Адаптация математической модели пространственного распределения теплообеспеченности территории с целью эффективного размещения промышленных виноградников на территории Крымского полуострова // *Виноградарство и виноделие*. 2014. № 2. С. 10-11.

28. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В. Разработка математической модели пространственного распределения морозоопасности на территории Республики Крым применительно к культуре винограда // *Системы контроля окружающей среды*. Выпуск 6 (26). Севастополь: ИПТС, 2016. С. 101-105.

29. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Борисова В.Ю. Закономерности пространственного варьирования гидротермического коэффициента Селянинова в условиях Крымского полуострова // «Магарач». *Виноградарство и виноделие*. 2020. Т. 22. № 4. (114); С. 320-325. DOI: 10.35547/IM.2020.42.64.006.

30. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Борисова В.Ю. Закономерности пространственного варьирования индекса Хуглина в условиях Крымского полуострова // *Виноделие и виноградарство*. 2020. № 1. С. 18-23.

31. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Борисова В.Ю. Оценка теплообеспеченности территории Крымского полуострова для производства винограда на основе анализа закономерностей пространственного варьирования индекса Уинклера // *Экосистемы*. 2020. № 24(54). С. 117-123 (2020).

References

1. Van Leeuwen C., 2010. Terroir: the effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes. Pages 273-315. In: *Managing Wine Quality, Volume 1: Viticulture and Wine Quality*, Reynolds A. Ed., Woodhead Publishing Ltd., Oxford, UK. DOI: 10.1533/9781845699284.3.273.
2. Lukas Karlik, Gábor Marián, Vladimír Falťan, Marek Havlíček // *OENO One*. Vol. 52 No. 2 (2018). DOI: 10.20870/oenone.2018.52.2.1907.
3. Vyshkvarkova E., Rybalko E., Marchukova O., Baranova N. Assessment of the Current and Projected Conditions of Water Availability in the Sevastopol Region for Grape Growing / *Agronomy* 2021, 11, 1665. DOI: 10.3390/agronomy11081665.
4. Vyshkvarkova E.V., Rybalko E.A. Forecast of Changes in Air Temperatures and Heat Indices in the Sevastopol Region in the 21st Century and Their Impacts on Viticulture / *Agronomy* 2021, 11, 954. DOI: 10.3390/agronomy11050954.
5. Van Leeuwen C., Bois B. Update in unified terroir zoning methodologies // *E3S Web of Conferences* 50, 01044 (2018). DOI:10.1051/e3sconf/20185001044.
6. Can berry composition be explained by climatic indices? Comparing classical with new indices in the Portuguese Dão region / C.M. Lopes, etc. // *Acta Hort.* 1157. ISHS 2017. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1157.10.
7. Why climate change will not dramatically decrease viticultural suitability in main wine-producing areas by 2050 / Van Leeuwen C., etc. // *Proceedings of the National Academy of Sciences* (2013). DOI: 10.1073/pnas.1307927110.
8. Organizaciya raboty s dannymi nazemnyh i distancionnyh nablyudenij dlya resheniya zadach distancionnogo monitoringa vinogradnikov / E.A. Rybalko [i dr.] // *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2016. T. 13. № 1. S. 79-92. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-1-79-92.
9. Formirovanie informacionnoj bazy sputnikovyyh i nazemnyh dannyh dlya otrabotki metodik distancionnogo monitoringa vinogradarstva v Respublike Krym / V.A. Tolpin [i dr.] // *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2017. T. 14. № 1. S. 101-110. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-1-101-110.
10. Irimia L., Patriche C.V., Quenol H. Viticultural Zoning: A Comparative Study Regarding the Accuracy of Different Approaches in Vineyards Climate Suitability Assessment. *Cercetari Agronomice in Moldova*: Vol. 46, Issue 3, Pages 95–106. DOI:10.2478/v10298-012-0097-3.
11. Irimia L., Patriche C.V., Quenol H., 2012 - Mapping viticultural potential in temperate climate areas. Case study: Bucium vineyard (Romania). *Cercetari Agronomice în Moldova*, 2 (150), 75-84. DOI:10.2478/v10298-012-0017-6
12. Schultze S.R., Sabbatini P., Andresen J.A. Spatial and temporal study of climatic variability on grape production in southwestern michigan. *American Journal of Enology and Viticulture*, 2014, V. 65, I. 2, p. 179–188. DOI:10.5344/ajev.2013.13063.
13. Jones N. K. An investigation of trends in viticultural climatic indices in Southern Quebec, a cool climate wine region. *Journal of Wine Research*, 2018, V. 29, I. 2, 3, p. 120–129. DOI:10.1080/09571264.2018.1472074
14. Naumova L.G., Novikova L.Yu. Temperaturnyj analiz mezhfaznyh periodov sortov vinograda kollekcii VNIIViV im. Ya.I. Potapenko // *Vinodelie i vinogradarstvo*. 2015. № 5. S. 46-50.
15. Egorov E.A., Petrov V.S. Sozdanie ustojchivyyh samoreguliruyushchihsya agrocenozov vinograda v usloviyah umerenno-kontinental'nogo klimata yuga Rossii // *Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2017. № 5. С. 51-54.
16. Jones G. V., Duff A. A., Hall A., Myers J. W. Spatial Analysis of Climate in Winegrape Growing Regions in the Western United States. *Am J Enol Vitic*. September 2010 61: 313-326; published ahead of print September 01, 2010.

17. Kryza M., Szymanowski M., Błaś M., Migała K., Werner M., Sobik M. Observed changes in SAT and GDD and the climatological suitability of the Poland-Germany-Czech Republic transboundary region for wine grapes cultivation. *Theoretical and Applied Climatology*, 2015, V. 122, I. 1-2, p. 207–218. DOI:10.1007/s00704-014-1296-7.

18. 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 OIV15th-19th July 2019, CIGG, Geneva, Switzerland*. R.45-47.

19. Jones, G.V. 2005. Climate change in the western United States grape growing regions. *Acta Hort.* 689:41–60. DOI:10.17660/ActaHortic.2005.689.2.

20. Gladstones, J. (2004) Climate and Australian viticulture. In 'Viticulture Volume 1 – Resources', second edition, ed. P.R. Dry and B.G. Coombe, 90–118. Winetitles, Adelaide.

21. Tonietto, J., Carbonneau, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology* 124, 2004, pp. 81–97. DOI:10.1016/j.agrformet.2003.06.001.

22. Istoricheskie klimaticheskie dannye [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>.

23. Missiya po radiolokacionnoj topografii [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>.

24. Resolution OIV-VITI 423–2012 rev. 1. OIV Guidelines for vitiviniculture zoning methodologies on a soil and climate level [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.oiv.int/en/technical-standards-anddocuments/resolutions-of-the-oiv/viticulture-resolutions>.

25. Rybalko E., Ostroukhova E., Levchenko S. Spatial distribution of Crimean agroecological resources as a factor of variability of the main and secondary metabolites of grapes // *BIO Web of Conferences* 39, 01001 (2021) DOI:10.1051/bioconf/20213901001.

26. Rybalko E, Ostroukhova E, Baranova N., Peskova I., Borisova V. The Influence of the Agroecological Resources of Crimea on the Primary and Secondary Metabolites of Aligote Grapes // *KnE Life Sciences / 8th Scientific and Practical Conference "Biotechnology: Science and Practice"*, pages 112–124. DOI 10.18502/kls.v7i1.10113.

27. Rybalko E.A. Adaptaciya matematicheskoj modeli prostranstvennogo raspredeleniya teploobespechennosti territorii s cel'yu effektivnogo razmeshcheniya promyshlennyh vinogradnikov na territorii Krymskogo poluostrova // *Vinogradarstvo i vinodelie*. 2014. № 2. S. 10-11.

28. Rybalko E.A., Baranova N.V. Razrabotka matematicheskoj modeli prostranstvennogo raspredeleniya morozoopasnosti na territorii Respubliki Krym primenitel'no k kul'ture vinograda // *Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy*. Vypusk 6 (26). Sevastopol': IPTS, 2016. S. 101-105.

29. Rybalko E.A., Baranova N.V., Borisova V.Yu. Zakonomernosti prostranstvennogo var'irovaniya gidrotermicheskogo koefficienta Selyaninova v usloviyah Krymskogo poluostrova // «Magarach». *Vinogradarstvo i vinodelie*. 2020. T. 22. № 4. (114); S. 320-325. DOI: 10.35547/IM.2020.42.64.006.

30. Rybalko E.A., Baranova N.V., Borisova V.Yu. Zakonomernosti prostranstvennogo var'irovaniya indeksa Huglina v usloviyah Krymskogo poluostrova // *Vinodelie i vinogradarstvo*. 2020. № 1. S. 18-23.

31. Rybalko E.A., Baranova N.V., Borisova V.Yu. Ocenka teploobespechennosti territorii Krymskogo poluostrova dlya proizvodstva vinograda na osnove analiza zakonomernostej prostranstvennogo var'irovaniya indeksa Uinklera // *Ekosistemy*. 2020. № 24(54). S. 117-123 (2020).