

ЦИФРОВИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ЭЛЕМЕНТЫ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИНОГРАДНЫХ АГРОЦЕНОЗОВ

Алейникова Г.Ю., канд. с-х. наук, Руссо Д.Э., канд. с-х. наук,

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

Реферат. В статье представлена информация касательно цифровизации сельского хозяйства и разработанным в СКФНЦСВВ элементам цифровых технологий для проектирования виноградных насаждений. Разработанное программное обеспечение для проектирования виноградных насаждений автоматизирует процесс расчета при разработке проектно-сметной документации закладки виноградных насаждений, а также повышает производительность труда за счет сокращения временных издержек. Карта ресурсного потенциала агртерритории Краснодарского края для культуры винограда и параметры однородных территорий являются основой для создания устойчивых высокоадаптивных саморегулирующихся ампелоценозов, эффективного использования почвенно-климатических ресурсов в продукционном процессе насаждений, функционально направленного производства винограда и винопродукции, увеличения срока жизни насаждений винограда, улучшения качества и повышение конкурентоспособности отечественной продукции виноградарства.

Ключевые слова: виноград, базы данных, проектирование виноградных насаждений, карта ресурсного потенциала

Summary. The article provides information on the digitalization trend of agriculture and the elements of digital technologies developed at NCFSCHVW for the design of vine plantations. The developed software for the design of vine plantations automates the calculation process when developing design estimates for laying grape plantations, and also increases labor productivity by reducing time costs. A map of the resource potential of the agricultural territory of the Krasnodar Territory for grape culture and the parameters of homogeneous territories are the basis for creating sustainable highly adaptive, self-regulating ampelocenoses, efficient use of soil and climatic resources in the production process of plantings, functionally directed production of grapes and wine products, and an increase in the life of plantings grapes, improve the quality and increase the competitiveness of domestic wine production.

Keywords: grapes, databases, design of vineyards, resource potential map

Введение. Согласно распоряжению Правительства РФ от 28 июля 2017 г. N 1632-р об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации» «Умный сад» – это программно-аппаратный комплекс, позволяющий по конкретному целеполаганию автоматизировать и упростить управление различными технологическими процессами при возделывании плодово-ягодных культур. При этом используются цифровые технологии - дискретные системы, основанные на методах кодировки и передачи информации, позволяющие совершать множество разноплановых задач за кратчайшие промежутки времени.

В настоящее время большой интерес к цифровым технологиям в сельском хозяйстве наблюдается во всем мире. Большая часть рынка (около 53%) сосредоточена в Северной Америке, что во многом связано с высокой заинтересованностью умными инновациями со стороны фермеров США.

Научные исследования в сфере цифрового сельского хозяйства ведутся учеными разных стран [1-5]. Мировые тенденции использования цифровых технологий в сельском хозяйстве направлены на автоматизацию технологических процессов с использованием:

- сенсоров и датчиков;
- навигационных датчиков ГЛОНАСС/GPS;
- беспилотных летательных аппаратов;
- беспилотных транспортных средств;
- IoT-платформ.

Посредством цифровых технологий можно автоматизировать такие аспекты сельскохозяйственной деятельности, как:

- мониторинг состояния растений и окружающей среды;
- мониторинг автотранспорта и сельхозтехники;
- выполнение технологических операций (БПЛА и БПТС);
- хранение и переработка сельхозпродукции;
- управление технологическими процессами.

В области сельского хозяйства существует довольно широкий ряд как отечественных, так и зарубежных программ, которые конкурируют между собой, не добиваясь при этом абсолютного лидерства [6-11]. Программное обеспечение, помогающее осуществлять управление сельскохозяйственным производством, можно разделить на следующие основные группы:

- Управленческое программное обеспечение, работающее с электронной картой поля и привязанной к ней базой данных (ГИС).
- Программное обеспечение для обмера полей и отбора почвенных проб в поле. Устанавливается на КПК или полевом ноутбуке.
- Программное обеспечение для создания карт.
- Программное обеспечение для мониторинга техники в сельском хозяйстве.
- Программное обеспечение для мониторинга состояния растений и окружающей среды.
- Программное обеспечение для контроля нормы воды при орошении, расхода пестицидов и агрохимикатов.
- Программное обеспечение для мониторинга хранения сельскохозяйственной продукции.
- Бухгалтерское программное обеспечение.

В виноградарстве применение цифровых технологий и концепции «Умный сад» должно начинаться с рационального размещения сельскохозяйственных культур. При использовании космического зондирования потенциал земельного участка используется по максимуму с минимальными финансовыми затратами на дополнительные средства по улучшению плодоношения. При этом учитываются сложности рельефа (доступность водоемов, изрезанность рельефа, крутизна и экспозиции склонов), особенности почв (различные типы и вероятность их коррозии) и климатические показатели (влажность воздуха, абсолютные минимум и максимум температур и т.д.) [12-17].

Использование датчиков и сенсоров обеспечивает мониторинг текущего состояния всех необходимых показателей. Данные приборы непрерывно передают информацию о состоянии объектов, находящихся на вверенной территории. Помимо абиотических факторов, они могут учитывать и состояние самих растений: уровень здоровья, наличие пара-

зитов и заболеваний, степень созревания плодов и т.д. По результатам показателей агрономы смогут вынести верные решения о расположении культур на определенных участках, вовремя проводить полив, опрыскивание и прополку сорняков. Совсем недавно в России на базе Всероссийского НИИ биологической защиты растений начали вести работу по диагностике болезней, вредителей и сорняков на основе анализа данных, полученных в результате наземных и дистанционных измерений агроэкосистем. Решение задачи осуществляется путем проведения наземных, авиационных и космических измерений.

После анализа площадей при посадке саженцев использование беспилотных транспортных средств, например, дронов, поможет быстрее провести работу, более точно расположить посадочный материал в почве (автоматический расчет расстояния между растениями при знании их среднего размера) и меньше повреждать его техникой. При этом дрон отмечает точное расположение растений на карте, передавая данные на компьютер агронома, точные координаты помогут предотвратить путаницу в располагаемых сортах и дать точную схему их расположения.

На виноградниках, где располагаются уже взрослые плодоносящие культуры, забота о прополке и вскапывании переходит на беспилотные транспортные средства типа «трактор». Механизмы такого типа можно использовать в окучивании растений (с помощью лазерных сканеров, которые они используют для движения и выполнения задач, машины могут достичь высокой точности в обработке почвы, что снизит повреждения растений, что так часто встречается при быстром рыхлении земли с помощью обычных тракторов человеком), прополке сорняков, опрыскивании.

Применение беспилотных транспортных средств типа «трактор», позволяют снизить затраты на обслуживающий персонал с одной стороны, а с другой позволит уменьшить влияние человеческого фактора (усталость, ошибки, нормированность рабочего дня) на рабочий процесс. Отсутствие кабины (или оператора как такового) в таком тракторе позволяет осуществлять новые амбициозные конструкторские решения, связанные с его размером и формой. Например, он может быть меньшего размера или иметь меньший вес, что улучшит его проходимость в поле и минимизирует негативное влияние на почву. Над созданием беспилотных сельскохозяйственных машин работают как мировые флагманы механизации для аграриев John Deere, Autonomous Tractor Corporation и Case IH Magnum, так и в России – Cognitive Technologies. Российской компанией совместно с «Ростсельмаш» был запущен беспилотный комбайн, оснащённый системой автоматического вождения Cognitive Agro Pilot. Также фирма провела экспериментальную апробацию беспилотного трактора АгроБот. Необходимо отметить важность научных разработок с учётом «умных» (информационных) технологий в области сельскохозяйственного машино- и приборостроения, проводимых в научных учреждениях нашей страны: инженерным центром ВНИИС, отделом механизации ВСТИСП и агроинженерным центром ВИМ, непосредственно для нужд садоводства (Измайлов и др., 2013; Хорт, Смирнов, 2017).

Сенсоры, размещенные вблизи растений, постоянно передают информацию о состоянии окружающей среды на платформу «Интернета вещей». Компьютер принимает решение о поливе, основываясь на показателях почвы (например, влажности) и осадках, и дает точное количество необходимой воды, избегая возникновения эрозии. Беспилотные опрыскиватели действуют согласно заданной программе, что способствует сохранению целостности почвенного покрова и спасает его от пагубных коррозионных эффектов.

Датчики регулярно и непрерывно снимают показатели о вредителях, поврежденных листьях, болезнях растений. Получая данные на свой компьютер, агроном принимает решение об опрыскивании, что с помощью БПЛА можно проводить, не меняя графиков полива и исключая контакт работника с вредными для человеческого организма смесями.

Одним из способов использования датчиков также может послужить система отслеживания движения. Известно, что весомый урон урожаю и состоянию садов и виноградников могут нанести различные животные и птицы. Датчики движения помогут решить и данную проблему. Расставляя по территории отпугиватели, которые будут включаться только при приближении какого-либо животного заданных размеров, поможет вовремя среагировать на те или иные опасности. Никакого вреда окружающей среде, нетронутый урожай, здоровые растения.

Во время созревания урожая датчики, сенсоры и дроны помогают следить за состоянием урожая, степенью созревания и т.д. Передавая данные на компьютер, они помогают агроному определить время снятия урожая.

Во время хранения урожая замеры влажности и температуры в складских помещениях проводятся по графику или в режиме реального времени также с помощью датчиков. Настройка сенсоров под индивидуальные особенности культуры позволяет хранить плоды еще дольше. Малейшие изменения в воздухе, появление первых признаков гниения обнаруживаются быстрее, нежели человеческими органами чувств, даже если урожай хранится в большом количестве, например, в огромных контейнерах. Своевременное обнаружение загнивающих продуктов предотвратит полную потерю хранящегося урожая.

За всей работой на форме помогает следить система IoT – Internet of Things, «Интернет вещей». Каждая единица большой техники, датчики, сенсоры, отпугиватели внесены в данную систему и отображается на мониторе компьютера или на экране планшета. В режиме реального времени можно наблюдать, что происходит в той или иной части территории, даже если она находится за несколько километров от агронома. Решения на место неполадки также передаются моментально, без затрат на время соединения мобильных устройств. Если беспилотная техника находится в поле, то достаточно отдать команду беспилотному трактору. Таким образом, виноградник находится под постоянным наблюдением в любое время суток, в любую погоду. Контролируется вся техника, которая используется на территории: текущее местоположение, скорость передвижения, количество топлива, ход работы и т.д. Все объекты, находящиеся на территории виноградных насаждений, передают информацию, которую для наглядности можно представить в виде интерактивной карты. Все нововведения располагают к удобному ведению хозяйства в режиме реального времени, что позволит повысить производительность в 3-5 раз.

Объекты и методы исследований. Объекты исследований – почвенно-климатические условия территории Краснодарского края, эмпирические данные почвенных анализов, сорта винограда различного эколого-географического происхождения.

Современные методы программирования и информационных технологий легли в основу методологии исследований. При решении поставленных задач использовался комплексный подход, на основе методов информационных технологий, математического анализа. В составлении баз данных использовались эмпирические данные, ранее полученные в Северо-Кавказском федеральном научном центре садоводства, виноградарства, виноделия [18-19].

Обсуждение результатов. В настоящее время в Северо-Кавказском федеральном научном центре садоводства, виноградарства, виноделия в сфере информационных (цифровых) технологий разработано программное обеспечение для автоматизированного расчета проектно-сметной документации закладки многолетних насаждений (рис. 1), а также

разработана карта ресурсного потенциала агротерритории Краснодарского края, выделены однородные зоны и подзоны для ведения высокопродуктивных ампелоценозов, определены их параметры.

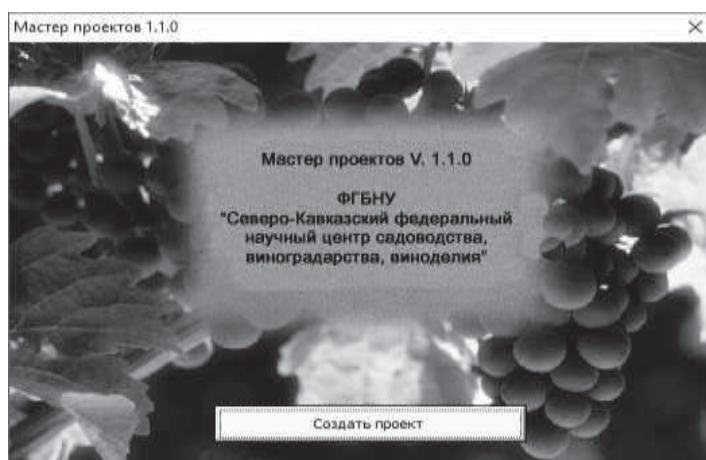


Рис. 1. Окно приветствия программы «Мастер проектов»

Цель создания программного обеспечения вызвана практической необходимостью автоматизации процесса расчета при разработке проектно-сметной документации при закладке виноградных насаждений, а также повышением производительности труда за счет сокращения временных издержек.

Разработка любого проекта осуществляется на основании технического задания. В разработанном ПО используется пошаговый алгоритм введения данных для минимизации возникновения ошибки при расчете проектной документации. Выходными данными является файл в формате Microsoft Excel с готовыми таблицами для печати документа (рис. 2).

**Сводный сметный расчет
на закладку и уход за виноградными насаждениями для
за закладку и уход ...**

№ п/п	Наименование работ	Наименование глав, работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб. (в ценах 1994 года)				Пересчет общей сметной стоимости в ценах на 8 квартал 2015 г. тыс. руб.	
			Строительных работ	Вспомогат. работы	Оборудование	Прочие затраты		
1	2	3	4	5	6	7	8	
Глава 1. Подготовка территории								
1	Объектная смета (№1)	Подготовка почвы	8,13	8,8	0,0	8,8	8,13	2130,00
2		Итого по главе 1:	8,13	8,8	0,0	8,8	8,13	2130,00
Глава 2. Основные объекты строительства								
3	Объектная смета (№2)	Возделка насаждений	11,88	0	0	0	11,88	11880
3	Объектная смета (№3)	Уход за насаждениями	98,85	0	0	0	98,85	98850
4		Итого по главе 2:	110,73	0	0	0	110,73	1107300
5		Итого по главе 1, 2:	118,86	8,8	0	8,8	118,34	1128600

Калькуляция | Расчет 1 | Лос. смета №1-1 | Лос. смета №1-2 | Лос. смета №1-3 | Лос. смета №1-4 | Лос. смета №1-5 | Об.Смета №1 | Сводный расчет | Прочие сметы | Разделителем

Рис. 2. Готовый документ для печати

Аналогичные программные продукты в различных отраслях зачастую не являются полноценным решением и имеют большое количество недостатков. Наш программный продукт разработан на объектно-ориентированных языках программирования с использованием баз данных для получения закрытого для пользователя исходного кода и исключения стороннего вмешательства. Алгоритм работы программы представлен на рисунке 3.

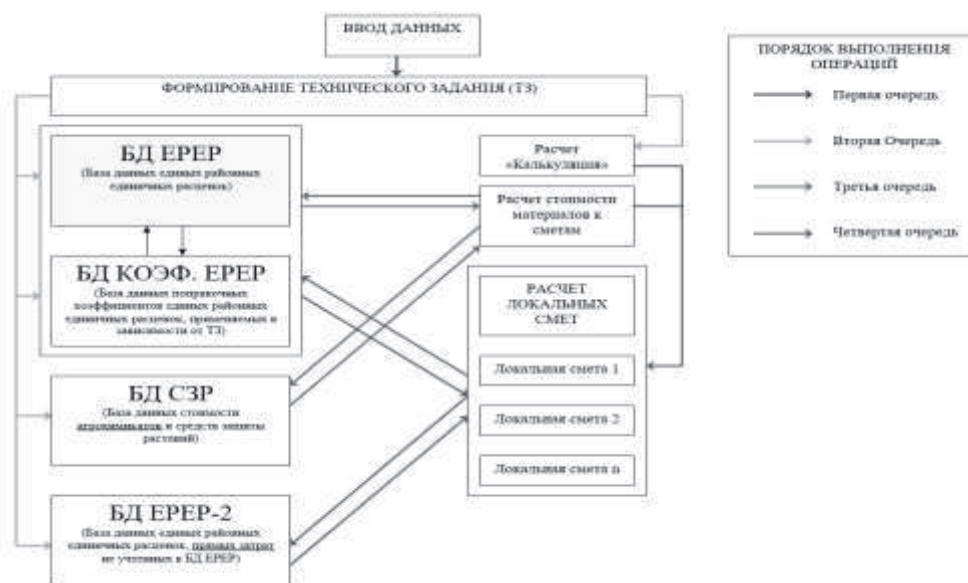


Рис. 3. Алгоритм работы программы

В лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах СКФНЦСВВ для целей проектирования виноградных насаждений и зонирования агротерритории созданы и зарегистрированы базы данных [18-20]. Кроме того, сформирована карта ресурсного потенциала агротерритории Краснодарского края для культуры винограда, составлена критериально-параметрическая модель агротерритории (рис.4) [21-22].



Рис. 4. Карта ресурсного потенциала агротерритории Краснодарского края для культуры винограда

Практическое использование карты ресурсного потенциала агротерритории Краснодарского края для культуры винограда может дать такие ожидаемые эффекты как повышение эффективности использования почвенно-климатических ресурсов в производственном процессе винограда; увеличение продуктивности насаждений; улучшение качества продукции; продление продуктивного срока жизни насаждений; снижение себестоимости продукции виноградарства; повышение конкурентоспособности отечественного виноградарства.

Выводы. Разработанное программное обеспечение автоматизирует процесс расчета при разработке проектно-сметной документации закладки виноградных насаждений, а также повышает производительность труда за счет сокращения временных издержек.

На основании однородности почвенно-климатических показателей выделено 5 макророзн и 47 подзон виноградарства. Составленная карта агроэкологического зонирования территории Краснодарского края и параметры выделенных зон и подзон являются основой для создания устойчивых высокоадаптивных саморегулирующихся ампелоценозов, эффективного использования почвенно-климатических ресурсов в производственном процессе насаждений, функционально направленного производства винограда и винопродукции, увеличения срока жизни насаждений винограда, улучшения качества и повышение конкурентоспособности отечественной продукции виноградарства.

Разработанные Базы данных, Программное обеспечение и Карта ресурсного потенциала агротерритории являются элементами цифровых технологий для виноградарства. Работу в этом направлении следует продолжать. Для успешного внедрения цифровых технологий в сельское хозяйство и создания программно-аппаратного комплекса «Умный сад» еще необходимо решить ряд задач:

1. Научно обосновать и разработать методологию использования цифровых технологий (сенсоров и датчиков, беспилотных летательных аппаратов и транспортных средств) в виноградарстве.
2. Разработать критериально-параметрические модели (или регламенты) применения средств мониторинга и автоматизации для контроля параметров в реальном времени и оперативного управления технологическими процессами в виноградарстве.
3. Создать научные базы данных, лежащие в основе сельскохозяйственного программного обеспечения.
4. Разработать алгоритмы принятия управленческих решений с учетом почвенно-климатических условий территории возделывания, специфики культуры и сортамента.

Литература

1. Савин И. Ю., Вернюк Ю. И., Фараслис И. Возможности использования беспилотных летательных аппаратов для оперативного мониторинга продуктивности почв // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2015. – №. 80.
2. Измайлов А. Ю. и др. Актуальные проблемы создания новых машин для промышленного садоводства // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – №. 3. – С. 20-23.
3. Хорт Д. О., Смирнов И. Г. Интеллектуальные машинные технологии в садоводстве // Таврический вестник аграрной науки. – 2017. – №. 1. – С. 119-126.
4. Ramkumar. E, Nagarani. S, Roger Rozario A. P, Arjuman Banu S. Tomen: A Plant monitoring and smart gardening system using IoT // International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2018. Vol. 119, № 7. P. 703-710.
5. Okayama T. Future Gardening System — Smart Garden // Journal of Developments in Sustainable
6. Hamid El Bilali, Mohammad Sadegh Allahyari Transition towards sustainability in agriculture and food systems: role of information and communication technologies – Information Processing in Agriculture, Available online 2 July 2018 <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.06.006>

7. Birgit W. and other Accuracy assessment of the global TanDEM-X Digital Elevation Model with GPS data/ Birgit Wesse, Martin Huber, Christian Wohlfart, Ursula Marschalk, Detlev Kosmann, Achim Roth// ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 139, May 2018, Pages 171-182 <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.02.017>
8. Zhongxin Chen Chapter and other 7 - Agricultural Remote Sensing and Data Science in China/ Zhongxin Chen, Haizhu Pan, Changan Liu, Zhiwei Jiang//Transforming Government and Agricultural Policy Using Artificial Intelligence, 2018, Pages 95-108 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812443-7.00007-7>
9. Benjamin F. and other Robust digital control for autonomous skid-steered agricultural robots/ Benjamin Fernandez, Pedro Javier Herrera, Jose Antonio Cerrada// Computers and Electronics in Agriculture, Volume 153, October 2018, Pages 94-101 <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.07.038>
10. Aggelopoulou K. D. Soil spatial variability and site-specific fertilization maps in an apple orchard / K.D.Aggelopoulou, D. Pateras, S. Fountas, T.A. Gemtos // Precision Agriculture. – 2011. – Vol. 12, Issue 1. – p. 118-129.
11. Fernández J.E. Irrigation scheduling from stem diameter variations: A review / J.E. Fernández, M.V. Cuevas // Agricultural and Forest Meteorology. – 2010. – Volume 150. – p. 135–151.
12. Casadesús Jaume. A general algorithm for automated scheduling of drip irrigation in tree crops / Jaume Casadesús, Mercè Mata, Jordi Marsal, Joan Girona // Computers and Electronics in Agriculture. – 2012. – Vol. 83. – p. 11-20.
13. Richard G. Allen. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56 / Richard G. Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith. – Roma: FAO, 1998. – 300 p.
14. Rosell J.R. A review of methods and applications of the geometric characterization of tree crops in agricultural activities / J.R. Rosell, R. Sanz // Computers and Electronics in Agriculture. – 2012. – Vol. 81. – p. 124-141.
15. Hovhannisyan T. Creation of a digital model of fields with application of DJI phantom 3 drone and the opportunities of its utilization in agriculture/ T.Hovhannisyan, P.Efendyan, M.Vardanyan//Annals of Agrarian Science, Volume 16, Issue 2, June 2018, Pages 177-180 <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2018.03.006>
16. Yanbo H. Agricultural remote sensing big data: Management and applications/ Yanbo Huang, Zhong-xin CHEN, Tao YU, Xiang-zhi HUANG, Xing-fa GU//Journal of Integrative Agriculture, Volume 17, Issue 9, September 2018, Pages 1915-1931, [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61859-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61859-8)
17. Xuan Pham, Martin Stack How data analytics is transforming agriculture//Business Horizons, Volume 61, Issue 1, January–February 2018, Pages 125-133, <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.09.011>
18. Свидетельство о регистрации базы данных № 2017620691. База агроклиматических показателей мест произрастания винограда на территории Краснодарского края за период 1977-2016 гг. / В.С. Петров, Г.Ю. Алейникова, Л.В. Богатырева. – 2017620408, заявлена 03.05 2017 г., зарегистрирована 29.07.2017 г.
19. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2019614485. Программное обеспечение автоматизации расчета технико-экономического обоснования закладок многолетних насаждений / Д.Э. Руссо, С.В. Васькевич, Н.Я. Мироненко– 2019613174, заявлена 27.03.2019 г., зарегистрирована 05.04.2019 г.
20. Свидетельство о регистрации базы данных № 2018620924. База параметров применения макро- и микроудобрений на культуре винограда в зависимости от почвенно-климатических зон Краснодарского края / Д.Э. Руссо, А.А. Красильников. – 2018620537, заявлена 07.05 2018 г., зарегистрирована 26.06.2018 г.
21. Алейникова, Г.Ю. Агроэкологическое зонирование территории Краснодарского края для культуры винограда/ Петров. В.С., Алейникова Г.Ю. //Виноделие и виноградарство. 2018. №1. С. 4-11
22. Алейникова, Г.Ю. Зонирование территории Краснодарского края для устойчивого виноградарства/ Алейникова Г.Ю. [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. №53(5). С 51-57. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/18/05/05.pdf>