

УДК 634.8

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ВИНОГРАДНЫХ НАСАЖДЕНИЙ DIGITALIZATION IN VINEYARDS' MONITORING

В.А. Орлов, А.А. Лукьянов, С.С. Михайловский

Анапская зональная опытная станция виноградарства и виноделия – ФГБНУ «Северо-кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», e-mail: azos.viv@yandex.ru; azos@mail.ru

V.A. Orlov, A.A. Lukyanov, S.S. Mikhailovsky

Anapa Zonal Experimental Station of Viticulture and Winemaking – Branch of the Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making», Anapa, Russian Federation, e-mail: azos.viv@yandex.ru; azos@mail.ru

Аннотация. Анализ цифровых решений в области виноградарства в разных странах показал, что практически все современные информационные технологии нашли свое применение, крупные корпорации совместно с научными учреждениями активно предлагают новые подходы в системе мониторинга прецизионного виноградарства с целью улучшения качества виноградной продукции, ее безопасности на принципах экологичности и устойчивого развития. Цифровизация в системе мониторинга виноградных насаждений включает разноплановые задачи – учет агробιοлогических и фенологических показателей сортообразцов и плантаций при маршрутно-полевых исследованиях виноградных насаждений, сбор пространственных данных отбора почвенных проб, проведение инвентаризации. Для каждого случая требуются свои цифровые инструменты, с разным набором полей и функций для сбора, анализа и визуализации данных. Их разработка и внедрение в исследовательскую работу АЗОСВиВ позволяет сотрудникам значительно оптимизировать свою работу, повышается достоверность данных в сортоизучении, почвенных исследований виноградопригодных земель и ряда других направлений научного виноградарства. Ключевой эффект от использования цифровой технологии агроучетов состоит в получении результатов расчета урожайности различных сортов винограда в реальном времени, в группировке данных в виде единого информационного массива на основе автоматизированной кодификации сортов. Автоматизированная система учета агробιοлогических и фенологических показателей сортов винограда позволила решить ряд исследовательских и организационных задач в полевых условиях с использованием смартфона и телекоммуникационной сети интернет.

Summary. The analysis of digital solutions in the field of viticulture in different countries showed that almost all modern information technologies have found their application, large corporations, together with scientific institutions, are actively proposing new approaches to the monitoring system of precision viticulture in order to improve the quality of grape products, their safety on the principles of environmental friendliness and sustainable development. Digitalization in the monitoring system of vineyards includes diverse tasks – taking into account agrobiological and phenological accounting of variety sample grape and plantations during field studies of vineyards, collecting spatial data on soil sampling, and conducting an inventory. Each case requires its own digital tools, with a different set of fields and functions for collecting, analyzing and visualizing data. Their development and implementation in the research work of AZESV&W allows employees to significantly optimize their work, increase the accuracy of data in variety studies, soil studies of vineyard lands and a number of other areas of scientific viticulture. The key effect of using the digital technology of agricultural accounting is to obtain the results of calculating agrobiological accounting and the yield of various grape varieties in real time, grouping data in the form of a single information array based on automated codification of varieties. An automated system of agrobiological and phenological accounting of grape varieties made it possible to solve a number of research and organizational tasks in the field using a smartphone and the Internet.

Ключевые слова: цифровизация виноградников, мониторинг виноградников, кодификатор, виноградное насаждение, сортообразец, агробиологический учет, точное виноградарство, дистанционное зондирование виноградника

Keywords: digital viticulture, vineyard monitoring, codifier, vineyard, variety sample grape, agrobiological accounting, precision viticulture, remote sensing vineyard

DOI: 10.32904/2712-8245-2023-25-116-124

Введение. Цифровизация в системе мониторинга виноградных насаждений позволяет решать разнообразные задачи – ампелографического учета, сбора данных при почвенных исследованиях для микрозонирования участков виноградопригодных полей, проведения инвентаризации виноградных насаждений, оценки погодных условий по данным автоматизированных метеостанций, вести календарь агротехнических работ, использовать данных дистанционного зондирования земли для анализа терруарных свойств и др. В зависимости от задачи разрабатываются цифровые инструменты, с разным функционалом для сбора, анализа и визуализации данных. Разработка программного инструментария строится на основе доступных программных средств и платформ интернет для мобильных устройств и компьютеров в системе мониторинга виноградных насаждений на основе цифровых технологий пространственного позиционирования, кодификации, сбора, обработки и анализа данных, спутниковых изображений и геоинформационных систем в соответствии с законом «О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации» [1]. Разработка и внедрение цифровых инструментов для оперативного сбора и обработки научных данных в системе мониторинга виноградных насаждений в режиме реального времени и пространственного позиционирования на основе мобильных устройств является в последнее десятилетие стало ведущим трендом. Современные информационные технологии и методы дистанционного зондирования Земли позволяют создавать системы мониторинга ампелоценозов с высокой степенью достоверности, оперативности и автоматизации сбора данных.

Целью данной работы является анализ использования цифровых инструментов в системе мониторинга ампелоценозов для маршрутно-полевых исследований ампелографических коллекций и геоинформационных технологий в автоматизированной системе поддержки принятия решений виноградаря.

Применение технологий цифрового мониторинга виноградных насаждений начинается с 80-х годов XX века ведущими винодельческими компаниями. Команда исследователей винодельни Роберта Мондави с 1982 года в партнерстве с учеными Исследовательского центра Эймса НАСА в Напе (Калифорния, США) стали применять космические снимки для мониторинга виноградников и компьютерную обработку больших массивов информации по изменениям в химическом составе почв, силы роста лозы, микроклимата, экспозиции склонов и микрорельефа для изучения свойств терруаров, которые влияют на характеристики винограда. С 2002 года на виноградниках компании стали применять мобильные сетевые GPS-устройства для автоматизированного определения созре-

вания винограда и передачи данных уборочным бригадам [2]. По многоспектральным спутниковым данным специалисты винодельческой компании ведут мониторинг созревания ягод, выявляют признаки заболеваний, определяют химический состав и влажность почвы [3]. В Корнеллском университете (Cornell University) для виноградарей на основе смартфона разработали систему распознавания и подсчета количества гроздей на виноградных кустах, если для четырех кустов при визуальном подсчете получалось от 237 до 300 гроздей, то в системе распознавания значение составило 320 гроздей [4]. В Австралии создана полнофункциональная система мониторинга виноградников Терравью, которая в режиме реального времени дает прогноз о заморозках, засухе, урожайности, контролирует выбросы парниковых газов [5]. Кафедрой виноградарства и эннологии Людвигсхафенского университета бизнеса и общества (Германия) проведено исследование цифровой трансформации винодельческих предприятий малого и среднего бизнеса по трем направлениям: а) оценке созревания и качества ягод; б) логистике полевых работ и визуализации процессов; в) анализу многолетних цифровых баз данных – погоды, сроков созревания винограда, болезней, способов обработки, урожаев и др., которые были сформированы в массивы больших данных и проанализированы программами искусственного интеллекта в системах поддержки принятия решений виноградаря [6].

Благодаря информационным системам и технологиям беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), спутниковой съемки, проксимальных датчиков для сельского хозяйства создаются автоматизированные системы поддержки принятия решений (DSS) виноградаря на основе смартфона в системе реального времени и пространственного геопозиционирования. Эти технологии являются базой точного виноградарства в комплексе с инструментами мониторинга – дистанционное/проксимальное зондирование, машины с переменной скоростью, робототехника, DSS и сеть датчиков [7, 8]. Опыт использования БПЛА в виноградарстве считается среди прочих технологий цифровизации наиболее перспективным. Разработана и испытана технология автоматизированного нейросетевого детектирования признаков ухудшения состояния виноградных растений, которая позволяет в течение суток вести мониторинг до 2,5 га виноградных насаждений и получать данные о состоянии виноградника по изображению листьев. Данная технология заявлена как базис для реализации системы поддержки принятия решений по защите и профилактике винограда от болезней и вредителей [9].

Основой точного (прецизионного) виноградарства является сбор данных с помощью проксимальных (удаленных) датчиков. Данные формируются в электронные таблицы для их агрономической оценки и графической интерпретации в форме графиков и диаграмм для использования в машинах с технологией дифференцированного расхода (VRT), которые могут выполнять предписанные действия в автоматическом режиме. Такие машины оснащены ISOBUS-терминалами, которые способны контролировать выполняемые процессы и осуществлять технологические регулировки машин в зависимости от склады-

вающихся условий – вида вносимых удобрений, их качества, размеров гранул, контуров обрабатываемых участков, рельефа поля, погодных условий и ряда других факторов [10].

Проведённый анализ цифровых решений в области виноградарства в разных странах показал, что практически все современные информационные технологии нашли свое применение. Крупные корпорации совместно с научными учреждениями активно предлагают новые подходы в системе мониторинга прецизионного виноградарства с целью улучшения качества виноградной продукции, ее безопасности на принципах экологичности и устойчивого развития.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования являются виноградные насаждения Анапского и Темрюкского районов. Основные методы – это маршрутно-полевые исследования почвенных характеристик виноградных насаждений, их верификация и статистическая обработка по космическим снимкам Sentinel-2, формирование почвенных, картографических, ампелографических, ампелоклиматических и ампелозэкологических баз данных средствами современных информационных технологий и телекоммуникационных сетей. Цифровой мониторинг проводили методом получения снимков среднего разрешения на различных стадиях вегетации винограда по нормализованным индексам вегетации растительности и влажности. Аналитическая обработка реальных физических и химических показателей в системе мониторинга виноградных насаждений по технологии больших данных проводилась на основе формирования временных рядов статистических данных для более чем 3700 сортов образцам виноградной лозы.

Обсуждение. В Краснодарском крае 65 виноградарских хозяйств и 150 субъектов малого предпринимательства [11]. Развитие виноградарства наиболее интенсивно идет в Анапском и Темрюкском районах, здесь значительные площади сельскохозяйственных земель заняты виноградниками. Поэтому для дальнейшего успешного развития отрасли в этих районах в системе мониторинга виноградарства на базе АЗОСВиВ создаются цифровые инструменты для ампелографических исследований, сбора почвенных данных, оценки вегетационных индексов по космоснимкам, картографирования виноградников и виноградопригодных земель. Современные интернет-платформы и информационные ресурсы позволяют оперативно создавать цифровые инструменты в системе мониторинга виноградников под конкретную задачу практически любого уровня – от сбора полевых данных до управления всем виноградным насаждением. В системе мониторинга мы определили 4 этапа цифровой трансформации деятельности станции – первый этап состоял в разработке приложения для смартфона при агробиологическом, фенологическом и инвентаризационном учете сортов образцов Анапской ампелографической коллекции (ААК) с координатной привязкой в картах Google на платформе для облачных таблиц AppSheet. Запись ампелографических показателей при полевых исследованиях в облачную базу электронных таблиц позволяет в режиме реального времени получить расчетные значения коэффициентов плодоношения и плодоносности,

проценты развившихся и плодоносных побегов, расчетную урожайность с куста на смартфон. На основе международной системы дескрипторов OIV была разработана программа для автоматического буквенно-цифрового шифрования сортообразцов в коллекции (рисунок 1). С помощью смартфона сортообразец можно идентифицировать в полевых условиях и просмотреть его ампелографические характеристики [12]. Применение данного цифрового инструмента для ведения баз данных по агробиологическим и фенологическим учетам, инвентаризации сортообразцов Анапской ампелографической коллекции позволило группировать данные по одному или нескольким признакам за различные временные периоды.

1	Сорт	Адрес	603 Направление использовани я	629 Срок созревания	Экологогеогр афическая группа EGG	225 Окраска кожицы	Средняя масса грозди, грамм	Описание сорта	QR-код
2									
3	Аттика	_5-8-3_	кишмишно-изюмный	очень раннее	внутривидовый гибрид	темнокрасно-фиолетовая	750	https://vinograd.info/so	
4	Белградский бессемянный	_4-6-2_	кишмишно-изюмный	среднее	сложный гибрид	зелено-желтая	505	http://ampelos.azosviv.i	
5	Ванесса сидлис	_5-2-5_	кишмишно-изюмный	среднее	межвидовой гибрид	розовая	210	https://vinograd.info/so	
6	Венус	_5-8-2_	кишмишно-изюмный	раннее	Vitis vinifera L.	сине-черная	250	https://vinograd.info/so	
7	Гленора сидлис	_5-2-2_	кишмишно-изюмный	среднее	Vitis vinifera L.	темнокрасно-фиолетовая	0	https://vinograd.info/so	
8	Жемчуг Анапы (Кишмиш белый АЗОС)	_4-1-3_	кишмишно-изюмный	среднее	внутривидовый гибрид	зелено-желтая	538	http://ampelos.azosviv.i	
9	Кишмиш 342	_5-2-6_	кишмишно-изюмный	очень раннее	межвидовой гибрид	зелено-желтая	400	https://vinograd.info/so	
10	Кишмиш Ваткана	_4-2-5_	кишмишно-изюмный	среднее	orientalis antasiatica	темнокрасно-фиолетовая	420	http://ampelos.azosviv.i	
11	Кишмиш дербентский	_4-8-3_	кишмишно-изюмный	среднее	межвидовой гибрид	розовая	300	https://vinograd.info/so	
12	Кишмиш запорожский	_6-11-3_	кишмишно-изюмный	очень раннее	Vitis vinifera L.	темнокрасно-фиолетовая	750	http://ampelos.azosviv.i	
13	Кишмиш лучистый	_5-4-3_	кишмишно-изюмный	среднее	внутривидовый гибрид	розовая	585	http://ampelos.azosviv.i	
14	Кишмиш Молдавский	_4-2-4_	кишмишно-изюмный	позднее	межвидовой гибрид	сине-черная	792	http://ampelos.azosviv.i	
15	Кишмиш розовый АЗОС	_4-1-2_	кишмишно-изюмный	среднее	внутривидовый гибрид	розовая	565	http://ampelos.azosviv.i	
16	Кишмиш теракли	_4-12-4_	кишмишно-изюмный	среднее	аборигенный	сине-черная	275	https://vinograd.info/so	
17	Коринка русская	_6-3-6_	кишмишно-изюмный	очень раннее	внутривидовый гибрид	зелено-желтая	280	http://ampelos.azosviv.i	

Рисунок 1. Фрагмент программы кодификатора сортообразцов

Автоматизированная система кодификации сортообразцов позволяет оперативно проводить анализ в базе данных ААК по направлению сортоизучения. При работе с программой существенно возрастает качество эксперимента и сокращается интерпретация результатов. Ключевой эффект от использования разработанной системы состоит в объединении агроучетных, феноучетных и инвентаризационных данных в виде единого информационного массива, что позволяет проводить анализ временных рядов сортообразцов и их групп.

Второй этап внедрения цифровых инструментов состоит в разработке ампелографических, ампелоклиматических, ампелоэкологических баз данных на основе геоинформационных систем (ГИС). Данная технология позволяет решать задачи определения границы виноградных участков; создания цифровых паспортов виноградников на основе технологических карт с привязкой к электронной карте; получения многомерной параметрической модели местности, в которой растет виноградник (экосреда, лимитирующие факторы окружающей среды); моделирования климатических многолетних циклов, определения вероятности экстремальных проявлений погоды в данной местности – заморозков, затяжной весны, засухи, града и в какой степени они могут повлиять на виноградники в разной стадии вегетации; моделирования роли ландшафтных характеристик в формировании погодных аномальных перепадов температур, промерзания почвы, гидрологического режима территории – выпадение осадков, распределение влаги, поверхностный сток, внутрепочвенный сток, почвенных характеристик, например, процесс усвоения растениями основных элементов питания в течении 3–5 лет после внесения удобрений; разработки оптимальных схем посадок в зависимости от ландшафтно-почвенных и климатических условий. Для этой цели используются как отечественные разработки ГИС Полис, так и международные со свободной лицензией SAGA, QGIS и др. На рисунке 2 представлены окна программы для смартфона по учету почвенных проб с координатной привязкой на местности, фотофиксацией почвенного профиля и других характеристик местности.

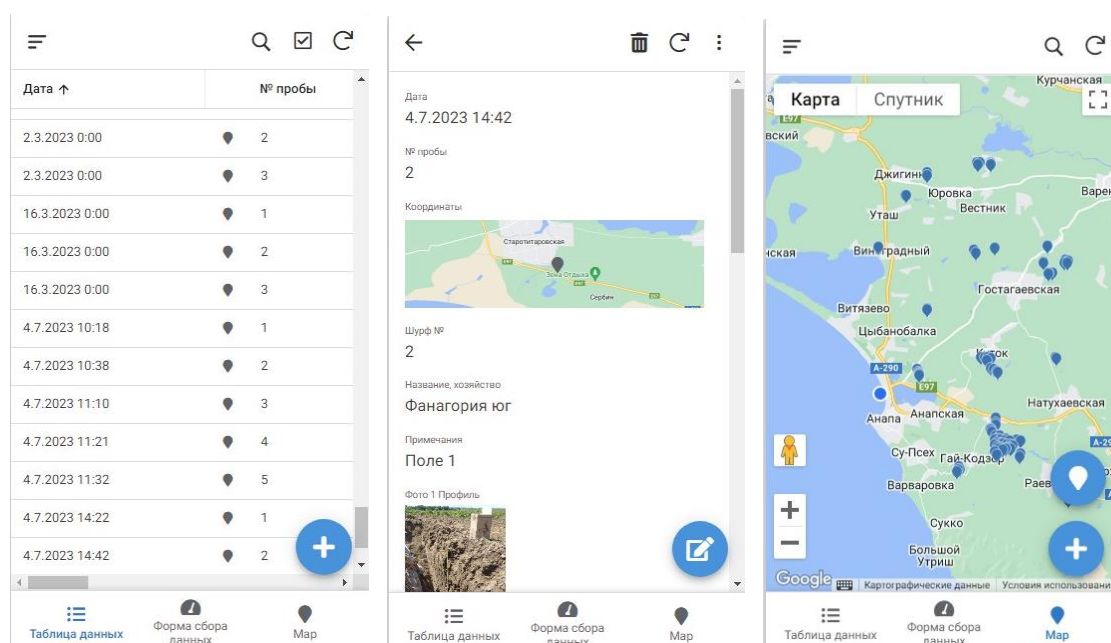


Рисунок 2. Программа для координатной привязки и фотофиксации почвенных проб с помощью смартфона

Третий этап в системе мониторинга виноградных насаждений строится на использовании космоснимков Sentinel-2 и программы SNAP для отслеживания сезонных изменений с периодичностью 5–10 дней. По спектральным характеристикам спутниковых изображений рассчитываются разнообразные индексы вегетации, что позволяет оценивать силы роста виноградных кустов на конкретном участке виноградного насаждения, а в сочетании с данными индекса влажности почвы позволяет оперативно выявить отклонения в их развитии. На рисунке 3 представлены синтезированные космические снимки виноградных насаждений на фоне изображения местности в значениях вегетационных индексов NDVI. На изображении слева показано поле без насаждений в 2018 году, на котором определены пять почвенных участков и поле с насаждениями винограда на 15 августа 2023 года. На правом изображении в NDVI показаны – школка, ампелоколлекции. Разнообразные вегетационные индексы виноградных насаждений, полученные по мультиспектральным космическим снимкам, позволяют исследовать градиенты почвенных характеристик и виноградных насаждений в зависимости от факторов среды и агротехники.

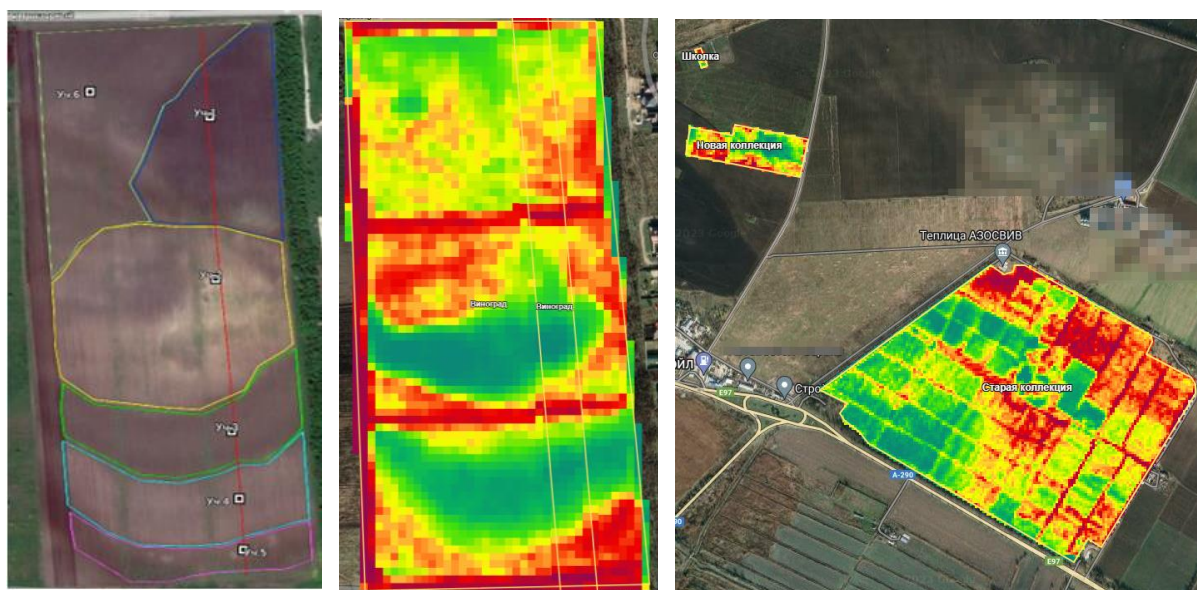


Рисунок 3. Синтез космических снимков различных спектральных и временных диапазонов

В четвертый этап цифровизации системы мониторинга планируется разработать автоматизированную систему принятия решений виноградаря, которую интегрируются все цифровые инструменты предыдущих трех этапов и дополняются модули анализа и моделирование оценочных признаков терруарных свойств виноградопригодных земель. В пользовательском варианте это может быть приложение для смартфона.

Выводы. Реализация комплексного подхода внедрения цифровых инструментов в системе мониторинга виноградных насаждений Краснодарского края обеспечит оперативной и достоверной информацией научные, админи-

стративные организации, виноградарские хозяйства в систематизированном и наглядном виде. В рамках практического использования цифровых инструментов в системе мониторинга ААК и ампелоценозов АЗОСВИВ полностью реализован первый и второй этапы, в стадии разработки третий этап и как перспективная разработка – четвертый этап. Опыт цифровой трансформации в системе мониторинга ААК может быть без дополнительных затрат ресурсов и времени, на основе существующего информационного обеспечения использован научными виноградарскими организациями и хозяйствами.

В системе цифрового мониторинга специалисты и фермеры получают круглосуточный доступ к различным базам данных, результатам комплексной обработки данных зондирования земли и маршрутно-полевых исследований виноградных насаждений. Цифровые инструменты позволяют автоматизировать операции сбора данных на виноградниках, снизить время обработки данных и интерпретировать их в удобном для виноградаря виде для принятия производственных решений в оптимальные сроки.

Литература

1. Орлов В.А. Лукьянов А.А. Цифровая трансформация полевых исследований в Анапской ампелографической коллекции // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 101. С. 140–148. DOI 10.21515/1999-1703-101-140-148.
2. Gismondi A., Robert Mondavi – A space age wine company. May 18, 2003 URL: <http://gismondionwine.com/blog/robert-mondavi-a-space-age-wine-company/> (дата обращения: 29.06.2023).
3. NASA researchers are helping growers improve wine quality by using remote-sensing technology to scan vineyards from high above California. NASA/Ames Research Center. "NASA Scans Vineyards From Above To Help Growers." ScienceDaily. Retrieved August 13, 2022 URL: <http://www.sciencedaily.com/releases/2001/09/010903092914.htm> (дата обращения: 29.07.2023).
4. Новое приложение для смартфонов предскажет урожайность виноградников раньше и точнее. Федеральный Журнал Агробизнес. Ежедневное интернет-издание о сельском хозяйстве и агробизнесе. г. Краснодар, 2021 г. [Электронный ресурс] // URL: https://agbz.ru/news/novoe-prilozhenie-dlya-smartfonov-predskazhet-urozhaynost-vinogradnikov-ranshe-i-tochnee/?sphrase_id=1728212 (дата обращения: 17.08.2022).
5. Smart Irrigation and Pruning Practices Reduce Heat Wave Impact on Yields // July 24, 2021 URL: <https://www.terraviva.co/vineyard-reduce-heat-wave-impact/> (дата обращения: 17.08.2022).
6. Dressler M, Paunovic I. Sensing Technologies, Roles and Technology Adoption Strategies for Digital Transformation of Grape Harvesting in SME Wineries. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 2021; 7(2):123. <https://doi.org/10.3390/joitmc7020123>.
7. State of the Art of Monitoring Technologies and Data Processing for Precision Viticulture / M. Ammoniaci, S-P. Kartsiotis, R. Perria, P. Storchi // Agriculture. 2021; 11(3):201. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030201>.
8. Smart applications and digital technologies in viticulture: A review Citation DataSmart Agricultural Technology, 2021 ISSN: 2772-3755, Vol: 1, Page: 100005.
9. Кузнецов П.Н. Котельников Д.Ю., Воронин Д.Ю. Технология автоматизированного мониторинга состояния виноградника // Аграрная наука. 2023. № 3. С. 109–116.
10. Кокунова И.В., Григорьева В.А. Цифровые решения для разбрасывателей минеральных удобрений // Современное состояние и инновационные технологии в развитии АПК

и сельских территорий : Материалы Региональной научно-практической конференции, Великие Луки, 24 февраля 2022 года. Великие Луки: Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. С. 64–69.

11. Власенко В.П., Быкова М.В. Методология оценки виноградопригодности почв (земель) и способы отображения их в градостроительной документации на примере земель Анапо-Таманской зоны Краснодарского края // Московский экономический журнал. 2022. Т. 7. № 9. DOI 10.55186/2413046X_2022_7_9_553.

12. Орлов В.А., Лукьянов А.А. Цифровые инструменты агробиологического и фенологического учета Анапской ампелографической коллекции. Аграрная наука. 2023; 367(2): С. 100–105.