

Анализ агроэкологических условий северной части степной зоны Крыма и выделение перспективных территорий для выращивания винограда

Рыбалко Е.А.[✉], Баранова Н.В., Ерхова А.С., Чернышов А.А.

Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, Россия, 298600, Республика Крым, г. Ялта, ул. Кирова, 31

[✉]rybalko_ye_a@mai.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований степени благоприятности агроэкологических условий северной части степной зоны Крыма для выращивания винограда. Проанализированы многолетние данные по метеостанциям Крымского полуострова. Рассчитаны следующие климатические индексы, характеризующие период вегетации и период созревания винограда: сумма температур выше 20 °С, отношение суммы температур выше 20 °С к сумме температур выше 10 °С, индексы Хуглина и Уинклера, средняя температура вегетационного периода, суммы осадков за год и вегетационный период, гидротермический коэффициент Селянинова. Также рассмотрены основные агроэкологические факторы, лимитирующие возможность и эффективность выращивания винограда: средний из абсолютных минимумов температуры воздуха и сумма активных температур выше 10 °С. С помощью геоинформационной системы смоделирована и построена цифровая комплексная карта пространственного распределения данных индексов на исследуемой территории. Проанализировано распределение в северной части степной зоны Крыма территорий с неблагоприятными почвенными условиями, не подлежащих закладке виноградников. Так же из формируемых ампелозотопов исключены земли лесного и заповедного фондов. В результате комплексного анализа агроэкологических условий на территории северной части степной зоны Крыма было выделено 4 ампелозотопа, в том числе: на территории Джанкойского района – 4, Красноперекопского района – 4 и Первомайского района – 2. В результате сопоставления агроэкологических условий выделенных ампелозотопов с требованиями сортов винограда к условиям выращивания с учётом зависимости качественных показателей виноградарско-винодельческой продукции от агроэкологических факторов разработаны рекомендации по агроэкологической оптимизации сортового состава и терруарной специализации виноградарско-винодельческой отрасли на территории северной части степной зоны Крыма.

Ключевые слова: ампелозотопы; климат; рельеф; почва; геоинформационное моделирование.

Для цитирования: Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Ерхова А.С., Чернышов А.А. Анализ агроэкологических условий северной части степной зоны Крыма и выделение перспективных территорий для выращивания винограда // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2023;25(2):155-162. DOI 10.34919/IM.2023.25.2.008.

The analysis of agroecological conditions of the northern part of steppe zone of Crimea and distinguishing of promising territories for grape growing

Rybalko E.A.[✉], Baranova N.V., Erkhova A.S., Chernyshov A.A.

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, 31 Kirova str., 298600 Yalta, Republic of Crimea, Russia

[✉]rybalko_ye_a@mai.ru

Abstract. This article presents the results of studying the degree of favorable for grape growing agroecological conditions of the northern part of Steppe zone of Crimea. Long-term data of meteorological stations of the Crimean Peninsula were analyzed. The following climatic indices characterizing the growing season and the period of grape ripening were calculated: the sum of temperatures above 20°C, the ratio of the sum of temperatures above 20°C to the sum of temperatures above 10°C, the Huglin and Winkler indices, the growing season average temperature, the total precipitation per year and per growing season, the Selyaninov hydrothermal coefficient. In addition, basic agroecological factors limiting the possibility and efficiency of grape growing were considered, i.e. the average of absolute minimum air temperatures and the sum of active temperatures above 10°C. A digital complex map of spatial distribution of these indices in the studied area was simulated and constructed using the geoinformation system. Distribution of the territories not suitable for establishing vineyards in the northern part of Steppe zone of Crimea was analyzed. Also, the lands of forest and reserve funds were excluded from the ampelocotopes under formation. Resulted from comprehensive analysis of agroecological conditions in the northern part of Steppe zone of Crimea, four ampelocotopes were identified: four in Dhankey region, four in Krasnoperekopsk region, and two in Pervomaysk region. As a result of comparing agroecological conditions of given ampelocotopes with the requirements of grape varieties to growing conditions, and taking into account the dependence of quality indicators of viticultural and wine products on agroecological factors, the recommendations for agroecological optimization of varietal composition and terroir specialization of the industry in the northern part of Steppe zone of Crimea were developed.

Key words: ampelocotopes; climate; relief; soil; geoinformation modeling.

For citation: Rybalko E.A., Baranova N.V., Erkhova A.S., Chernyshov A.A. The analysis of agroecological conditions of the northern part of steppe zone of Crimea and distinguishing of promising territories for grape growing. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2023;25(2):155-162. DOI 10.34919/IM.2023.25.2.008 (in Russian).

Введение

Соответствие агроэкологических ресурсов территории биологическим потребностям выращиваемых здесь культур определяет эффективное использование сельскохозяйственных земель. Выполнение этого условия подразумевает разработку методических и теоретических положений эффективного инструмента регулирования земельными ресурсами, в том числе и на основе научно-обоснованной системы зонирования территорий [1].

На принципе адаптации промышленного сорта винограда к агроклиматическим и почвенным ресурсам конкретного региона возделывания основывается эффективное размещение виноградных насаждений, а также подбор технологий возделывания, которые удовлетворяют избранное направление использования выращенных урожаев [2–5].

Комплексная оценка агроэкологических ресурсов территории и анализ их пространственного варьирования являются основой для терруарного виноградарства и виноделия. При этом открываются широкие возможности для получения уникальной виноградарско-винодельческой продукции, характерной только для определённой местности.

Агроэкологическое зонирование территории с выделением оптимальных для винограда ампелоэкопотов базируется на соответствии биологических требований виноградного растения природным ресурсам конкретного региона возделывания [6–10].

Научно обоснованное зонирование виноградопригодных земель связано с рядом методических сложностей. Агроэкологические факторы отличаются достаточно большой пространственной изменчивостью, что затрудняет использование для оценки конкретного участка данных, полученных на некотором удалении от анализируемой точки, например, на метеостанциях. Для этого требуется разработка методик их пространственной интерполяции.

Кроме того, недостаточно изучено влияние агроэкологических факторов на формирование качественных характеристик виноградарско-винодельческой продукции. В связи с этим при оценке благоприятности территории для винограда различными исследователями предлагаются различные наборы учитываемых агроэкологических факторов.

Так, в Краснодарском крае проведено комплексное 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 [11].

Французскими учеными представлен комплексный подход к зонированию агроклиматического потенциала с использованием пространственно интерполированных суточных температур на территории Бордо. В их исследовании впервые применена интерполяция суточных максимальных и минималь-

ных температурных данных сетью метеостанций с 2001 по 2005 гг. в данном винодельческом регионе с помощью регрессионного кригинга с использованием ковариата рельефа, почвенного покрова и спутников [12].

В Румынии предложена методология оценки виноградного потенциала и выделения виноградных зон, основанная на геоинформационном анализе 15 экологических параметров, репрезентативных для топографии, климата и почв виноградников умеренного континентального климата [13, 14].

В Калифорнии, Орегоне, Вашингтоне и Айдахо проведены исследования по оценке пригодности климата для виноделия с использованием цифровой климатической модели PRISM, содержащей данные за период 1971–2000 гг. и имеющей пространственное разрешение 400 м. Результаты говорят о широкой пространственной изменчивости климата даже в пределах одного винодельческого района [15].

В результате моделирования воздействия изменения климата на виноград чешскими учёными предложена модель, основывающаяся на экологической взаимосвязи между климатическим и растительным зонированием ландшафта [16].

Австралийскими исследователями предлагается при зонировании территории уделить основное внимание температурным показателям периода вегетации винограда, а также четырём индексам температуры воздуха в весеннее время [17].

Учеными из Бразилии и Франции 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 виноградарских регионов в 29 странах [18].

Для выделения терруаров также существуют подходы к использованию дистанционного зондирования земли [19].

По всему миру большое значение уделяется и временному изменению агроклиматических факторов, влияющих на виноград как на многолетнее растение, обладающее продолжительным жизненным циклом [20–25].

Таким образом, в настоящее время существует множество различных подходов к выделению наиболее значимых для винограда агроэкологических факторов, являющихся основой для зонирования, а также методик их пространственной интерполяции. Отсутствие единой методологии зонирования виноградопригодных территорий и вероятная её зависимость от географического расположения анализируемой местности обуславливает актуальность настоящей работы, направленной на агроэкологическое зонирование Крымского полуострова как тер-

ритории, традиционно ориентированной на виноградарство и виноделие.

Цель исследования – выделение на территории северной части степной зоны Крыма ампелоэкоотопов и разработка для каждого из них рекомендаций по оптимальному выбору сортов винограда и направлению специализации виноградарско-винодельческой отрасли.

Материалы и методы исследования

В исследовании использованы данные метеонаблюдений на метеостанциях Крыма за 1985–2021 гг., а также набор глобальных климатических данных Worldclim version 2.1 с пространственным разрешением 30 угловых секунд, содержащий климатическую информацию за 1970–2000 гг.

Анализ рельефа проводился на основе цифровой модели рельефа SRTM-3 (NASA Shuttle Radar Topography Mission) с пространственным разрешением 3 угловые секунды.

Расчет индексов проведен в соответствии с резолюцией МОВВ 423–2012 (редакция 1) [26].

Для визуализации пространственного распределения агроэкологических ресурсов, анализа влияния морфометрических особенностей местности на агроклиматические условия, а также с целью моделирования, использована географическая информационная система (далее – ГИС) QGIS Desktop.

Интерполирование метеорологических данных произведено с помощью авторских математических моделей.

Для выделения ампелоэкоотопов были отобраны следующие климатические индексы, характеризующие период вегетации и период созревания винограда: сумма температур выше 20 °С, отношение суммы температур выше 20 °С к сумме температур выше 10 °С, индексы Хуглина и Уинклера, средняя температура вегетационного периода, гидротермический коэффициент Селянинова, суммы осадков за год и вегетационный период. Кроме того, рассмотрены основные агроэкологические факторы, лимитирующие возможность и эффективность выращивания винограда: средний из абсолютных минимумов температуры воздуха и сумма активных температур выше 10 °С.

При помощи ГИС построены цифровые растровые карты, отображающие пространственное распределение данных индексов на анализируемой территории. Средствами ГИС проведен оверлейный анализ полученных карт с их взаимным наложением. Для уменьшения пестроты в мозаике распределения ампелоэкоотопов проведено отсеивание растровых полигонов карты площадью менее 50 смежных ячеек и заменой их значений на значения наиболее обширного смежного растрового полигона.

Из полученной комплексной карты ампелоэкоотопов исключены земли лесного и заповедного фондов, а также территории с неблагоприятными почвенными условиями.

При выделении неблагоприятных почв руковод-

ствовались бонитировкой почв Крыма по Н.А. Драган, 2004 [27]. В категорию неблагоприятных были отнесены почвы с бонитетом менее 60 баллов, главным образом засоленные, переувлажненные и малопродуктивные.

Карты лесного и заповедного фонда взяты с ресурса nextgis.com на базе проекта Open street map.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате комплексного анализа агроэкологических условий на территории Крымского полуострова выделено 27 ампелоэкоотопов [28], в том числе: на территории Джанкойского района – 4, Красноперекопского района – 4 и Первомайского района – 2.

Джанкойский район расположен в северо-восточной степной части Крымского полуострова. Район граничит на юго-востоке и частично на юге с Нижнегорским районом, на юге – с Красногвардейским районом, на западе – с Первомайским и Красноперекопским районами, на севере – с Херсонской областью. Озеро Сиваш омывает северные и северо-восточные части района. Рельеф характерен для степной зоны: плоская равнина, снижающаяся на север к побережью Сиваша. Большую часть района занимает распаханная степь. Почвенный покров Джанкойского района представлен темно-каштановыми почвами, которые встречаются сплошными массивами. В пониженной части распространены лугово-каштановые и каштаново-луговые солонцеватые почвы в комплексе с солонцами. Вдоль Сиваша и Каркинитского залива формируются комплексы солонцов и солончаков.

Исходя из почвенно-климатических условий на территории Джанкойского района выделено 4 ампелоэкоотопы (рис. 1, табл. 1).

Основную часть Джанкойского района занимают площади, пригодные для выращивания винограда, – 155419 га (73,87 %). Значительная территория – 130463 га (62,01 % от общей площади) – отнесена к 16-му ампелоэкоотопу. В данный ампелоэкоотоп входят территории, расположенные в северной, центральной, западной и восточной частях изучаемого района. 26,13 % земель от общей площади Джанкойского района отнесены к непригодным для размещения виноградных насаждений.

Красноперекопский район – самый северный район Крыма. На севере граничит с Армянском, на юге – с Первомайским районом, на юго-западе – с Раздольненским районом; на юго-востоке – с Джанкойским районом. Район омывается двумя морями: Черным на западе и Азовским на востоке. Район располагается на Северо-Крымской низменности и имеет характерный степной ландшафт. Почвы каштаново-луговые, лугово-каштановые, лугово-черноземные, солонцы, темно-каштановые.

Исходя из почвенно-климатических условий, на территории Красноперекопского района выделено 4 ампелоэкоотопы (рис. 2, табл. 2).

Пригодные для закладки виноградников площади на территории Красноперекопского района незначительно превосходят площади, которые не ре-

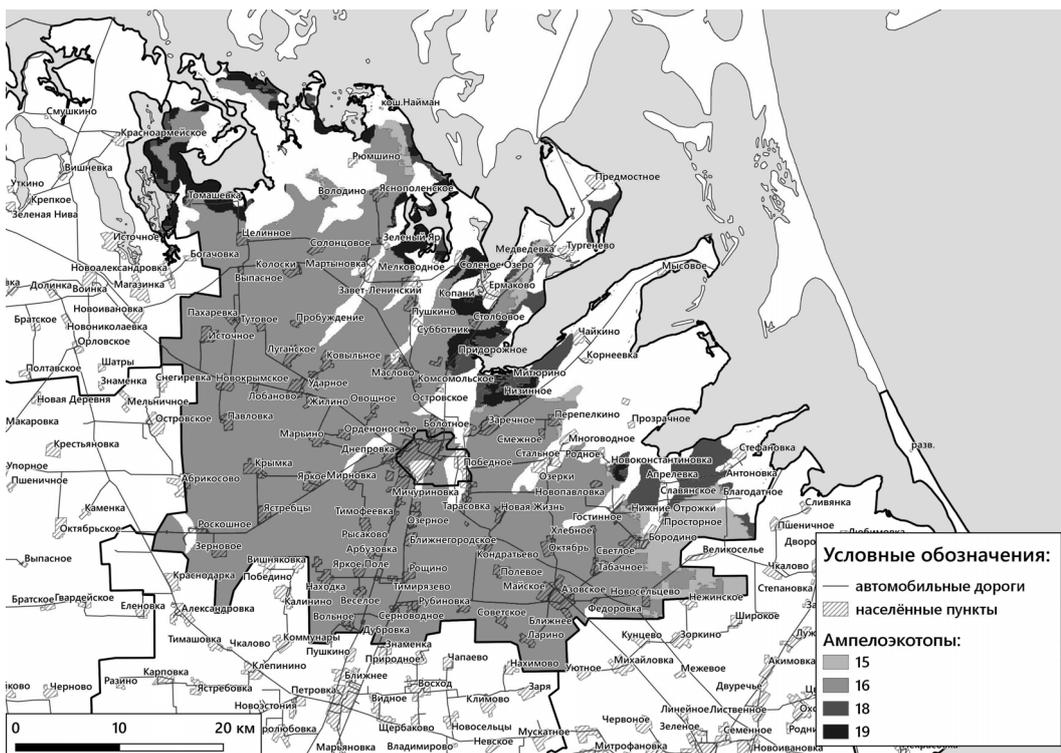


Рис. 1. Ампелоэкоотопы Джанкойского района
Fig. 1. Ampelocotopes of Dzhankoy region

Таблица 1. Структура ампелоэкоотопов Джанкойского района
Table 1. Ampelocotope structure of Dzhankoy region

Ампело-экоотоп	Площадь	
	га	%
15	8114	3,86
16	130463	62,01
18	8779	4,17
19	8063	3,83
Всего пригодно	155419	73,87
Не пригодно	54963	26,13
Итого	210382	

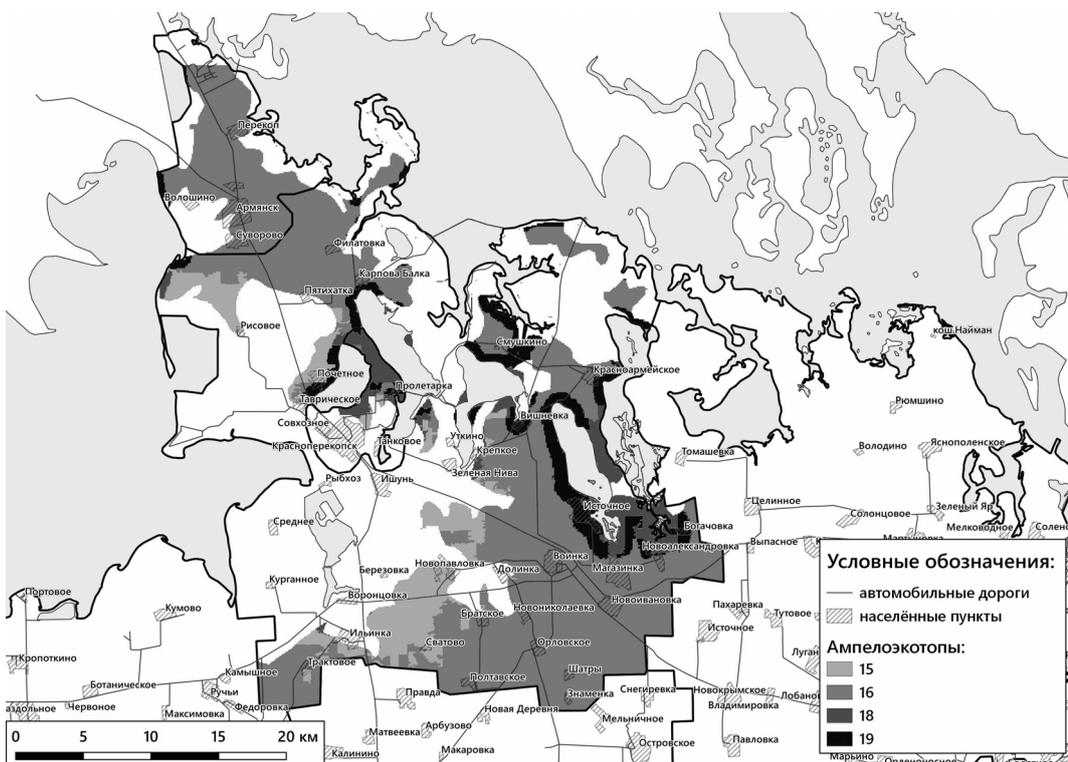


Рис. 2. Ампелоэкоотопы Красноперекопского района
Fig. 2. Ampelocotopes of Krasnoperekopsk region

Таблица 2. Структура ампелоэкоотопов Красноперекопского района
Table 2. Ampelocotope structure of Krasnoperekopsk region

Ампело-экоотоп	Площадь	
	га	%
15	11533	10,09
16	43047	37,66
18	3688	3,23
19	5500	4,81
Всего пригодно	63768	55,79
Не пригодно	50531	44,21
Итого	114299	

комендуется использовать для виноградарства. Пригодные земли занимают 55,79 % территории района, что составляет 63768 га. Значительная часть района (43047 га) отнесена к 16-му ампелоэкоотопу. Большая часть этих земель расположена в южных и северных районах исследуемой территории. Наименьший удельный вес (3,23 %) занимает 18 ампелоэкоотоп.

Площадь 50531 га (44,21 %) является непригодной для размещения виноградников.

Первомайский район расположен в степной северо-западной части Крымского полуострова. Район не имеет выхода к морю. К району прилегают: на севере – Красноперекопский, на юго-востоке – Джанкойский, на западе – Раздольненский, на юге – Красног-

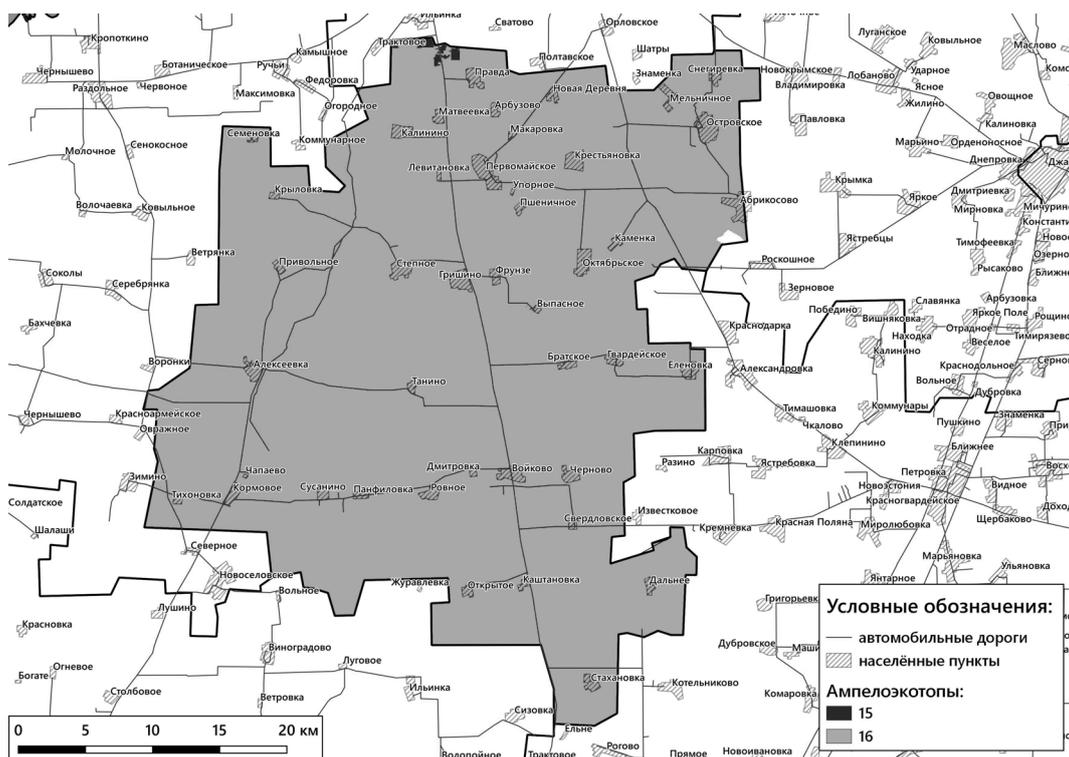


Рис. 3. Ампелоэкотопы Первомайского района
Fig. 3. Ampelocotopes of Pervomaysk region

Таблица 3. Структура ампелоэкотопов Первомайского района
Table 3. Ampelocotopes structure of Pervomaysk region

Ампелоэкотоп	Площадь	
	га	%
15	284	0,19
16	146834	99,72
Всего пригодно	147118	99,91
Не пригодно	127	0,09
Итого	147245	

Таблица 4. Агроэкологическая оптимизация сортового состава и терруарной специализации виноградарско-винодельческой отрасли на территории северной части степной зоны Крыма
Table 4. Agroecological optimization of varietal composition and terroir specialization of viticulture and winemaking industry in the northern part of the Crimean steppe zone

Ампелоэктоп	Сорт винограда		Направление использования	Потребность в орошении
	Степень морозоустойчивости	Срок созревания		
15	Высоко-морозоустойчивые	Очень ранний, ранний, раннесредний, средний, среднепоздний	Игристые вина, вина, коньячные виноматериалы, столовый виноград	Рекомендовано
16	Высоко-морозоустойчивые	Очень ранний, ранний, раннесредний, средний, среднепоздний	Игристые вина, вина, коньячные виноматериалы, столовый виноград	Желательно
18	Средне- и высоко-морозоустойчивые	Очень ранний, ранний, раннесредний, средний, среднепоздний	Игристые вина, вина, коньячные виноматериалы, столовый виноград	Рекомендовано
19	Средне- и высоко-морозоустойчивые	Очень ранний, ранний, раннесредний, средний, среднепоздний	Игристые вина, вина, коньячные виноматериалы, столовый виноград	Желательно

вардейский и Сакский районы. Район расположился на Таврической (Центрально-Крымской) возвышенной равнине. Почвы района представлены черноземами южными, дерновыми карбонатными, луговыми-черноземными, темно-каштановыми почвами.

Исходя из почвенно-климатических условий на территории Первомайского района выделено 2 ампелоэкотопы (рис. 3, табл. 3).

Практически вся территория района по почвенно-климатическим условиям пригодна для выращивания винограда. Преобладающая территория относится к 16-му ампелоэкотопу. Непригодные земли за-

нимают 127 га или 0,09 % от общей площади района.

В результате сопоставления агроэкологических условий выделенных ампелоэкотопов с требованиями сортов винограда к условиям выращивания с учётом зависимости качественных показателей виноградарско-винодельческой продукции от агроэкологических факторов, были разработаны рекомендации по агроэкологической оптимизации сортового состава и терруарной специализации виноградарско-винодельческой отрасли на территории северной части степной зоны Крыма (табл. 4). При этом применён опыт отечественных и зарубежных ученых в области опреде-

ления направления использования урожая винограда для получения различных видов продукции.

Выводы

Таким образом, несмотря на то, что северная часть степной зоны Крымского полуострова не является традиционным виноградарским регионом и обладает довольно неблагоприятными для винограда почвенно-климатическими условиями, при правильном подборе сортов здесь возможно получение некоторых видов виноградарско-винодельческой продукции.

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания № FEUU-2019-0019.

Financing source

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

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Матушинская Д.С., Рогатнев Ю.М. Методология выявления признаков для зонирования сельскохозяйственной территории // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2016;4(7):15.
2. Van Leeuwen C. Terroir: the effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes. *Managing Wine Quality*. 2010;1:273-315. DOI 10.1533/9781845699284.3.273.
3. Karlik L., Marián G., Faltán V., Havlíček M. Vineyard zonation based on natural terroir factors using multivariate statistics – Case study Burgenland (Austria). *OENO One*. 2018;52(2):105-117. DOI 10.20870/oeno-one.2018.52.2.1907.
4. Verdugo-Vásquez N., Pañitru-De la Fuente C., Ortega-Farías S. Model Development to Predict Phenological scale of Table Grapes (cvs. Thompson, Crimson and Superior Seedless and Red Globe) using Growing Degree Days. *OENO One*. 2017;51(3):277-288. DOI 10.20870/oeno-one.2017.51.2.1833.
5. Savić S., Vukotić M. Viticulture Zoning in Montenegro. *Bulletin UASVM Horticulture*. 2018;75(1):73-86. DOI 10.15835/buasmvcn-hort:003917.
6. 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(8):1665. DOI 10.3390/agronomy11081665.
7. 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(5):954. DOI 10.3390/agronomy11050954.
8. Van Leeuwen C., Bois B. Update in unified terroir zoning methodologies. *E3S Web of Conferences*. 2018;50:01044. DOI 10.1051/e3sconf/20185001044.
9. Lopes C.M., Egipto R., Pedroso V., Pinto P.A., Braga R., Neto M. Can berry composition be explained by climatic indices? Comparing classical with new indices in the Portuguese Dão region. *Acta Horticulturae*. 2017;1157:59-64. DOI 10.17660/ActaHortic.2017.1157.10.
10. Van Leeuwen C., Schultz H.R., Garcia de Cortazar-Atauri I., Duchêne E., Ollat N., Pieri P., Bois B., Goutouly J.P., Quénel H., Touzard J.M., Malheiro A.C., Bavaresco L., Delrot S. Why climate change will not dramatically decrease viticultural suitability in main wine-producing areas by 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2013;110(33):E3051-2. DOI 10.1073/pnas.1307927110.
11. Егоров Е.А., Петров В.С. Создание устойчивых саморегулирующихся агроценозов винограда в условиях умеренно-континентального климата юга России // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017;5:51-54.
12. Bois B., Joly D., Quenol H., Pieri Ph., Gaudillière J.-P., Guyon D., Saur E., Van Leeuwen C. Temperature-based zoning of the Bordeaux wine region. 2018;52(4):1-16. *OENO One*. DOI 10.20870/oeno-one.2018.52.4.1580.
13. Irimia L.I., Patriche C.V., Quénel H. Analysis of viticultural potential and delineation of homogeneous viticultural zones in a temperate climate region of Romania. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*. 2014;48(3):145-167. DOI 10.20870/oeno-one.2014.48.3.1576.
14. Irimia L.M., Patriche C.V., Quénel H. Viticultural zoning: a comparative study regarding the accuracy of different approaches in vineyards climate suitability assessment. *Cercetări Agronomice în Moldova*. 2013;3(155):95-106. DOI 10.2478/v10298-012-0097-3.
15. 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*. 2010;61:313-326. DOI 10.5344/ajev.2010.61.3.313.
16. Machar I., Vlčková V., Buček A., Vrublová K., Filippovová J., Brus J. Environmental modelling of climate change impact on grapevines: Case study from the Czech Republic. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2017;26(4):1927-1933. DOI 10.15244/pjoes/68886.
17. Jarvis C., Barlow E., Darbyshire R., Eckard R., Goodwin I. Relationship between viticultural climatic indices and grape maturity in Australia. *International journal of biometeorology*. 2017;61(10):1849-1862. DOI 10.1007/s00484-017-1370-9.
18. Tonietto J., Carbonneau A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2004;124:81-97. DOI 10.1016/j.agrformet.2003.06.001.
19. Marciniak M., Brown R., Reynolds A., Jollineau M. Use of remote sensing to understand the terroir of the Niagara peninsula. Applications in a Riesling vineyard. *OENO One*. 2015;49(1):1-6. DOI 10.20870/oeno-one.2015.49.1.97.
20. Mesterházy I., Mészáros R., Pongrácz R., Bodor P., Ladányi M. The analysis of climatic indicators using different growing season calculation methods – an application to grapevine grown in Hungary. *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. 2018;122(3):217-235. DOI 10.28974/idojaras.2018.3.1.
21. Mesterhazy I., Mészáros R., Pongracz R. The effects of climate change on grape production in Hungary. *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. 2014;118:193-206.
22. Bucur G.M., Cojocar G.A., Antoce A.O. The climate change influences and trends on the grapevine growing in Southern Romania: a long-term study. *BIO Web of Conferences*. 2019;15:01008. DOI 10.1051/

- bioconf/20191501008.
23. Comte V., Zufferey V., Rösti J., Calanca P., Rebetez M. 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, CIGG, Geneva, Switzerland. 2019:45-47.
 24. Cameron W., Petrie P.R., Barlow E.W.R., Patrick C.J., Howell K., Fuentes S. Advancement of grape maturity: comparison between contrasting cultivars and regions. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2019;26(4):53-67. DOI 10.1111/ajgw.12414.
 25. Cardell M.F., Amengual A., Romero R. Future effects of climate change on the suitability of wine grape production across Europe. *Regional Environmental Change*. 2019;19:2299-2310. DOI 10.1007/s10113-019-01502-x.
 26. Resolution OIV-VITI 423-2012 rev. 1. OIV Guidelines for vitiviniculture zoning methodologies on a soil and climate level. <http://www.oiv.int/en/technical-standards-anddocuments/resolutions-of-the-oiv/viticulture-resolutions> (дата обращения: 03.06.2022).
 27. Драган Н.А. Почвенные ресурсы Крыма. Научная монография. 2-е изд. доп. Симферополь: ДОЛЯ. 2004:1-208.
 28. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В. Выделение ампелозкотов на территории Крымского полуострова // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2022;77(5):68-81. DOI 10.30679/2219-5335-2022-5-77-68-81.
- ### References
1. Matushinskaya D.S., Rogatnev Yu. M. Methodology of detection of signs for the zoning of gricultural areas. *Electronic scientific and methodological journal of the Omsk State Agrarian University*. 2016;4(7):15 (in Russian).
 2. Van Leeuwen C. Terroir: the effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes. *Managing Wine Quality*. 2010;1:273-315. DOI 10.1533/9781845699284.3.273.
 3. Karlik L., Marián G., Falt'an V., Havlíček M. Vineyard zonation based on natural terroir factors using multivariate statistics – Case study Burgenland (Austria). *OENO One*. 2018;52(2):105-117. DOI 10.20870/oeno-one.2018.52.2.1907.
 4. Verdugo-Vásquez N., Pañitur-De la Fuente C., Ortega-Farías S. Model development to predict phenological scale of table grapes (cvs. Thompson, Crimson and Superior Seedless and Red Globe) using growing degree days. *OENO One*. 2017;51(3):277-288. DOI 10.20870/oeno-one.2017.51.2.1833.
 5. Savić S., Vukotić M. Viticulture zoning in Montenegro. *Bulletin UASVM Horticulture*. 2018;75(1):73-86. DOI 10.15835/buasmvcn-hort:003917.
 6. 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(8):1665. DOI 10.3390/agronomy11081665.
 7. 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(5):954. DOI 10.3390/agronomy11050954.
 8. Van Leeuwen C., Bois B. Updates in unified terroir zoning methodologies. *E3S Web of Conferences*. 2018;50:01044. DOI 10.1051/e3sconf/20185001044.
 9. Lopes C.M., Egipto R., Pedroso V., Pinto P.A., Braga R., Neto M. Can berry composition be explained by climatic indices? Comparing classical with new indices in the Portuguese Dão region. *Acta Horticulturae*. 2017;1157:59-64. DOI 10.17660/ActaHortic.2017.1157.10.
 10. Van Leeuwen C., Schultz H.R., Garcia de Cortazar-Atauri I., Duchêne E., Ollat N., Pieri P., Bois B., Goutouly J.P., Quéno H., Touzard J.M., Malheiro A.C., Bavaresco L., Delrot S. Why climate change will not dramatically decrease viticultural suitability in main wine-producing areas by 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2013;110(33):E3051-2. DOI 10.1073/pnas.1307927110.
 11. Egorov E.A., Petrov V.S. Creation of the sustainable selfregulating grapes agrocenoses in the temperate continental climate conditions of the Russia's south. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2017;5:51-54 (in Russian).
 12. Bois B., Joly D., Quenol H., Pieri Ph., Gaudillière J.-P., Guyon D., Saur E., Van Leeuwen C. Temperature-based zoning of the Bordeaux wine region. 2018;52(4)1-16. *OENO One*. DOI 10.20870/oeno-one.2018.52.4.1580.
 13. Irimia L.I., Patriche C.V., Quéno H. Analysis of viticultural potential and delineation of homogeneous viticultural zones in a temperate climate region of Romania. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*. 2014;48(3):145-167. DOI 10.20870/oeno-one.2014.48.3.1576.
 14. Irimia L.M., Patriche C.V., Quéno H. Viticultural zoning: a comparative study regarding the accuracy of different approaches in vineyards climate suitability assessment. *Cercetări Agronomice în Moldova*. 2013;3(155):95-106. DOI 10.2478/v10298-012-0097-3.
 15. 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*. 2010;61:313-326. DOI 10.5344/ajev.2010.61.3.313.
 16. Machar I., Vlčková V., Buček A., Vrublová K., Filippovová J., Brus J. Environmental modelling of climate change impact on grapevines: Case study from the Czech Republic. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2017;26(4):1927-1933. DOI 10.15244/pjoes/68886.
 17. Jarvis C., Barlow E., Darbyshire R., Eckard R., Goodwin I. Relationship between viticultural climatic indices and grape maturity in Australia. *International journal of biometeorology*. 2017;61(10):1849-1862. DOI 10.1007/s00484-017-1370-9.
 18. Tonietto J., Carbonneau A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2004;124:81-97. DOI 10.1016/j.agrformet.2003.06.001.
 19. Marciniak M., Brown R., Reynolds A., Jollineau M. Use of remote sensing to understand the terroir of the Niagara peninsula. Applications in a Riesling vineyard. *OENO One*. 2015;49(1):1-6. DOI 10.20870/oeno-one.2015.49.1.97.
 20. Mesterházy I., Mészáros R., Pongrácz R., Bodor P., Ladányi M. The analysis of climatic indicators using different growing season calculation methods – an application to grapevine grown in Hungary. *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. 2018;122(3):217-235. DOI 10.28974/idojaras.2018.3.1.
 21. Mesterhazy I., Mészáros R., Pongracz R. The effects of climate change on grape production in Hungary.

- Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service. 2014;118:193-206.
22. Bucur G.M., Cojocaru G.A., Antocea A.O. The climate change influences and trends on the grapevine growing in Southern Romania: a long-term study. *BIO Web of Conferences*. 2019;15:01008. DOI 10.1051/bioconf/20191501008.
23. Comte V., Zufferey V., Rösti J., Calanca P., Rebetez M. Adaptation strategies of a cold climate vineyard to climate change, the case of the Neuchâtel region in Switzerland. *Book of abstracts. The 42nd Congress of Vine and Wine 17th General Assembly of the OIV, CIGG, Geneva, Switzerland*. 2019:45-47.
24. Cameron W., Petrie P.R., Barlow E.W.R., Patrick C.J., Howell K., Fuentes S. Advancement of grape maturity: comparison between contrasting cultivars and regions. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2019;26(4):53-67. DOI 10.1111/ajgw.12414.
25. Cardell M.F., Amengual A., Romero R. Future effects of climate change on the suitability of wine grape production across Europe. *Regional Environmental Change*. 2019;19:2299-2310. DOI 10.1007/s10113-019-01502-x.
26. Resolution OIV-VITI 423-2012 rev. 1. OIV Guidelines for vitiviniculture zoning methodologies on a soil and climate level. <http://www.oiv.int/en/technical-standardsanddocuments/resolutions-of-the-oiv/viticulture-resolutions> (date of application 03.06.2022).
27. Dragan N.A. Soil resources of the Crimea. *Scientific monograph*. 2nd ed. add. Simferopol: DOLYA. 2004:1-208 (in Russian).
28. Rybalko E.A., Baranova N.V. Allocation of ampelocotopes on the territory of the Crimean peninsula. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2022;77(5):68-81. DOI 10.30679/2219-5335-2022-5-77-68-81 (in Russian).

Информация об авторах

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

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

Алина Сергеевна Ерхова, вед. инженер сектора агроэкологии; e-мейл: alina_meotida@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6920-471X>;

Александр Александрович Чернышов, вед. инженер сектора агроэкологии; e-мейл: scforester@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9234-9434>.

Information about authors

Evgeniy A. Rybalko, Cand. Agric. Sci., Leading Staff Scientist, Head of the Agroecology Sector; e-mail: agroeco@magarach-institut.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4579-3505>;

Natalia V. Baranova, Cand. Agric. Sci., Leading Staff Scientist, Agroecology Sector; e-mail: natali.v.0468@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2588-360X>;

Alina S. Erkhova, Leading Engineer, Agroecology Sector; e-mail: alina_meotida@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6920-471X>;

Alexander A. Chernyshov, Leading Engineer, Agroecology Sector; e-mail: scforester@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9234-9434>.

Статья поступила в редакцию 16.03.2023, одобрена после рецензии 23.03.2023, принята к публикации 25.05.2023.