

АПРОБАЦИЯ ОПИСАТЕЛЬНОЙ БАЛЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПРОДУКТИВНОСТИ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ ЧЕРНОМОРСКОЙ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ВИНОГРАДАРСТВА

**Марморштейн А.А., аспирант, Петров В.С., д-р с.-х. наук,
Алейникова Г.Ю., канд. с.-х. наук**

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский
федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»
(Краснодар)*

Юрова А.Ю., канд. геогр. наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Почвенный Институт им. В.В. Докучаева» (Москва)*

Реферат. Показаны результаты апробации описательной балльной модели-классификации продуктивности винограда на сортах Анапской ампелографической коллекции с учетом климатических и почвенно-морфологических факторов территории Краснодарского края.

Ключевые слова: продуктивность винограда, агроэкологические факторы, модель – классификация.

Summary. The results of approbation of a descriptive model-classification of grape productivity based on climatic, soil and morphological factors of the territory of the Krasnodar Region varieties of Anapa on the ampelographic collection are shown.

Key words: grape productivity, agroecological factors, models - classification.

Введение. Рост, развитие и урожайность винограда зависят от множества природных абиотических и биотических факторов среды обитания, а так же от агроэкологических условий местности - климата, рельефа, почвы и др. Для получения высокой продуктивности винограда необходимо определить оптимальное местоположение, комплексно оценив ресурсы территории, что актуально в условиях современного развития виноградарства и виноделия Российской Федерации.

Известно много научных работ для оценки ресурсов местности для эффективного ведения культуры винограда. Оценка проводят как по отдельным агроэкологическим факторам, так и в совокупности: изучается связь климата и погоды с фенологией, продуктивностью и качеством винограда в России [1, 2] и мире [3-7], почва для промышленного виноградарства Северного Кавказа [8, 9], морфологические и климатические условия Молдавии [10], почвенно-климатические условия Дагестана [11]. Однако, в настоящее время научные данные в этом направлении не систематизированы и представлены отдельными работами, в том числе для условий Краснодарского края.

Новизной наших исследований является авторская методика оценки продуктивности винограда с учетом почвенных, морфологических и климатических факторов.

Цель работы – апробация описательной балльной модели-классификации продуктивности винограда и основанного на ней интегрального показателя продуктивности винограда (ИППВ) по климатическим и почвенно-морфологическим критериям и их параметрам в условиях Черноморской агроэкологической зоны виноградарства.

Объекты и методы исследований. Исследования выполнены на сортах Анапской ампелографической коллекции в пригороде г. Анапы. Объекты исследований: 58 сортов винограда разных эколого-географических групп (12 сортов западной и 12 восточной эколого-географических групп, 11 сортов бассейна Черного моря, 11 межвидовых и 12 внутривидовых гибридов), погодные условия с 2007 по 2015 годы и почвенно-морфологические характеристики территории ампекоколлекции. Схема посадки кустов винограда на участке ампекоколлекции 3,5 x 2,0 м.

В основе авторской методики определения продуктивности винограда лежит качественная оценка влияния агроэкологических ресурсов территории на изучаемую культуру. Как пример составления интегральной оценки на основе балльной модели-классификации были рассмотрены модели-классификации оценки состояния и устойчивости почв, наземных геосистем и ландшафтов [12].

В первую очередь были изучены метеорологические факторы. Для климатической составляющей интегральной оценки были выбраны следующие показатели: сумма активных температур воздуха (выше $+10^{\circ}\text{C}$) за период вегетации; абсолютная минимальная температура воздуха за год; количество дней с минимальной температурой ниже -1°C (апрель-октябрь); количество атмосферных осадков за период с температурами выше $+10^{\circ}\text{C}$.

Для суммы активных температур воздуха 5 баллов выставляется при показателе выше 3300°C , что на исследуемой территории почти всегда выполняется [1]. От значения суммы активных температур в случае оценки в 5 баллов больше зависит характеристика вина из технических сортов: для какого типа вина подходит виноград и какими свойствами вино будет обладать.

Параметр абсолютного минимума температуры воздуха оценивается на 5 баллов в случае температуры выше выдерживаемых морозов и на 0 баллов в случае температуры ниже критического предела. Данный критерий различается для групп сортов по степени устойчивости к морозам: неустойчивые (выдерживают морозы выше -12°C), слабая устойчивость ($-13\dots-17^{\circ}\text{C}$), средняя устойчивость ($-18\dots-22^{\circ}\text{C}$), повышенная устойчивость ($-23\dots-27^{\circ}\text{C}$) и высокая устойчивость ($-28\dots-35^{\circ}\text{C}$) [13].

После возобновления вегетации температуры ниже -1°C (заморозки) снижают урожай текущего года, хоть и не уничтожают саму лозу [14]. Поэтому чем больше дней с минимальными температурами ниже предела, тем меньше балл по этому показателю. Идеальными условиями по сумме осадков за период вегетации являются 260-500 мм [15], при этом чем жарче лето, тем больше влаги требуется. При увеличении или уменьшении осадков балл меняется в меньшую сторону.

Расчет погодных условий проводился по данным ВНИИГМИ-МЦД [16] по авторским программам на языках программирования Python и Fortran.

Для каждого сорта винограда требования к почвам различные, поэтому в данной модели идет оценка почв по продуктивности в среднем для винограда по типу почв. Важна также оценка морфологических характеристик. Были выделены три существенные для виноградарства характеристики рельефа и по каждой были проставлены баллы.

Чем больше крутизна склона, тем больше на него поступает солнечной радиации, в том числе ФАР (фотосинтетически активная радиация), которая расходуется на фотосинтез, тем самым повышая продуктивность ягод и содержание сахаров [10, 17]. На пять баллов были оценены склоны с уклонами от 8° до 25° , поскольку в случае уклонов больше 25° риск эрозии сильно увеличивается, и требуются дополнительные затраты на проведение технологических операций, что экономически невыгодно. На плоской поверхности продуктивность виноградников ниже, чем на склоне, она была оценена на 3 балла.

По расположению самыми выгодными считаются верхние части склонов, на средних продуктивность виноградников меньше, а на нижней части склонов есть вероятность избытка влаги и холода, поэтому также меньшей продуктивностью вследствие рисков обла-

дают и долины. На вершине склона продуктивность ниже, чем на его верхней части, вследствие отсутствия уклона [17]. Что касается экспозиции склона, то ее влияние различно в разных типах климата. Если климат прохладный, то наибольшей продуктивностью обладают склоны с южной ориентацией, а наименьшей – восточной и северной (урожай подвержен колебаниям). В случае жаркого климата подходящими считаются склоны восточной и северной ориентации, поскольку на южных и западных склонах возможен перегрев [10].

Для получения данных по рельефу была использована программа QGIS Desktop 2.18 Las Palmas и проделаны следующие шаги.

1. Выбор растровых картографических данных с тематическим почвенным наполнением и их привязка (метод трансформации: сплайн – более 100) [18].
2. Оцифровка тематического слоя с учетом данных ВСЕГЕИ.
3. Выбор буферной зоны вокруг исследуемых станций и обрезка цифровой модели рельефа (ЦМР) по ней (ЦМР: NASA SRTM3 SRTMGL1) [19].
4. Создание слоя положения на склоне (с помощью Топографического индекса позиции (ТПИ), который в зависимости от значения среднеквадратического отклонения в окрестности 500 м от точки показывает местоположение в рельефе наибольшее значение у гребня, наименьшее – у долины), слоя уклонов склонов и слоя с данными по ориентации склонов (с помощью Terrain Analysis SAGA GIS 6.3) [20].
5. Классифицирование каждого тематического слоя по баллам от 0 до 5.
6. Создание итогового растра с помощью инструмента «Взвешенное наложение» с классами пригодности участков земель для виноградарства на основе ранее переклассифицированных классов.

Инструмент «Взвешенное наложение» из-за округления до целых чисел занижает значения продуктивности, поэтому показатели были получены с каждого слоя по отдельности.

Для расчета интегрального показателя продуктивности винограда требуется провести нормирование каждой характеристики. Поскольку при увеличении значения всех показателей продуктивность растет, то для нормирования исходных параметров следует использовать неубывающую кусочно-степенную функцию [21]:

$$q_i = q_i(x_i) = \begin{cases} 0, & x_i \leq \min_i \\ \left(\frac{x_i - \min_i}{\max_i - \min_i} \right)^\lambda, & \min_i < x_i < \max_i \\ 1, & x_i \geq \max_i \end{cases} \quad (1)$$

В качестве \min_i принимается нулевой показатель, \max_i составляет 5 баллов, изменение линейно, поэтому λ (характер и степень выпуклости функции) равна 1. Продуктивность меняется от нулевой или низкой (балл равен 0 или 1 – по нормированным значениям от 0 до 0,2) до высокой (балл выше 4 до 5 или от 0,8 до 1). Средняя продуктивность оценивается от 2 до 3 баллов (нормированное значение 0,4-0,6), ниже средней – от 1 до 2 баллов (0,2-0,4), выше средней – от 3 до 4 баллов (0,6-0,8).

Интегральный показатель продуктивности винограда (ИППВ) определяется с использованием линейной свертки нормированных равновесных значений критериев [21]:

$$\text{ИППВ} = \sum_{i=1}^n w_i \times g_i \quad (2),$$

где w_i – вес каждого показателя.

Для апробации модели, построенной на основе качественной оценки влияния агроэкологических факторов, сорта были разделены по средним значениям урожайности на следующие группы: низкая, средняя, высокая и очень высокая урожайность, на основе оценки урожайности по Лазаревскому [22]. Данные урожайности были взяты из источников [13, 23, 24] для сортов западной, восточной эколого-географической группы и группы бассейна Черного моря и из источников [25-27] для межвидовых и внутривидовых гибридов.

В таблице 1 приведены градации значения урожайности, сопоставимые с интегральным показателем продуктивности винограда, для каждой группы сортов.

Таблица 1 – Сопоставление интегрального показателя продуктивности винограда с фактическими значениями урожайности для разных групп сортов

ИППВ	Сорта с низкой урожайностью	Сорта со средней урожайностью	Сорта с высокой урожайностью	Сорта с очень высокой урожайностью
Низкая, ц/га (ИППВ 0-0,2)	< 30	< 30	< 40	< 70
Ниже средней, ц/га (ИППВ 0,2-0,4)	31-40	31-50	41-70	71-100
Средняя, ц/га (ИППВ 3 балла)	41-50	51-70	71-100	101-130
Выше средней, ц/га (ИППВ 4 балла)	51-60	71-100	101-130	131-160
Высокая, ц/га (ИППВ 5 баллов)	> 60	> 100	> 130	> 161

Обсуждение результатов. Анапа относится к умеренно влажному району с очень жарким летом (рассчитано по методике Шашко [1] за период 1991-2015 по данным ВНИ-ИГМИ-МЦД [16]), редкими морозами (1 случай в год с минимальными температурами ниже -15°C) и еще более редкими заморозками за период с апреля по сентябрь. Среднесуточные температуры воздуха выше 0°C – почти круглый год (350 дней), период вегетации длится 290 дней, а активной вегетации – 210 дней. В среднем за год атмосферных осадков выпадает достаточно, а за период апрель-сентябрь – ниже необходимого количества. Самые длительные периоды с осадками ниже 1 мм в среднем составляют 34 дня, что является причиной почвенной и атмосферной засухи.

В таблице 2 приведены значения погодных параметров исследуемых лет. Для параметров «сумма активных температур вегетационного периода, сумма атмосферных осадков вегетационного периода и количество дней с температурой ниже -1°C с апреля по октябрь» были проставлены баллы согласно модели. В случае абсолютного минимума температуры воздуха баллы не были указаны, так как в каждый год параметр оценивался отдельно для каждой группы сортов по морозоустойчивости на 0 или 5 баллов.

Таблица 2 - Погодные условия на участке исследований, г. Анапа

Год	Сумма температур выше +10°C, °C (балл)	Сумма осадков за вегетационный период, мм (балл)	Количество дней с температурой ниже -1°C с апреля по октябрь (балл)	Абсолютный минимум температуры воздуха, °C
2007	4186,1 (5)	165,4 (2)	0 (5)	-12,3
2008	4242,1 (5)	239,8 (4)	0 (5)	-14,1
2009	4096,8 (5)	193 (3)	0 (5)	-12,7
2010	4455,9 (5)	298,4 (5)	0 (5)	-16,5
2011	3661,3 (5)	201,6 (2)	2 (3)	-11,2
2012	4367,7 (5)	148,9 (2)	0 (5)	-20
2013	4238,2 (5)	510,5 (4)	0 (5)	-8,9
2014	4093,9 (5)	433,9 (5)	2 (3)	-16,6
2015	3979,5 (5)	244,6 (4)	0 (5)	-19

Для группы не устойчивых к морозам сортов винограда в целом по погодным условиям худшими годами были 2007 и 2012, лучшим – 2013; для сортов с низкой устойчивостью худшим был 2012 год, лучшими – 2008 и 2013; для сортов со средней устойчивостью худшим – 2012 год, а лучшим был 2010; с повышенной устойчивостью – худшим стал 2011, лучшим – 2010 год.

По почвенно-морфологическим характеристикам исследуемая территория получила следующие оценки: черноземные почвы – 5 баллов, юго-западная экспозиция – 5 баллов, положение на склоне – 4 балла, крутизна – 4 балла.

По формулам 1 и 2 были получены интегральные показатели продуктивности винограда (ИППВ) для каждого года (табл. 3).

Таблица 3. Интегральный показатель продуктивности винограда на территории Ампелографической коллекции за период 2007-2015 г., г. Анапа

Год	Значение ИППВ при оценке параметра морозоустойчивости на 0 баллов	Значение ИППВ при оценке параметра морозоустойчивости на 5 баллов
2007	0,75 – выше средней	0,88 – высокая
2008	0,80 – выше средней	0,93 – высокая
2009	0,78 – выше средней	0,90 – высокая
2010	0,83 – высокая	0,95 – высокая
2011 *	0,83 – высокая	0,83 – высокая
2012	0,75 – выше средней	0,88 – высокая
2013 *	0,83 – высокая	0,93 – высокая
2014	0,78 – выше средней	0,90 – высокая
2015	0,80 – выше средней	0,93 – высокая

* В 2011 и 2013 гг. для всех сортов абсолютный минимум не был критичным, поэтому ИППВ одинаков.

Результаты апробации модели показали завышение качественной оценки продуктивности, особенно в 2012 году, когда урожай был низким или отсутствовал, а по расчетам ИППВ показывал продуктивность выше средней или высокую для сортов с повышенной устойчивостью к морозам.

Для 21 сорта модель показала хорошие результаты (характеристика ИППВ совпала с характеристикой фактической урожайности в пяти и более случаях из девяти), в остальных случаях результаты были неудовлетворительные. На рисунке показано количество сортов для каждого значения совпадений ИППВ с фактической урожайностью.

При оценке результатов по морозоустойчивости модель лучше всего проявила себя для сортов винограда со средней устойчивостью к морозам (12 сортов с совпадением ИППВ в 5 и более случаях против 14), хуже всего – для сортов со слабой устойчивостью (4 удовлетворительных результата против 12 неудовлетворительных).

Если рассматривать сорта по эколого-географическим группам, то модель более всего подходит для внутривидовых гибридов (8 сортов против 4), хуже всего – для сортов восточной эколого-географической группы (2 против 10).

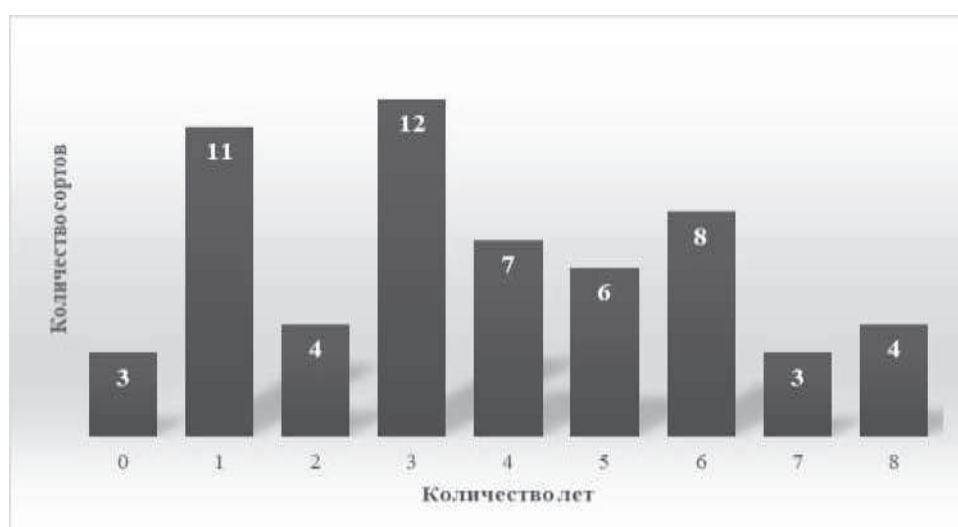


Рис. 1. Соотношение количества сортов с совпадениями ИППВ и урожайности по количеству лет.

Отдельно стоит отметить результаты для межвидового гибрида Надежда АЗОС, поскольку при подборе места посадки для этого сорта можно использовать данную модель в исходном виде, так как кроме совпадения качественной оценки продуктивности с фактической в восьми из девяти лет, ранжированные от большего к меньшему значения ИППВ совпадали с ранжированными значениями урожайности в семи из девяти случаев, за исключением 2013 года. Результат в 8 совпадений ИППВ и фактической урожайности также показали два межвидовых гибрида Августин и Молдова, и сорт восточной эколого-географической группы Карабурну.

Выводы. Апробирована описательная балльная модель-классификация продуктивности винограда, основанная на восьми агроэкологических факторах (сумма активных температур воздуха за период вегетации, абсолютный минимум температуры за год и ниже -1°C в период с апреля по октябрь, сумма атмосферных осадков за период вегетации, экспозиция и крутизна склона, положение на склоне и тип почвы), в условиях г. Анапа (Анапская ампелогографическая коллекция).

Апробация показала удовлетворительный результат для более трети сортов, особенно для внутривидовых гибридов, и лучший – для трех межвидовых гибридов. В целом, было получено завышение значений интегрального показателя продуктивности винограда (ИППВ), что указывает на необходимость доработки модели с учетом влияния погодных условий в отдельные фазы вегетации на виноградное растение, а также с использованием количественных параметров продуктивности.

Литература

1. Мищенко, З.А. Агроклиматология: учебник / К.: КНТ, 2009. – 512 с.
2. Петров, В.С. Агроэкологическое зонирование территории Краснодарского края для культуры винограда / В.С. Петров, Г.Ю. Алейникова // Виноделие и виноградарство. 2018. № 1. С. 4-11.
3. Caprio, J.M. Weather conditions associated with grape production in the Okanagan Valley of British Columbia and potential impact of climate change / J.M. Caprio, H.A. Quamme // Canadian Journal of Plant Science. – 2002. – 82 (4). – pp. 755-763.
4. Jones, G.V. Climate Influences on Grapevine Phenology, Grape Composition, and Wine Production and Quality for Bordeaux, France / G.V. Jones, R.E. Davis // American Journal of Enology and Viticulture. 2000. – Vol. 51, No. 3. – pp. 249-261.

5. Koufos, G. Viticulture – Climate Relationships in Greece and Impacts of Recent Climate Trends: Sensitivity to " Effective " Growing Season Definitions / G. Koufos, T. Mavromatis, S. Koundouras, N.M. Fyllas // *Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics, Springer Atmospheric Sciences.* – 2012. – pp. 555-561.
6. Szenteleki, K. Climatic risk factors of Central Hungarian grape growing regions / K. Szenteleki, M. Ladanja, M. Gaal, G. Zanathy, Jy. Bisztray // *Applied ecology and anvironmental research.* – 2002. – 10(1). – pp 87-105.
7. Tomasi, D. Grapevine Phenology and Climate Change: Relationships and Trends in the Veneto Region of Italy for 1964–2009 / D. Tomasi, G.V. Jones, M. Giust, L. Lovat, F. Gaiotti // *Am J Enol Vitic.* – 2011. - № 62. – pp. 329-339.
8. Незнаева, А.М. Почвенно-экологические факторы, определяющие рост, развитие и качество винограда // *Научный журнал КубГАУ.* – 2007. – №32(8). – С. 1-6.
9. Магомедов, Г.Г. Почва как фактор среды произрастания винограда / Г.Г. Магомедов, Е.С. Магомедова // *Известия Самарского научного центра РАН.* 2014. Т.16. № 1(4). С. 1096-1098.
10. Мищенко, З.А. Учет микроклимата при размещении виноградников и садов / Кишинёв: Штиинца, 1986. 104 с.
11. Магомедова, Е.С. Условия произрастания винограда как факторы, обуславливающие его практическую ценность / Е.С. Магомедова, Г.Г. Магомедов // *Известия Самарского научного центра РАН.* 2011. Т.13, № 1(4). С. 871-873.
12. Дмитриев, В.В. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. III. Интегральная оценка устойчивости почвы и наземных геосистем / В.В. Дмитриев, А.Н. Огурцов // *Вестник СПбГУ.* 2014. Сер. 7, № 4. С.114-129.
13. Энциклопедия виноградарства: в 3-х томах / Гл. ред. А.И. Тимуш; ред. коллегия А.С. Субботович и др. Кишинев: Гл. ред. Молд. Сов. Энциклопедии, 1986. – Т.2. Карантин-Пыльник. 504 с.
14. Малтабар, Л.М., Биология и экология винограда / Л.М. Малтабар, Н.В. Матузок, О.Е. Ждамарова [и др.]. Краснодар; КубГАУ, 2013. 122 с.
15. Джонсон, Х. Вино: Атлас мира / Х. Джонсон, Д. Робинсон. – М: Издательство Жигульского. 2003, 352 с.
16. Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Гидрометеорологической информации – Мировой Центр Данных [Электронный ресурс], URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 20.09.17).
17. Пигольцина, Г.Б. Радиационные факторы мезо- и микроклимата / СПб: СПбГЛТА, 2003. 200 с.
18. Почвенно-экологический атлас Краснодарского края / А.С. Виднов, А.М. Середин, И.Т. Трубилин, В.Н. Тюрин [и др.]. Краснодар, 1999. 20 с.
19. Earth Science Data Systems (ESDS) [Электронный ресурс], URL: <https://earthdata.nasa.gov/> (дата обращения: 29.10.17).
20. Topographic Position and Landforms Analysis. Andrew D. Weiss, The Nature Conservancy [Электронный ресурс], URL: http://www.jennessent.com/downloads/tpi-poster-tnc_18x22.pdf (дата обращения: 15.10.17).
21. Хованов, Н.В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците / СПб, 1996. 196 с.
22. Лазаревский, М.А. Сорты винограда / Москва, 1956. – 426 с.
23. Энциклопедия виноградарства: в 3-х томах / Гл. ред. А.И. Тимуш; ред. коллегия А.С. Субботович и др. Кишинев: Гл. ред. Молд. Сов. Энциклопедии, 1986. Т.1. А-Карабурну. 512 с.
24. Трошин, Л.П. Сорты винограда юга России: Учебное пособие / Л.П. Трошин, П.П. Радчевский, А.И. Мисливский. – Краснодар: РИЦ «Вольные мастера», 2001. 192 с.
25. Нудьга, Т.А. Сорты винограда. Методические рекомендации / Т.А. Нудьга, М.А. Сундарева, А.И. Талаш. – Краснодар: ГНУ Северо-Кавказский зональный НИИ садоводства и виноградарства, 2009. 64 с.
26. Каталог сортов винограда, выведенных во ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко и интродуцированных в результате международного сотрудничества. Ростов н/д: изд-во СКНЦ, 2003. 100 с.
27. Радчевский, П.П. Бессемянные сорта винограда / П.П. Радчевский, Л.П. Трошин. Краснодар: Кубан. гос. аграр. ун-т, 2008. 160 с.