

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-4-1269

EDN: FJVFJ1

УДК 634.8.042:551.586/524.33



Научная статья

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА ПРОХЛАДНОСТИ НОЧЕЙ (CI) НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Е.А. Рыбалко, Н.В. Баранова, А.С. Ерхова

Аннотация

Обоснование. Одним из важнейших индексов, используемых в виноградарстве, является индекс прохладности ночей – Cool Night Index (CI), характеризующий условия накопления красящих и ароматических веществ при созревании винограда.

Цель. Изучить пространственное распределение индекса прохладности ночей (CI) на территории Крымского полуострова.

Материалы и методы. В работе использованы суточные данные 16 метеостанций Крымского полуострова за 2006-2014 и 2017-2020 гг., полученные с ресурса <https://gr5.ru/> и верифицированные на основании официальных декадных данных, предоставленных ФГБУ «Крымское УГМС». Для анализа пространственного распределения морфометрических особенностей рельефа использована цифровая модель рельефа SRTM-3. Пространственные данные были проанализированы и смоделированы при помощи геоинформационной системы QGIS Desktop. Индекс прохладности ночей рассчитан в соответствии с резолюцией МОВВ 423-2012. Коэффициенты математической модели были определены с помощью метода наименьших квадратов.

Результаты. В ходе проведённого исследования были собраны и проанализированы метеорологические данные, полученные с 16 метеорологических станций, расположенных на территории Крымского полуострова, необходимые для расчёта индекса прохладности ночей; на метеорологических станциях Крымского полуострова была рассчитана величина индекса прохладности ночей; разработана математическая модель, позволяющая оценить влияние геоморфологических факторов на пространственное распределение индекса прохладности ночей; создана крупномасштабная цифровая карта, демонстрирующая пространственное распределение индекса прохладности ночей на тер-

ритории Крымского полуострова; изучено соотношение площадей территорий с различными диапазонами индекса прохладности ночей согласно общепринятой классификации. Крымский полуостров обладает широким диапазоном варьирования индекса прохладности ночей, что позволяет при правильном сочетании сортов винограда и территории для их выращивания получать широкую линейку виноградарско-винодельческой продукции высокого качества.

Ключевые слова: индекс прохладности ночей; метеорологические данные; математическая модель; геоинформационное моделирование

Для цитирования. Рыбалко, Е. А., Баранова, Н. В., & Ерхова, А. С. (2025). Пространственное распределение индекса прохладности ночей (CI) на территории Крымского полуострова. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(4), 94-108. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-4-1269>

Original article

SPATIAL DISTRIBUTION OF THE COOL NIGHT INDEX (CI) ON THE TERRITORY OF THE CRIMEAN PENINSULA

E.A. Rybalko, N.V. Baranova, A.S. Erkhova

Abstract

Background. One of the most important indices used in viticulture is the Cool Night Index (CI), which characterizes the conditions of accumulation of coloring and aromatic substances during grape ripening.

Purpose. To study the spatial distribution of the Cool Night Index (CI) on the territory of the Crimean Peninsula.

Materials and methods. Daily data from 16 meteorological stations of the Crimean Peninsula for 2006-2014 and 2017-2020 obtained from the resource <https://rp5.ru/> and verified on the basis of official decade data provided by Federal State Budgetary Institution Crimean Administration on Hydrometeorology and Environmental Monitoring were used. The SRTM-3 digital elevation model was used to analyze the spatial distribution of morphometric relief features. Spatial data analysis and modeling were carried out using GIS QGIS Desktop. Calculation of the Cool Night Index was carried out in accordance with Resolution OIV 423-2012. The coefficients in the mathematical model were selected using the least squares method.

Results. As a result of this work long-term meteorological data on 16 meteorological stations of the Crimean Peninsula necessary for calculating the Cool Night

Index have been collected and analyzed; the value of the Cool Night Index at meteorological stations of the Crimean Peninsula has been calculated; a mathematical model describing the regularities of spatial variation of the Cool Night Index under the influence of geomorphological characteristics of the area has been built; a large-scale digital map of the spatial distribution of the Cool Night Index on the territory of the Crimean Peninsula has been built; the ratio of the areas of territories with different ranges of the Cool Night Index according to the generally accepted classification has been analyzed. The Crimean peninsula has a wide range of variation of the Cool Night Index allows with the right combination of grape varieties and the territory for their cultivation to obtain a wide range of high quality viticultural and wine-making products.

Keywords: Cool Night Index; meteorological data; mathematical model; geoinformation modeling

For citation. Rybalko, E. A., Baranova, N. V., & Erkhova, A. S. (2025). Spatial distribution of the Cool Night Index (CI) on the territory of the Crimean Peninsula. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(4), 94-108. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-4-1269>

Введение

Климат выступает в качестве одного из доминирующих экологических факторов, формирующих терруар. От него зависит количество и качество урожая винограда и получаемой из него продукции. Под влиянием климатических условий в винограде накапливаются первичные и вторичные метаболиты, предопределяющие качественные характеристики вина [7; 15].

Температурный режим региона является ведущим климатическим фактором, влияющим на возможность культивирования винограда в данной местности [2; 3; 4; 21]. Решающее значение погодные условия оказывают в течение периода созревания [12].

В оценке пригодности регионов для выращивания винограда и производства вина широко применяются биоклиматические индексы.

Одним из ключевых показателей, применяемых в виноградарстве, является индекс прохладности ночей (Cool Night Index CI), который отражает условия формирования красящих и ароматических веществ во время созревания винограда [19]. Этот показатель представляет собой среднеарифметическое значение минимальных суточных температур воздуха в течение периода созревания – сентября в северном полушарии или марта в южном. Поскольку для производства качественных вин большое значение имеет технологический запас фенольных соединений в винограде [1],

данный индекс широко используется в странах развитого виноградарства, поскольку отражает условия формирования качественных характеристик виноградарско-винодельческой продукции.

Многочисленные работы посвящены изучению данного индекса. В проведенных исследованиях было выявлено, что прохладные ночные температуры способствуют накоплению сахаров, ограничивают вегетативный рост [9; 16]. Также имеются результаты исследований, согласно которым низкая ночная температура во время созревания способствует накоплению антоцианов в винограде сорта Корвина [10]. В других работах приведен оптимальный температурный диапазон для накопления антоцианов в винограде, который находится в пределах от 17 до 26 °C [17; 18]. По мнению Gladstones J.S., оптимальная для накопления красящих и ароматических веществ температура в период созревания винограда должна колебаться в течение суток от 14 °C ночью до 26 °C днём [11].

Важность индекса прохладности ночей для характеристики виноградарско-винодельческих терруаров подчёркивается в работе Tonietto, J., Carbonneau, A., где предлагается всемирная классификация типов климата применительно к винограду, основанная всего лишь на трёх индексах, в том числе индексе прохладности ночей [20].

Климатические индексы, в том числе индекс прохладности ночей, имеют широкое пространственное варьирование под влиянием геоморфологических параметров местности, поэтому важным вопросом является разработка методики пространственного интерполирования точечных значений индексов, полученных, к примеру, на метеостанциях [5; 6; 13; 14].

Таким образом, проведение исследований по данному индексу является крайне важным для научно обоснованного выделения виноградарско-винодельческих терруаров и оценки их потенциала для производства высококачественной продукции.

Цель исследования – изучить пространственное распределение индекса прохладности ночей (CI) на территории Крымского полуострова.

Научная новизна. Впервые на основании авторской математической модели создана цифровая крупномасштабная карта пространственного распределения индекса прохладности ночей на территории Крымского полуострова.

Материалы и методы

Исследования проведены в секторе агроэкологии ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН». В работе использованы многолетние суточные

данные за 2006-2014 и 2017-2020 гг., с 16 метеостанций Крымского полуострова, полученные с ресурса <https://gp5.ru/> и верифицированные на основании официальных декадных данных, предоставленных ФГБУ «Крымское УГМС». Для анализа пространственного распределения морфометрических особенностей рельефа использована цифровая модель рельефа SRTM-3 с пространственным разрешением 3 угловые секунды. Пространственные данные были проанализированы и смоделированы при помощи геоинформационной системы QGIS Desktop. Индекс прохладности ночей рассчитан в соответствии с резолюцией МОВВ 423-2012 [8]. Коэффициенты математической модели были определены с помощью метода наименьших квадратов.

Результаты исследования

Для изучения закономерностей пространственного распределения индекса прохладности ночей была сформирована сеть из 16 опорных точек, координаты которых соответствуют расположению метеорологических станций, подлежащих анализу. Используя геоинформационные системы (ГИС), для каждой опорной точки были определены значения факторов, потенциально оказывающих влияние на пространственное распределение индекса прохладности ночей. К таким факторам относятся: экспозиция и крутизна склона, географическая широта, абсолютная высота над уровнем моря, удалённость от крупных водоёмов, а также разница между абсолютной высотой опорной точки над уровнем моря и средним значением абсолютной высоты в радиусе 1 км от опорной точки (показатель, математически описывающий положение анализируемой точки на формах мезорельефа – нижняя, средняя или верхняя часть склона, дно долины, вершина холма и т.д.) (таблица 1).

Таблица 1.

Характеристика проанализированных метеостанций

Метеостанция		Высота, м	Широта, градусы	Уклон, градусы	Экспозиция, градусы	Расстояние до моря, км	Δh ,* м
Название	Индекс						
Ай-Петри	33998	1166	44,46458	23	126	5,1	107,8
Алушта	33959	34	44,68353	11	193	0,7	-15,3
Белогорск	33966	201	45,04627	2	11	28,0	7,4
Джанкой	33934	9	45,72858	0	-	10,6	-3,0
Евпатория	33929	6	45,18276	2	157	0,1	-7,7
Ишунь	33933	2	45,94745	1	270	1,4	-3,4

Керчь	33983	1	45,36493	1	141	0,1	-8,0
Клепинино	33939	36	45,53843	1	198	53,0	0,3
Никита	33995	205	44,50472	8	188	0,9	21,8
Нижегородский	33962	25	45,45492	0	-	19,0	2,8
Почтовое	33945	167	44,83849	4	206	27,0	-6,8
Севастополь	33991	60	44,56888	1	288	2,1	-2,4
Симферополь	33946	183	45,04854	1	202	30,0	3,0
Феодосия	33976	10	45,03163	2	90	0,1	-10,5
Черноморское	33924	6	45,52985	1	243	0,3	-0,3
Ялта	33990	80	44,47503	6	95	0,3	6,7

*- разница между абсолютной высотой метеостанции над уровнем моря и средним значением абсолютной высоты в радиусе 1 км от метеостанции

На основании анализа вышеуказанных характеристик метеостанций и рассчитанных по метеорологическим данным уровней индекса прохладности ночей построена математическая модель, описывающая закономерности пространственного варьирования индекса (1):

$$CI_1 = CI + 0,007(h - h_1) - 0,01(\Delta h - \Delta h_1) - 2,2(4^{-0,2 * r} - 4^{-0,2 * r_1}) + 3(x - x_1) - 0,8(\operatorname{tg} i_1 \cos a_1 - \operatorname{tg} i \cos a) \quad (1)$$

где CI – индекс прохладности ночей на метеостанции;

CI_1 – индекс прохладности ночей в рассчитываемой точке;

h – высота над уровнем моря метеостанции, м;

h_1 – высота над уровнем моря рассчитываемой точки, м;

Δh – разница между абсолютной высотой метеостанции над уровнем моря и средним значением абсолютной высоты в радиусе 1 км от метеостанции, м;

Δh_1 – разница между абсолютной высотой рассчитываемой точки над уровнем моря и средним значением абсолютной высоты в радиусе 1 км от рассчитываемой точки, м;

r – расстояние от метеостанции до моря, км;

r_1 – расстояние от рассчитываемой точки до моря, км;

x – географическая широта метеостанции, градусы;

x_1 – географическая широта рассчитываемой точки, градусы;

i – крутизна склона в районе метеостанции, градусы;

i_1 – крутизна склона в районе рассчитываемой точки, градусы;

a – экспозиция склона в районе метеостанции, градусы;

a_1 – экспозиция склона в районе рассчитываемой точки, градусы.

Данная модель позволяет рассчитать значение индекса прохладности ночей в любой точке пространства на основании различий в геоморфологических характеристиках данной точки и ближайшей метеостанции с известным значением индекса.

Для проверки разработанной модели с её помощью произведён расчёт величины индекса прохладности ночей на всех анализируемых метеостанциях по данным одной метеостанции Симферополь, которая принята за базовую. Полученные расчётные данные сравнили с фактическими уровнями индекса, вычисленными по данным фактических метеонаблюдений (таблица 2).

Таблица 2.

Оценка точности модели для расчёта индекса прохладности ночей (CI).

Метеостанция	Значение CI		Абсолютная ошибка	Относительная ошибка, %
	фактическое	расчётное		
Ай-Петри	9,82	9,82	0,00	0,0
Алушта	17,81	17,00	-0,81	4,6
Белогорск	11,91	13,07	1,16	9,7
Джанкой	13,82	12,40	-1,42	10,3
Евпатория	16,02	16,04	0,02	0,1
Ишунь	13,97	13,15	-0,82	5,9
Керчь	15,24	15,50	0,26	1,7
Клепинино	12,49	12,71	0,22	1,7
Никита	17,65	16,66	-0,99	5,6
Нижегородский	12,28	13,07	0,79	6,5
Почтовое	12,37	13,87	1,50	12,1
Севастополь	15,63	16,62	0,99	6,3
Симферополь	13,17	13,17	0,00	0,0
Феодосия	16,3	16,44	0,14	0,8
Черноморское	14,98	14,95	-0,03	0,2
Ялта	17,72	17,66	-0,06	0,3

Используя многолетние метеорологические данные с метеостанций Крымского полуострова и разработанную математическую модель, с применением методов геоинформационного моделирования была создана цифровая карта пространственного распределения индекса прохладности ночей на территории Крымского полуострова. Произведена классификация значений индекса согласно общепринятым диапазонам (рисунок 1).

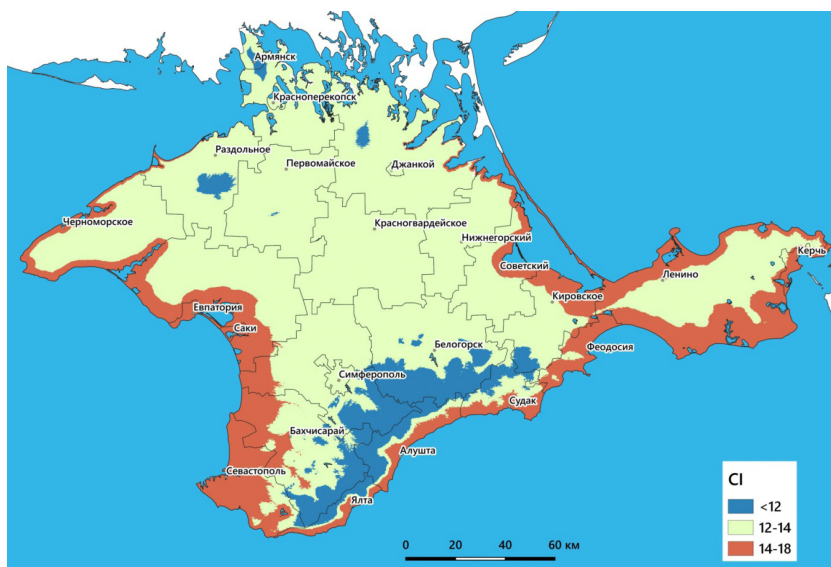


Рис. 1. Карта пространственного распределения индекса прохладности ночей

На основании разработанной карты вычислены площади земель с различными уровнями индекса прохладности ночей (таблица 3).

Таблица 3.

Соотношение территорий Крымского полуострова с различными уровнями индекса прохладности ночей (CI)

CI	Площадь	
	тыс. га	%
<12	222,36	8,7
12-14	1767,94	69,0
14-18	571,8	22,3

Обсуждение

Средняя квадратичная ошибка разработанной математической модели составила 0,78, средняя относительная ошибка – 1,2 %, $R^2 = 0,89$.

Следует отметить, что использование метеостанции Симферополь, расположенной в Предгорной части Крымского полуострова, в качестве базовой станции для расчетов индекса с помощью модели продемонстрировало высокую точность не только в условиях, схожих с условиями в Симферополе, но

и в условиях степной зоны и равнинного рельефа (метеостанции Клепинино, Евпатория), а также в горном рельефе (метеостанция Ай-Петри). Кроме того, разработанная модель показала высокую точность расчётов независимо от расстояния расчётной точки до моря или другого крупного водоёма.

Также следует обратить внимание на то, что точки, для которых производился тестовый расчёт индекса с помощью модели, значительно удалены от базовой метеостанции Симферополь: Черноморское – 127 км, Керчь – 186 км. В реальных условиях для оценки конкретного участка для выращивания винограда расчёты будут вестись по данным ближайшей метеостанции, которая в большинстве случаев будет удалена всего на 10-30 км. Таким образом, в реальных условиях точность расчётов с использованием разработанной модели будут ещё выше, чем в тестовых условиях.

Согласно результатам проведённых исследований, на территории Крымского полуострова встречается три из четырёх общепринятых диапазонов индекса прохладности ночей. Отсутствуют территории с индексом выше 18, соответствующим градации «тёплые ночи». Значение индекса менее 12, соответствующее градации «очень холодные ночи» встречается на 8,7 % территории полуострова – преимущественно в горах и предгорье. Преобладающая часть Крымского полуострова (69 %) относится к градации «прохладные ночи», а 22,3 % территории (западное, южное и восточное побережье) соответствует градации «умеренные ночи».

Таким образом, Крымский полуостров обладает широким диапазоном варьирования индекса прохладности ночей, что позволяет при правильном сочетании сортов винограда и территории для их выращивания получать широкую линейку виноградарско-винодельческой продукции высокого качества.

Заключение

1. По 16 метеостанциям Крымского полуострова были собраны и проанализированы многолетние метеорологические данные с трёхчасовой детализацией, необходимые для вычисления индекса прохладности ночей.
2. Проведены расчеты значения индекса прохладности ночи на метеорологических станциях, расположенных на территории Крымского полуострова.
3. Построена математическая модель, описывающая закономерности пространственного варьирования индекса прохладности ночей под влиянием геоморфологических характеристик местности.
4. Создана цифровая крупномасштабная карта пространственного распределения индекса прохладности ночей на территории Крымского полуострова.

5. Проанализировано соотношение площадей территорий с различными диапазонами индекса прохладности ночей согласно общепринятой классификации.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-26-00028).

Список литературы

1. Маркосов, В. А., Агеева, Н. М., Ничвидюк, О. В., Даниелян, А. Ю., & Тургенев, В. В. (2020). Изменение концентрации фенольных соединений в винограде Пино нуар и приготовленных из него виноматериалах. *«Магарач»*. *Виноградарство и виноделие*, 22(3), 260–265. <https://doi.org/10.35547/IM.2020.22.3.015>. EDN: <https://elibrary.ru/CARDWL>
2. Остроухова, Е. В., Рыбалко, Е. А., Пескова, И. В., Баранова, Н. В., Левченко, С. В., Луткова, Н. Ю., Романов, А. В., Бойко, В. А., & Евстафьева, О. Ю. (2022). Влияние теплообеспеченности виноградников на формирование физико-химических характеристик и качества винограда и вина сорта Кокур белый. *«Магарач»*. *Виноградарство и виноделие*, 24(3/121), 278–285. <https://doi.org/10.34919/IM.2022.24.3.012>. EDN: <https://elibrary.ru/EGINTE>
3. Рыбалко, Е. А., & Баранова, Н. В. (2022). Анализ территориального распределения климатических факторов, характеризующих теплообеспеченность территории Крымского полуострова. *Плодоводство и виноградарство Юга России*, 75(3), 107–118. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2022-3-75-107-118>. EDN: <https://elibrary.ru/LMZVXH>
4. Рыбалко, Е. А., & Баранова, Н. В. (2022). Выделение ампелозкотопов на территории Крымского полуострова. *Плодоводство и виноградарство Юга России*, 77(5), 68–81. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2022-5-77-68-81>. EDN: <https://elibrary.ru/KFVPGS>
5. Alsafadi, K., Bi, S., Bashir, B., Sharifi, E., Alsalman, A., Kumar, A., & Shahid, S. (2023). High-resolution precipitation modeling in complex terrains using hybrid interpolation techniques: Incorporating physiographic and MODIS cloud cover influences. *Remote Sensing*, 15, 2435. <https://doi.org/10.3390/rs15092435>. EDN: <https://elibrary.ru/IHHCHT>
6. Bonnardot, V., Carey, V. A., Madelin, M., Cautenet, S., Coetzee, Z., & Quénot, H. (2012). Spatial variability of night temperatures at a fine scale over the Stellenbosch wine district, South Africa. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 46(1), 1–13. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2012.46.1.1504>

7. Cogato, A., Meggio, F., Pirotti, F., Cristante, A., & Marinello, F. (2019). Analysis and impact of recent climate trends on grape composition in north-east Italy. *BIO Web of Conferences*, 13, 04014. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191304014>
8. Van Leeuwen, C., & Bois, B. (2018). Update in unified terroir zoning methodologies. *2E3S Web of Conferences. XII Congreso Internacional Terroir*, 50, 6. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185001044>
9. Falcao, L. D., de Revel, G., Perello, M. C., Moutsiou, A., Zanús, M. C., & Bordignon-Luiz, M. T. A. (2007). Survey of seasonal temperatures and vineyard altitude influences on 2-methoxy-3-isobutylpyrazine, C13-norisoprenoids, and the sensory profile of Brazilian Cabernet Sauvignon wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 3605–3612. <https://doi.org/10.1021/jf070185u>
10. Gaiotti, F., Pastore, C., Filippetti, I., Lovat, L., Belfiore, N., & Tomasi, D. (2018). Low night temperature at veraison enhances the accumulation of anthocyanins in Corvina grapes (*Vitis Vinifera* L.). *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26921-4>
11. Gladstones, J. S. (2011). *Wine, terroir and climate change* (p. 279). Wakefield Press. ISBN: 978-1-86254-924-1
12. Gonzalez Perez, L. A., Bavaresco, L., & Neethling, E. (2018). Role of natural terroir attributes on Barbera grapevine performance and grape quality in Piemonte region (Italy). *E3S Web of Conferences. XII Congreso Internacional Terroir*, 50, 2. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185002004>
13. Jones, G. V. (2005). Climate change in the western United States grape growing regions. *Acta Horticulturae*, 689, 41–60. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.689.2>
14. Karlik, L., Gabor, M., Faltan, V., & Havlivek, M. (2018). Vineyard zonation based on natural terroir factors using multivariate statistics — Case study Burgenland (Austria). *OENO One*, 52(2), 105–117. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.2.1907>
15. Maracineanul, L. C., Giugea, N., Gofita, I., & Capruciu, R. (2024). Climate evaluation of viticulture in Oltenia. Case study: Cetate — Dolj. *Annals of the University of Craiova — Agriculture Montanology Cadastre Series*, 53, 100–103. <https://doi.org/10.52846/aamc.v53i2.1510>. EDN: <https://elibrary.ru/NSKSMU>
16. Palliotti, A., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Gatti, M., & Poni, S. (2014). Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: A review. *Scientia Horticulturae*, 178, 43–54. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.039>
17. Pirie, A. (1977). *Phenolics accumulation in red wine grapes (Vitis vinifera L.)* [Ph.D. thesis]. University of Sydney, Camperdown, Australia.

18. Rustioni, L., Rossoni, M., Calatroni, M., & Failla, O. (2015). Influence of bunch exposure on anthocyanins extractability from grape skins. *Vitis — Journal of Grapevine Research*, 50, 137–143. <https://doi.org/10.5073/vitis.2011.50.137-143>
19. Tonietto, J. (1999). *Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du méso-climat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France — Méthodologie de caractérisation* [Doctoral thesis]. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Montpellier, France (p. 216).
20. Tonietto, J., & Carbonneau, A. A. (2004). Multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124, 81–97. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.06.001>
21. Yilmaz, T. (2024). Understanding the influence of extreme cold on grapevine phenology in South Dakota's dormant season: Implications for sustainable viticulture. *Applied Fruit Science*, 66, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s10341-024-01075-y>. EDN: <https://elibrary.ru/MTFEMU>

References

1. Markosov, V. A., Ageeva, N. M., Nichvidyuk, O. V., Danielyan, A. Yu., & Turgenov, V. V. (2020). Changes in phenolic compound concentration in Pinot Noir grapes and wine materials produced from them. «Magarach». *Viticulture and Winemaking*, 22(3), 260–265. <https://doi.org/10.35547/IM.2020.22.3.015>. EDN: <https://elibrary.ru/CARDWL>
2. Ostroukhova, E. V., Rybalko, E. A., Peskova, I. V., Baranova, N. V., Levchenko, S. V., Lutkova, N. Yu., Romanov, A. V., Boyko, V. A., & Evstafieva, O. Yu. (2022). Influence of thermal resources of vineyards on the formation of physical and chemical characteristics and quality of Kokur Belyi grape and wine. «Magarach». *Viticulture and Winemaking*, 24(3/121), 278–285. <https://doi.org/10.34919/IM.2022.24.3.012>. EDN: <https://elibrary.ru/EGINTE>
3. Rybalko, E. A., & Baranova, N. V. (2022a). Analysis of territorial distribution of climatic factors characterizing thermal resources of the Crimean Peninsula. *Fruit Growing and Viticulture in the South of Russia*, 75(3), 107–118. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2022-3-75-107-118>. EDN: <https://elibrary.ru/LMZVXH>
4. Rybalko, E. A., & Baranova, N. V. (2022b). Identification of ampelocotopes in the Crimean Peninsula. *Fruit Growing and Viticulture in the South of Russia*, 77(5), 68–81. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2022-5-77-68-81>. EDN: <https://elibrary.ru/KFVPGS>
5. Alsafadi, K., Bi, S., Bashir, B., Sharifi, E., Als Salman, A., Kumar, A., & Shahid, S. (2023). High-resolution precipitation modeling in complex terrains using hybrid

- interpolation techniques: Incorporating physiographic and MODIS cloud cover influences. *Remote Sensing*, 15, 2435. <https://doi.org/10.3390/rs15092435>. EDN: <https://elibrary.ru/IHHCHT>
6. Bonnardot, V., Carey, V. A., Madelin, M., Cautenet, S., Coetzee, Z., & Quénot, H. (2012). Spatial variability of night temperatures at a fine scale over the Stellenbosch wine district, South Africa. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 46(1), 1–13. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2012.46.1.1504>
 7. Cogato, A., Meggio, F., Pirotti, F., Cristante, A., & Marinello, F. (2019). Analysis and impact of recent climate trends on grape composition in north-east Italy. *BIO Web of Conferences*, 13, 04014. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191304014>
 8. Van Leeuwen, C., & Bois, B. (2018). Update in unified terroir zoning methodologies. *2E3S Web of Conferences. XII Congreso Internacional Terroir*, 50, 6. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185001044>
 9. Falcao, L. D., de Revel, G., Perello, M. C., Moutsiou, A., Zanús, M. C., & Bordignon-Luiz, M. T. A. (2007). Survey of seasonal temperatures and vineyard altitude influences on 2-methoxy-3-isobutylpyrazine, C13-norisoprenoids, and the sensory profile of Brazilian Cabernet Sauvignon wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 3605–3612. <https://doi.org/10.1021/jf070185u>
 10. Gaiotti, F., Pastore, C., Filippetti, I., Lovat, L., Belfiore, N., & Tomasi, D. (2018). Low night temperature at veraison enhances the accumulation of anthocyanins in Corvina grapes (*Vitis Vinifera* L.). *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26921-4>
 11. Gladstones, J. S. (2011). *Wine, terroir and climate change* (p. 279). Wakefield Press. ISBN: 978-1-86254-924-1
 12. Gonzalez Perez, L. A., Bavaresco, L., & Neethling, E. (2018). Role of natural terroir attributes on Barbera grapevine performance and grape quality in Piemonte region (Italy). *E3S Web of Conferences. XII Congreso Internacional Terroir*, 50, 2. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185002004>
 13. Jones, G. V. (2005). Climate change in the western United States grape growing regions. *Acta Horticulturae*, 689, 41–60. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.689.2>
 14. Karlik, L., Gabor, M., Faltan, V., & Havlivek, M. (2018). Vineyard zonation based on natural terroir factors using multivariate statistics — Case study Burgenland (Austria). *OENO One*, 52(2), 105–117. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.2.1907>
 15. Maracineanul, L. C., Giugea, N., Gofita, I., & Capruciu, R. (2024). Climate evaluation of viticulture in Oltenia. Case study: Cetate — Dolj. *Annals of the University of Craiova — Agriculture Montanology Cadastre Series*, 53, 100–103. <https://doi.org/10.52846/aamc.v53i2.1510>. EDN: <https://elibrary.ru/NSKSMU>

16. Palliotti, A., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Gatti, M., & Poni, S. (2014). Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: A review. *Scientia Horticulturae*, 178, 43–54. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.039>
17. Pirie, A. (1977). *Phenolics accumulation in red wine grapes (Vitis vinifera L.)* [Ph.D. thesis]. University of Sydney, Camperdown, Australia.
18. Rustioni, L., Rossoni, M., Calatroni, M., & Failla, O. (2015). Influence of bunch exposure on anthocyanins extractability from grape skins. *Vitis — Journal of Grapevine Research*, 50, 137–143. <https://doi.org/10.5073/vitis.2011.50.137-143>
19. Tonietto, J. (1999). *Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du méso-climat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France — Méthodologie de caractérisation* [Doctoral thesis]. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Montpellier, France (p. 216).
20. Tonietto, J., & Carbonneau, A. A. (2004). Multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124, 81–97. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.06.001>
21. Yilmaz, T. (2024). Understanding the influence of extreme cold on grapevine phenology in South Dakota's dormant season: Implications for sustainable viticulture. *Applied Fruit Science*, 66, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s10341-024-01075-y>. EDN: <https://elibrary.ru/MTFEMU>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Рыбалко Евгений Александрович, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий сектором агроэкологии
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН»
ул. Кирова, 31, г. Ялта, 298600, Республика Крым, Российская Федерация
rybalko_je_a@mail.ru

Баранова Наталья Валентиновна, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник сектора агроэкологии
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН»
ул. Кирова, 31, г. Ялта, 298600, Республика Крым, Российская Федерация
natali.v.0468@mail.ru

Ерхова Алина Сергеевна, младший научный сотрудник сектора агро-экологии

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Все-
российский национальный научно-исследовательский институт ви-
ноградарства и виноделия «Магарач» РАН»*

*ул. Кирова, 31, г. Ялта, 298600, Республика Крым, Российская Фе-
дерация*

alina_meotida@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Evgeniy A. Rybalko, Cand. of Agric. Sci., Leading Staff Scientist, Head of the Agroecology Sector

*All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking
“Magarach” of RAS*

31, Kirova Str., Yalta, 298600, Republic of Crimea, Russian Federation
rybalko_je_a@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4579-3505>

Scopus Author ID: 57188725386

Natalia V. Baranova, Cand. of Agric. Sci., Senior Staff Scientist, Leading Staff Scientist, Agroecology Sector

*All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking
“Magarach” of RAS*

*31, Kirova Str., Yalta, 298600, Republic of Crimea, Russian Fed-
eration*

natali.v.0468@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2588-360X>

Scopus Author ID: 57188716916

Alina S. Erkhova, Junior Staff Scientist, Agroecology Sector

*All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking
“Magarach” of RAS*

31, Kirova Str., Yalta, 298600, Republic of Crimea, Russian Federation
alina_meotida@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6920-471X>

Поступила 31.01.2025

После рецензирования 14.04.2025

Принята 20.04.2025

Received 31.01.2025

Revised 14.04.2025

Accepted 20.04.2025