

УДК 634.8.04(292.471):58.02-046.52

Оценка теплообеспеченности территории Крымского полуострова для производства винограда на основе анализа закономерностей пространственного варьирования индекса Уинклера

Рыбалко Е. А., Баранова Н. В., Борисова В. Ю.

*Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарах» РАН
Россия, Республика Крым
agroeco-magarach@yandex.ru*

Рассчитано среднее многолетнее значение индекса Уинклера за вегетационный период в точках расположения метеостанций с длинным рядом метеонаблюдений на территории Крымского полуострова. При расчетах использовали многолетние данные за 34 года по 17 метеостанциям Крымского полуострова. Установлено, что в зависимости от географического положения метеостанции на территории Крымского полуострова значения индекса Уинклера, находятся на уровне от 1512 (Белогорск) до 1987 (Ялта). Для выявления закономерностей пространственного распределения индекса Уинклера создана сеть из 15 опорных точек, совпадающих с месторасположением метеостанций, располагающих длинным рядом наблюдений. Проанализированы при помощи технологий геоинформационного моделирования закономерности пространственного варьирования величины индекса Уинклера за вегетационный период. В результате проведенного анализа были получены модели, описывающие данные закономерности. С помощью полученных моделей, разработана цифровая крупномасштабная картографическая модель пространственного распределения величины индекса Уинклера, на основе которой на территории Крымского полуострова выделено 6 зон. Наиболее высокие значения изучаемого индекса получены в юго-западной, юго-восточной и южной прибрежных частях полуострова. Полученная модель, в сочетании с современными геоинформационными технологиями дает возможность автоматизировать анализ степени пригодности территории для возделывания винограда.

Ключевые слова: индекс Уинклера, теплообеспеченность территории, виноград, вегетационный период, математическая модель, цифровая карта, Крымский полуостров.

ВВЕДЕНИЕ

Качество винограда для получения виноградарско-винодельческой продукции существенным образом зависит от агроэкологических условий территории его возделывания. Конкретные условия имеют различные значения для разных возрастных периодов и годовичных фаз развития виноградной лозы, а также для частей растения, отличающихся разными стадиями развития (Наумова, Новикова, 2015).

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

Теплообеспеченность территории является важным фактором окружающей среды, оказывающим влияние на урожайность винограда и качество продукции (Фурса, Фурса, 2001). Одним из основных таких показателей является индекс Уинклера. Данный показатель обуславливает принципиальную возможность выращивания того или иного сорта на заданной территории (Amerine et Winkler, 1944).

Выделение агроклиматических районов для оптимального размещения виноградных насаждений основано на соответствии требований промышленного сорта винограда природным ресурсам конкретного региона возделывания (Рапча, 2002; Гаджиев, 2004; Иванченко и др., 2010; Егоров, Петров, 2017).

При закладке виноградных насаждений важно определить пространственное варьирование уровня теплообеспеченности территории, используя данные ближайшей метеостанции (Иванченко и др., 2010, Рыбалко и др., 2016; Рыбалко, Баранова, 2019).

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

Цель данной работы – изучить теплообеспеченность территории Крымского полуострова для производства винограда на основе анализа закономерностей пространственного варьирования индекса Уинклера, характеризующего вегетационный период на территории полуострова.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на базе сектора агроэкологии отделения виноградарства «ВНИИВиВ «Магарач» РАН».

Материалами служили электронная модель рельефа SRTM-3 территории Крымского полуострова и многолетние данные метеонаблюдений по 17 метеостанциям Крыма и Севастополя за 1985–2018 годы (Агрометеорологические бюллетени по территории республики Крым).

Работа выполнена в соответствии с методиками по оптимизации размещения виноградных насаждений (Рекомендации 575/46.00334830. 002-94)

Анализ пространственных данных и их моделирование проводились с использованием географических информационных систем. Расчет индекса Уинклера проведен в соответствии с резолюцией MOVB 423-2012 RESOLUTION OIV-VITI 423-2012 REV1 и методикой с обновлениями в 2018 году (Cornelis van Leeuwen and Benjamin Bois, 2018). Подгонка (подбор) коэффициентов в математической модели производилась методом наименьших квадратов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сбор и анализ метеорологической информации, необходимой для расчёта индекса Уинклера за вегетационный период: температура воздуха выше 10 °С, позволили рассчитать среднее многолетнее значение агроклиматического индекса в точках расположения метеостанций с длинным рядом метеонаблюдений на территории Крымского полуострова. При расчетах нами были использованы многолетние данные за 34 года по 17 метеостанциям Крымского полуострова (рис. 1).

Установлено, что значения индекса Уинклера, рассчитанные для 17 пунктов расположения метеостанций Крымского полуострова, находятся в интервале от 1512 (Белогорск) до 1987 (Ялта).

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

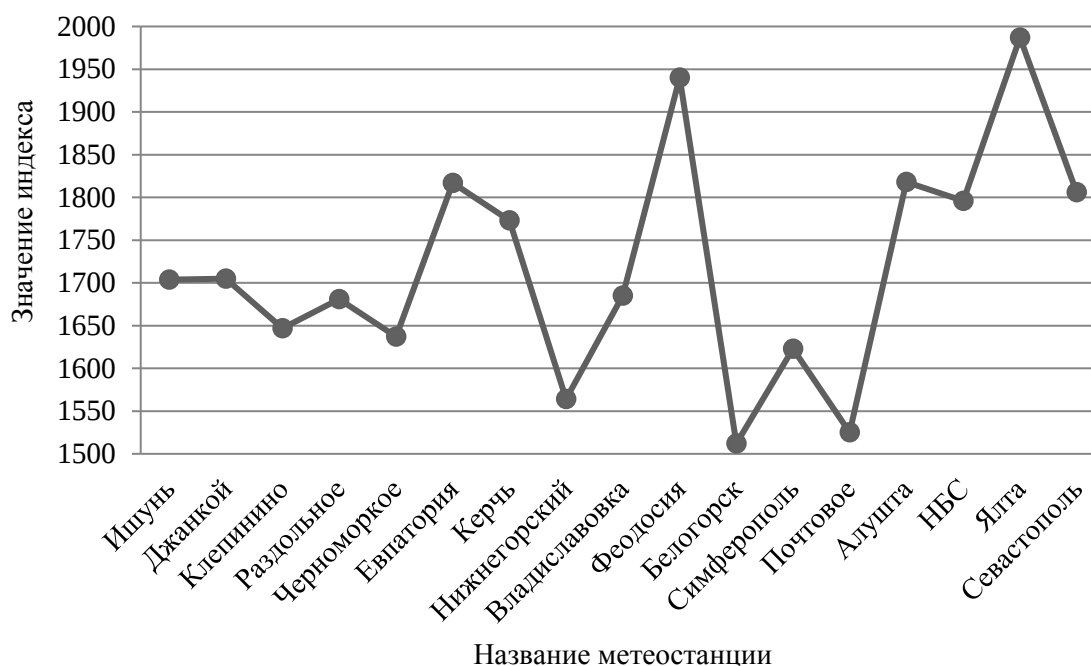


Рис. 1. Средние многолетние значения индекса Уинклера за вегетационный период для 17 пунктов Крыма

Поскольку методика расчёта индекса Уинклера несколько схожа с расчётом сумм активных температур, то было выдвинуто предположение, что закономерности пространственного варьирования этих двух показателей могут оказаться сходными. Поэтому для описания пространственного распределения величины индекса Уинклера были выбраны два варианта формулы Софрони–Энтензона – с поправкой для условий Крымского полуострова (Рекомендации, 1993) и с уточнением по географической широте анализируемой местности (Рыбалко, 2014), показавшие хорошие результаты при расчёте величины суммы активных температур. Вместо суммы активных температур в формулы подставлялись значения индекса Уинклера.

По результатам подгонки коэффициентов была произведена адаптация вышеуказанных формул для расчёта индекса Уинклера:

$$WI = WI_1 * \frac{\cos[\gamma + \arctg(\operatorname{tg} i * \cos \alpha * \cos h_0)]}{\cos \gamma_1} - 0,74 * (h - h_1), (1)$$

где WI – значение индекса Уинклера в анализируемой точке; WI_1 – среднее многолетнее значение индекса Уинклера на ближайшей метеостанции; γ – широта местности, для которой определяется индекс Уинклера, градусы; i – крутизна склона в точке, для которой ведётся расчёт, градусы; α – экспозиция склона в точке, для которой ведётся расчёт, градусы; h_0 – высота солнца в истинный полдень, градусы; h_1 – высота метеостанции над уровнем моря, м; h – высота точки, для которой ведётся расчёт, над уровнем моря, м; γ_1 – широта метеостанции, градусы.

$$WI = WI_1 * \frac{\cos[\gamma + \arctg(\operatorname{tg} i * \cos \alpha * \cos h_0)]}{\cos \gamma_1} - 0,74 * (h - h_1) + 150 * (\gamma_1 - \gamma), (2)$$

где WI – значение индекса Уинклера в анализируемой точке; WI_1 – среднее многолетнее значение индекса Уинклера на ближайшей метеостанции; γ – широта местности, для которой определяется индекс Уинклера, градусы; i – крутизна склона в точке, для которой ведётся

расчёт, градусы; α – экспозиция склона в точке, для которой ведётся расчёт, градусы; h_0 – высота солнца в истинный полдень, градусы; h_1 – высота метеостанции над уровнем моря, м; h – высота точки, для которой ведётся расчёт, над уровнем моря, м; γ_1 – широта метеостанции, градусы.

В качестве альтернативы была построена также линейная многофакторная модель:

$$WI = WI_1 + 1,2 \cdot (h_1 - h) + 240 \cdot (\gamma_1 - \gamma), \quad (3)$$

где WI – значение индекса Уинклера в анализируемой точке; WI_1 – среднее многолетнее значение индекса Уинклера на ближайшей метеостанции; H_1 – высота метеостанции над уровнем моря, м; h – высота точки, для которой ведётся расчёт, над уровнем моря, м; γ_1 – широта метеостанции, градусы; γ – широта местности, для которой определяется индекс Уинклера, градусы.

Результаты расчёта величины индекса Уинклера по трём вышеприведенным моделям и их сравнение с фактическими данными в опорных точках показаны в таблице 1.

По результатам сравнения установлено, что наибольшей точностью обладает модель (2). При этом средняя абсолютная ошибка составила 38, то есть модель завышает расчётные данные относительно фактических. Поэтому в модель внесена поправка на эту величину, в результате чего получена модель (4), превосходящая по точности все остальные рассматриваемые модели (табл. 1).

$$WI = WI_1 \cdot \frac{\cos[\gamma + \arctg(\tg i \cdot \cos \alpha \cdot \cos h_0)]}{\cos \gamma_1} - 0,74 \cdot (h - h_1) + 150 \cdot (\gamma_1 - \gamma) - 38, \quad (4)$$

Таблица 1

Некоторые биометрические показатели математических моделей для расчёта индекса Уинклера

Показатель	Модель (1)	Модель (2)	Модель (3)	Модель (4)
Средняя абсолютная ошибка	62	38	104	0
Средняя квадратичная ошибка	133	107	137	100
Средняя относительная ошибка, %	6,4	5,0	6,5	4,7

Для разработки цифровой крупномасштабной карты пространственного распределения величины индекса Уинклера на территории Крымского полуострова была выбрана модель (4), как наиболее точная в анализируемых условиях. В результате классификации полученной карты территория Крыма была разделена на 6 зон (рис. 2, табл. 2).

Наиболее высокие значения индекса Уинклера получены в юго-западной, юго-восточной и южной прибрежных частях полуострова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассчитано среднее многолетнее значение индекса Уинклера за вегетационный период в точках расположения метеостанций с длинным рядом наблюдений на территории Крымского полуострова. Установлено, что в зависимости от географического положения метеостанции на территории Крымского полуострова значения индекса Уинклера, находятся на уровне от 1512 (Белогорск) до 1987 (Ялта). Проанализированы при помощи технологий геоинформационного моделирования закономерности пространственного варьирования величины индекса Уинклера за вегетационный период. В результате проведенного анализа

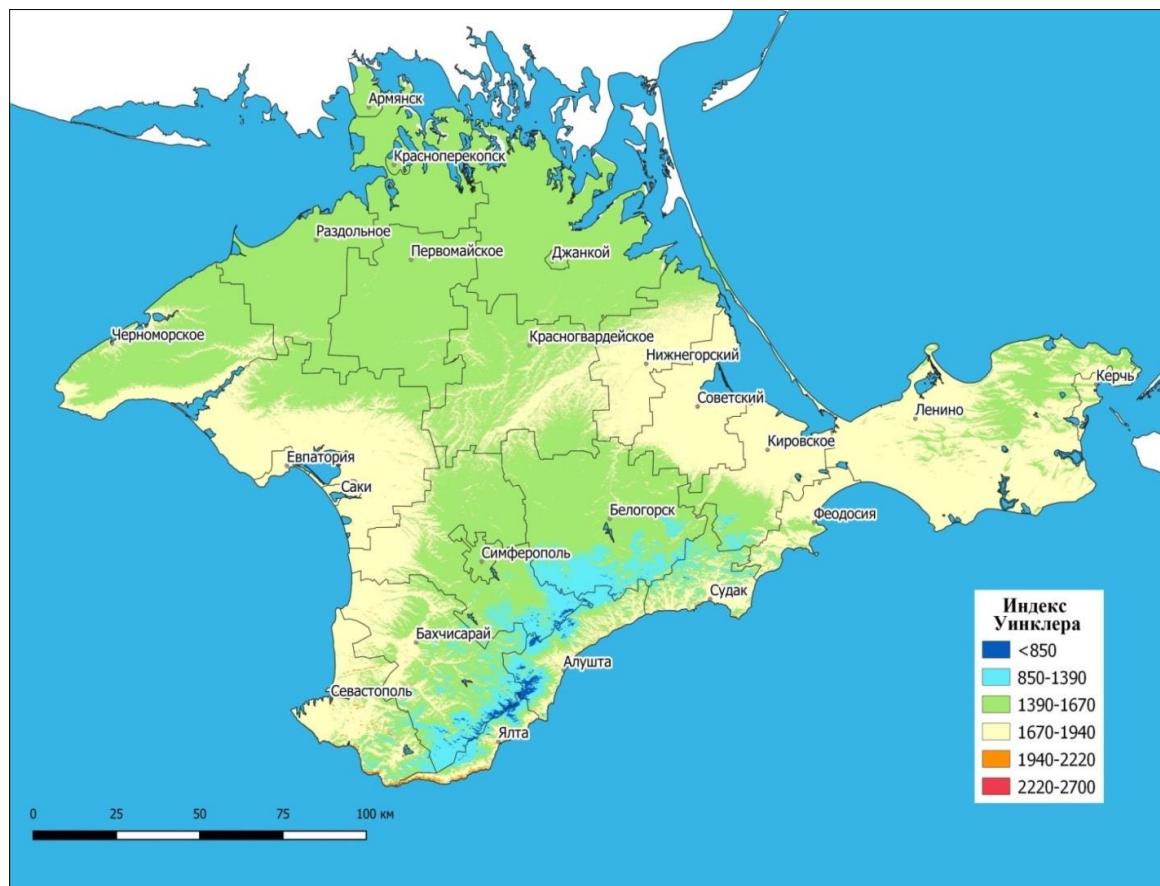


Рис. 2. Цифровая крупномасштабная картографическая модель пространственного варьирования индекса Уинклера на территории Крымского полуострова

Таблица 2

Характеристика шести зон Крымского полуострова, выделенных по величине индекса Уинклера

Номер зоны	Индекс Уинклера	Площадь зоны (тыс. га) и ее доля от всей площади Крыма (%)	
		тыс. га	%
1	< 850	8,4	0,3
2	850–1390	133,5	5,2
3	1390–1670	1449,3	56,6
4	1670–1940	963,5	37,6
5	1940–2220	7,4	0,3
6	2220–2700	0,2	0,007
Всего		2562,1	100

были получены модели, описывающие данные закономерности. С помощью полученных моделей, разработана цифровая крупномасштабная картографическая модель пространственного распределения величины индекса Уинклера, на основе которой на территории Крымского полуострова выделено 6 зон. Наиболее высокие значения изучаемого индекса получены в юго-западной, юго-восточной и южной прибрежных частях полуострова. Полученная модель, в сочетании с современными геоинформационными технологиями дает

возможность автоматизировать анализ степени пригодности территории для возделывания винограда.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» по теме «Исследование закономерностей пространственного варьирования агроклиматических показателей, характеризующих период вегетации винограда в условиях Крымского полуострова и влияющих на качество виноградарско-винодельческой продукции», № АААА-А19-119030690030-8.

Список литературы

Агрометеорологические бюллетени по территории республики Крым // ФГБУ «КРЫМСКОЕ УГМС», 1985–2018 гг.

Гаджиев М. С. Агроэкологические и социально-экономические основы устойчивого развития виноградарства. Плодоводства и виноделия Южного Дагестана в XXI веке: Монография. – Махачкала: изд-во «Юпитер», 2004. – 392 с.

Егоров Е. А., Петров В. С. Создание устойчивых саморегулирующихся агроценозов винограда в условиях умеренно-континентального климата юга России // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – С. 51–54.

Иванченко В. И., Тимофеев Р. Г., Баранова Н. В., Рыбалко Е. А. Оценка теплообеспеченности и морозоопасности земель Предгорного отделения ГП АФ «Магарач» в контексте перспектив развития промышленного виноградарства // «Магарач». Виноградарство и виноделие. – 2010. – № 1. – С. 10–11.

Иванченко В. И., Баранова Н. В., Тимофеев Р. Г., Рыбалко Е. А. Методологические подходы к решению задачи по оценке эффективности размещения промышленных виноградников в зависимости от их сортового состава и агроэкологических условий местности на примере земель ГП АФ «Магарач» Бахчисарайского района // «Магарач». Виноградарство и виноделие. – 2010. – № 4. – С. 10–12.

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.

Иванченко В. И., Баранова Н. В., Корсакова С. П., Рыбалко Е. А. Оптимизация размещения столовых сортов винограда в зависимости от агроэкологических ресурсов АР Крым: Тематический сборник – Ялта: НИВиВ «Магарач», 2010. – 60 с.

Рекомендации 575/46.00334830. 002–94 «Оптимизация размещения виноградных насаждений в Крыму» ИВиВ «Магарач». – Ялта, 1993. – 68 с.

Рапча М. П. Научные основы ампелозоологической оценки и освоения виноградо-винодельческих центров республики Молдова. – Кишинев, 2002. – 332 с.

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

Рыбалко Е. А., Баранова Н. В., Твардовская Л. Б. Разработка крупномасштабной картографической модели пространственного распределения теплообеспеченности на территории Республики Крым применительно к культуре винограда с учётом морфометрических особенностей рельефа // Научные труды Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2016. – Т. 11. – С. 17–22.

Рыбалко Е. А., Баранова Н. В. Анализ динамики и разработка прогноза пространственного распределения теплообеспеченности территории Крымского полуострова // Системы контроля окружающей среды – 2019. Тезисы докладов Международной научно-технической конференции. – Севастополь, 12–13 сентября 2019 г. – Севастополь: ИК ИПТС, 2019. – С. 127.

Фурса Д. И., Фурса В. П. Влияние микроклиматических особенностей Южного берега Крыма на специализацию виноградно-винодельческой промышленности // Труды научного центра виноградарства и виноделия. – Ялта НИВиВ «Магарач», 2001. – Т. 3. – С. 15–21.

Amerine M. A., Winkler A. J. Composition and quality of musts and wines of California grapes. Hilgardia. 1944. 15(6): 493–673.

Cornelis van Leeuwen and Benjamin Bois. Update in unified terroir zoning methodologies // 2E3S Web of Conferences 50, 01044 (2018) XII Congreso Internacional Terroir.

Rybalko E. A., Baranova N. V., Borisova V. Yu. Estimation of the heat provision of the territory of the Crimean Peninsula for grapes yielding basing on the analysis of spatial variation patterns of the Winkler index // Ekosistemy. 2020. Iss. 24. P. 117–123.

The quality of grapes for viticulture and winemaking products significantly depends on the agro-ecological conditions of the territory of cultivation. Definition of agro-climatic areas for the optimal placement of vineyards is based on the compliance of requirements of grapes industrial assortment with the natural resources of the region of cultivation. In the course of research, the average value of the Winkler Index of many years for the growing season in the weather station locations with a long series of weather observations on the territory of the Crimean Peninsula was calculated. Long-term data for 30 years of 17 weather stations on the Crimean Peninsula was used for calculations. Depending on the geographical location of the weather station on the territory of the Crimean Peninsula, the values of the Winkler Index stand at the level from 1512 (Belogorsk) to 1987 (Yalta). A network of 15 reference points that coincide with the location of weather stations with a long series of observations was created to identify the patterns of spatial distribution of the Winkler Index. The regularities of spatial variation of the Winkler Index value for the growing season were analyzed using geo-information modeling technologies. Models describing these patterns were obtained as a result of the analysis. A large-scale digital cartographic model of the spatial distribution of the Winkler Index value was developed, using the models, on the basis of which 6 zones were distinguished on the territory of the Crimean Peninsula. The highest values of the studied Index were registered in the South-Western, South-Eastern and Southern coastal areas of the Peninsula. The resulting model, combined with modern geo-information technologies, can be used to automate the analysis of the degree of suitability of the territory for grapes cultivation.

Key words: Winkler Index, heat provision of the territory, grapes, growing season, mathematical model, digital map, the Crimean Peninsula.

Поступила в редакцию 29.05.20