

Научная статья

Original article

УДК 630*228

DOI 10.55186/25880209_2024_8_6_19

**ЦИФРОВИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ И ДИСТАНЦИОННЫЙ
МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УЧЕБНО-
ОПЫТНОМ ХОЗЯЙСТВЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО ГАУ ШПАКОВСКОГО
МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ**

DIGITALIZATION OF LAND USE AND REMOTE MONITORING OF THE
STATE OF WINTER WHEAT IN THE EDUCATIONAL AND EXPERIMENTAL
FARM OF THE STAVROPOL STATE AGRARIAN UNIVERSITY OF THE
SHRAKOVSKY MUNICIPAL DISTRICT OF THE STAVROPOL TERRITORY



Лошаков Александр Викторович, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой землеустройства и кадастра, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, (355017 Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. +7(928) 637-98-56, ORCID: 0000-0002-0897-3099, E-mail: alexandrloshakov@mail.ru

Одинцов Станислав Владимирович, кандидат географических наук, доцент, кафедра землеустройства и кадастра, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, (355017 Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. +7(928) 955-73-26, ORCID: 0000-0001-9576-5230, E-mail: qwer20052008@mail.ru

Иванников Дмитрий Игоревич, старший преподаватель, кафедра землеустройства и кадастра, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, (355017 Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д.

12), тел. +7(918) 751-95-69, ORCID: 0000-0002-8999-1319, E-mail: dim4061ipatovo@mail.ru

Ожередова Алена Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, (355017 Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. +7(968) 266-06-25, ORCID: 0000-0001-6038-6409, E-mail: alena.gurueva@mail.ru

Loshakov Alexander Viktorovich, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Department of Land Management and Cadastre, Stavropol State Agrarian University, (355017 Russia, Stavropol, trans. Zootechnical, 12), tel. +7(928) 637-98-56, ORCID: 0000-0002-0897-3099, E-mail: alexandrloshakov@mail.ru

Odintsov Stanislav Vladimirovich, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Land Management and Cadastre, Stavropol State Agrarian University, (355017 Russia, Stavropol, trans. Zootechnical, 12), tel. +7(928)955-73-26, ORCID:0000-0001-9576-5230, E-mail: qwer20052008@mail.ru

Ivannikov Dmitry Igorevich, Senior Lecturer, Department of Land Management and Cadastre, Stavropol State Agrarian University, (355017 Russia, Stavropol, lane. Zootechnical, 12), tel. +7(918) 751-95-69, ORCID: 0000-0002-8999-1319, E-mail: dim4061ipatovo@mail.ru

Ozheredova Alyona Yuryevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, (355017 Russia, Stavropol, lane. Zootechnical, 12), tel. +7(968) 266-06-25, ORCID: 0000-0001-6038-6409, E-mail: alena.gurueva@mail.ru

Аннотация. Дистанционный мониторинг состояния озимой пшеницы, а также цифровизация и картографическое обеспечение современного использования сельскохозяйственных угодий под посевы культур в севообороте различных хозяйств является актуальной и специфичной проблемой, так как применение

современных технических инструментов требует наличия обученных специалистов. Использование космоснимков, применение беспилотных летательных аппаратов и современных систем навигации позволяет получить современные цифровые инструменты по актуальному использованию земель в сельском хозяйстве для последующей интерпретации данной информации в специализированном сервисе. В статье рассматривается актуальная методика цифровизации использования земель под посеvy сельскохозяйственных культур и результаты дистанционного мониторинга состояния озимой пшеницы на основе применения БПЛА и актуальных космоснимков.

Abstract. Remote monitoring of the condition of winter wheat, as well as digitalization and cartographic support for the modern use of agricultural land for crops in the crop rotation of various farms is an urgent and specific problem, since the use of modern technical tools requires trained specialists. The use of satellite images, the use of unmanned aerial vehicles and modern navigation systems allows you to obtain modern digital tools for the actual use of land in agriculture for the subsequent interpretation of this information in a specialized service. The article discusses the current methodology for digitalizing the use of land for crops and the results of remote monitoring of the state of winter wheat based on the use of UAVs and current satellite images.

Ключевые слова: *озимая пшеница, сельскохозяйственные угодья, использование земель, мониторинг сельскохозяйственных культур.*

Keywords: winter wheat, agricultural land, land use, crop monitoring.

Землепользование расположено на высоте 500-550 м над уровнем моря. Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным мощным среднегумусным тяжелосуглинистым, характеризующимся средним содержанием гумуса (5,4%), нитратного азота (28 мг/кг), подвижного фосфора (26 мг/кг по Мачигину) и обменного калия (290 мг/кг). Показатель рН почвы опытного участка находится в пределах 6,1–6,8.

Почвы – одно из важнейших природных ресурсов рассматриваемой территории. Среди обыкновенных черноземов выделяются в небольшом количестве подтипы выщелоченных и солонцеватых черноземов.

Черноземы имеют серовато-черную окраску и значительную мощность гумусового горизонта (80-100 см). Эти почвы наиболее плодородны, так как лучше промыты, вредные для растений соли здесь залегают глубоко. Формирование их происходило под богатой разнотравно-злаковой растительностью с глубокой корневой системой, что отразилось на мощности почв и глубине проникновения органического вещества.

В целях проведения работ для получения аэрофото данных используется беспилотный летательный аппарат самолётного типа Геоскан 201 Агро (Двухчастотный/трехсистемный бортовой GNSS-приемник с антенной (L1-L2, GPS/ГЛОНАСС/BeiDou)) это функциональный летательный комплекс, предназначенный для мониторинга Земной поверхности.

Основная научная задача его использования состоит в том, что бы получить высококачественные снимки земель сельскохозяйственного назначения и провести мониторинг состояния посевов озимой пшеницы. Для этого составляется план полетного задания, далее проводится съемка земельного участка пашни, пастбища и обрабатываются полученные материалы. По предварительным полетным испытаниям за один полет, снимается до 1000 гектаров.

В процессе выполнения аэрофотосъемки планирование и управление полета осуществляется в программном продукте ГеоСкан Планер версии 2.8.

В программе производится проектирование полетного задания площадной и линейной аэрофотосъемки, а также для видеонаблюдения и работы с различными видами полезной нагрузки. Оператор также использует функции подключения к БПЛА, подготовки к полету, различные действия в течение полета и первичная обработка данных после приземления.

Получаем серию из 200 – 300 снимков высокого пространственного разрешения, на которых, следует отметить, видны не только однородные по составу насаждения, но и несомкнувшиеся культуры.

Далее в камеральных условиях проводится обработка полученных данных в программе Agisoft Metashape – это автономный программный продукт, который выполняет фотограмметрическую обработку цифровых изображений и генерирует 3D-пространственные данные для использования в ГИС-приложениях, документации по культурному наследию и производстве визуальных эффектов, а также для косвенных измерений объектов различного масштаба.

Для поиска общих точек Metashape использует алгоритм, который сначала находит «особые» точки на отдельных фотографиях. Потом на основе уникальных идентификаторов – дескрипторов – точки отождествляются. Если точка опознана на двух и более кадрах, она становится соответствием.

После этого следует выравнивание кадров, оно же – фототриангуляция. Этот процесс реализован с помощью алгоритма Bundle Block Adjustment, в основе которого лежит метод наименьших квадратов. Bundle Block Adjustment – это интерпретация способа связок, самого строгого метода решения фототриангуляции. В расчет могут быть включены координаты точек привязки и проекции маркеров на кадре. Всем параметрам можно задать веса – масштаб их участия в расчете.

Следующим этапом является оцифровка сшитых снимков аэрофотосъемки и получение цифровых карты сельскохозяйственных угодий по средством векторизованное и представление границ земель, использующихся в сельском хозяйстве: пашни, пастбища, сенокосы, фруктовые сады и т. д. В зависимости от целей и имеющихся входных параметров итоговые данные могут содержать следующую атрибутивную информацию: площадь поля, культура, содержание фосфора, калия и прочие агрохимические показатели.

Наличие цифровых карт сельскохозяйственных угодий позволяет внедрять технологии точного земледелия и упрощает процедуру экологической

сертификации, а также позволяет выявлять несовпадения между пашней и кадастром.

В результате работ создается так же цифровая модель местности по сути – это математическое представление и изображение плановых координат и высот того или иного участка местности. Проектные организации анализируют рельеф территории и уже на основе этого выполняются строительные работы.

Ведение мониторинга земель представляет собой совокупность мероприятий по сбору, хранению, обработке и выдаче больших объемов разнообразной информации по каждой исследуемой территории (отдельное хозяйство, район и т. п.). Результаты ведения подобного мониторинга должны содержать сведения о состоянии земельных ресурсов, необходимые и достаточные для принятия управленческих решений в сфере земельных отношений на уровне муниципальных районов и субъектов РФ.

Решение указанных задач мониторинга, на наш взгляд, весьма затруднительно без создания автоматизированной информационной системы мониторинга земель, содержащей в себе все указанные сведения, позволяющие принять правильные управленческие решения и провести их в жизнь. Эффективным инструментом решения задач многофакторного мониторинга земель является геоинформационная система (ГИС), представляющая собой аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и предоставление информации и функционирующий на единой пространственно-координированной основе.

Под векторизацией понимается перевод растрового формата графических данных в векторный формат. Векторизация происходит в ручном режиме. Необходимо поверх растровых объектов нанести аналогичные векторные объекты. Векторизация линий производится ломаной линией (**полилинией / poliline**), площадных объектов - многоугольником (**полигоном / polygon**).

Исходными данными для отрисовки границ полей и мониторинга состояния посевов озимой пшеницы, является аэрофотосъемка с БПЛА Геоскан 201.

После выбора способа отрисовки полей, на картографической части сайта, добавляются несколько дополнительных кнопок:

1. Нарисовать контур;
2. Кадастровый слой.

Если первый нужен непосредственно для отрисовки границ земельных участков и является основным инструментом в работе. Вторая кнопка предназначена для сравнения отрисованных полей. Данная вкладка позволяет сравнить границы отрисованных полей.

Основной инструмент для выделения границы полей **«Нарисовать контур»**, с помощью данного инструмента, мы обводим границу поля по контуру. Для более точной отрисовки границы поля, приближаем карту как можно ближе. Удалит одну или несколько точек можно: щёлкнув мышкой на точку, которую необходимо удалить и нажать **«Delete»**. После завершения поля, нам необходимо совместить последнюю точку с первой, для замыкания контура.

После завершения отрисовки в графе **«Данные поля»**, у нас отображается первая информация по земельному участку. Как можно видеть на рисунке 10, автоматически проставляется нумерация поля и заполняется строка **«Паспортная площадь участка»**, после отрисовки площадь составила 21,06 га. Также есть возможность заполнить дополнительные графы: **«Предшественники»** и **«Культура»**, которая посеяна в данный момент.

Для эффективного планирования и построения трёхмерных моделей местности кроме сведений об объектах на электронных картах необходимо учитывать информацию о рельефе местности. В качестве исходной информации используются точки с измеренными значениями высоты. По набору точек автоматически строятся изолинии рельефа, используя методику триангуляции Делоне и интерполяции значений высот. Рельеф может быть получен и другим способом – полуавтоматической векторизацией горизонталей по сканированному изображению топографических карт. Для дальнейших расчетов рельефа, представленный горизонталями и отметками высот

необходимо преобразовать в матричный формат. Наглядное представление форм рельефа местности обеспечивается с помощью формирования трехмерной модели.

В сельском хозяйстве, по этим данным специалисты выносят решения о том, где лучше высеять ту или иную культуру, какие поля будут находиться на теневой стороне склона, где будут скапливаться сточные воды или существует их недостаток и т.д. С учетом этих принципов формируется структура посевных площадей. В свою очередь, в зависимости от структуры посевных площадей, степени развития эрозионных процессов, характера и крутизны склонов осваивается система рациональных видов севооборотов. Таким образом, информация о крутизне склонов позволяет совершенствовать структуру посевных площадей, а вместе с ней и систему севооборотов, что играет важную роль в противоэрозионной организации территории землепользования.

Применение геоинформационных систем в сельском хозяйстве является инновационным направлением развития аграрной науки. Отображение на спутниковых или снимков полученных с БПЛА ландшафтов, почв и отдельных сельскохозяйственных культур функционально зависит от их состояния. Неоднородность растительного покрова в пределах поля может свидетельствовать о варьировании свойств и типов почв. Выявить такую неоднородность позволяют арифметические операции с отдельными сценами мультиспектрального снимка.

В целях определения индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - нормализованный относительный индекс растительности - простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом).

Данный показатель вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

где,

NIR - отражение в ближней инфракрасной области спектра
RED - отражение в красной области спектра

Согласно этой формуле, плотность растительности (NDVI) в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей.

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные от прочих природных объектов.

При выборе программных средств для обработки спутниковых снимков, важное значение имеют функциональные возможности приложений и условия их использования. Наилучшим по условиям использования является бесплатное полнофункциональное ГИС-приложение Quantum GIS (QGIS). QGIS

Для расчета вегетационных индексов необходимо загрузить в QGIS снимки полученные в режиме канал (красный) и канал (ближний инфракрасный).

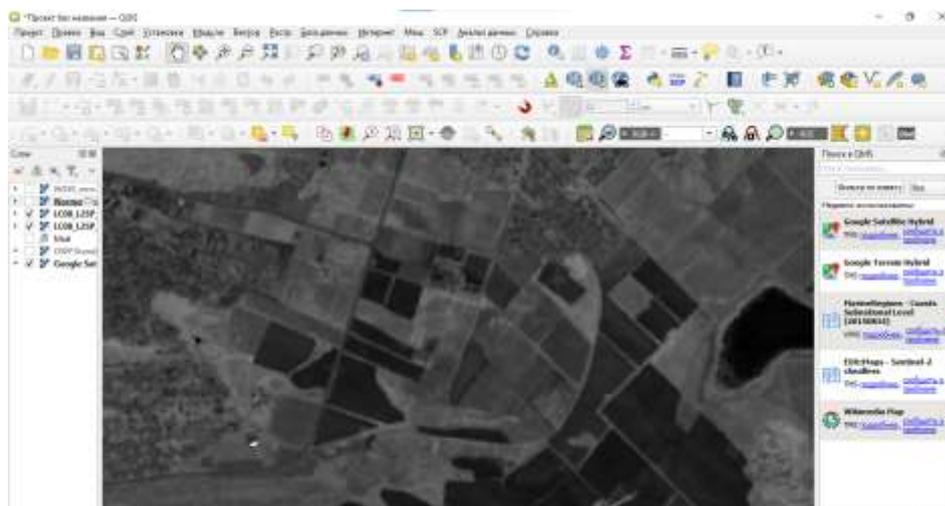


Рисунок 1 – Отображение снимков в красном и инфракрасном спектре

Далее представим цветное исполнение в соответствии с представленной шкалой которое выполняется следующим образом:

1. На панели слоев вызвать свойства слоя NDVI и выбрать вкладку «Стиль»;
2. В разделе «Визуализация» выбрать изображение «Одноканальное псевдоцветное»;
3. Заполнить раздел «Создать цветовую карту» следующим образом: выбрать тип RdYlGn, режим «Равные интервалы», задать число классов равное 10, нажать «Классифицировать». В результате будет заполнено окно цветов, где определенной окраске соответствуют интервалы вегетационного индекса. Затем нажать «Применить» и ОК.

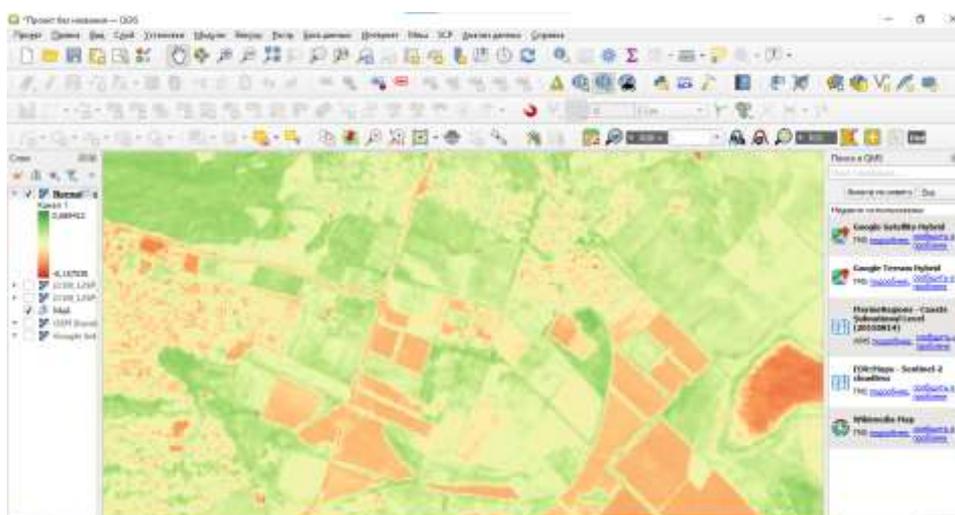


Рисунок 2 – Цветная градация вегетационного индекса

В итоге изображении выглядит цветным. Зеленым выделены поля с густой растительностью, а красные области – это открытые участки почвы или территория не имеющая растительности.

Для компоновки карты в QGIS служит макет. Основные этапы работы макетом заключаются в следующем:

1 Создание макета. В строке меню выбрать Проекты → Создать макет. Окно «Название макета» можно заполнить или оставить пустым для автоматической генерации имени → ОК.

2 Добавление карты в макет. Строка меню макета содержит два пункта «Макет». Команда добавления карты расположена в меню «Макет» между «Вид» и «Атлас». Выбрать первое «Добавить карту». Затем на белом листе удерживая левую кнопку мыши растянуть произвольный прямоугольник.

1 Вызов рамки для добавления карты

2 Нанесение рамки на лист макета (левой кнопкой мыши).

В результате оформление окончательного варианта карты происходит компоновка. Компоновка карты - расположение рамки карты относительно изображаемой на карте области и размещение названия карты, ее легенды, дополнительных карт и других данных. Итоговое оформление макете карты представлено на рисунке 3.

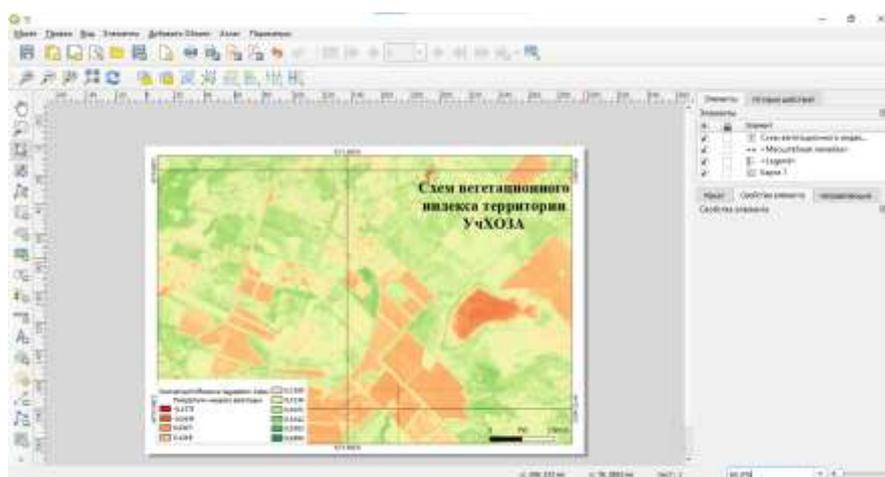


Рисунок 3 – Компоновка карты в разделе «Макет»

Вкладка «Свойства элемента» содержит несколько разделов (Свойства элемента, Границы, Сетки и т.д.). Для настройки определенного свойства нужно нажать на соответствующую кнопку.

Литература

1. Архипов А. Г., Косогор С. Н., Моторин О. А. Цифровая трансформация сельского хозяйства России. М.: Росинфор-магротех, 2019. 80 с.
2. Выбор и размещение сельскохозяйственной культуры с использованием искусственного интеллекта / В. К. Каличкин, Р. А. Корякин, Т. А. Лужных и др. // Достижения науки и техники АПК. 2019. №10. С. 67-70.
3. Голосной, Е.В. Изучение влияния систем удобрения построенных на различных принципах на динамику агрохимических показателей чернозема выщелоченного и продуктивность озимой пшеницы / Е.В. Голосной, М.С. Сигида, А.И. Подколзин, А.Ф. Донцов, В.Г. Сычев, А.А. Куценко // Вестник АПК Ставрополя. – 2016. – № 1 (21). – С. 167-171.
4. Логинов Н. А., Сабирзянов А. М. Разработка методики оперативной оценки состояния посевов озимых культур в ранневесенний период с применением БПЛА // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 4 (51). С. 56-60.
5. Ревякин Е.Л. Ресурсосберегающие технологии: состояние, перспективы, эффективность / Е.Л. Ревякин, А.Т. Табашников, Е.М. Самойленко, В.И. Драгайцев.- М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011.- 156 с.
6. Чулок А. АПК будущего. Взгляд на сельское хозяйство сквозь призму анализа больших данных // Агроинвестор. 2019. № 3.

Literatura

1. Arkhipov A. G., Kosogor S. N., Motorin O. A. Tsifrovaya transformatsiya sel'skogo khozyaistva Rossii. M.: Rosinfor-magrotekh, 2019. 80 s.
2. Vybor i razmeshchenie sel'skokhozyaistvennoi kul'tury s ispol'zovaniem iskusstvennogo intellekta / V. K. Kalichkin, R. A. Koryakin, T. A. Luzhnykh i dr. // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. №10. S. 67-70.
3. Golosnoi, E.V. Izuchenie vliyaniya sistem udobreniya postroennykh na

razlichnykh printsipakh na dinamiku agrokhimicheskikh pokazatelei chernozema vyshchelochennogo i produktivnost' ozimoi pshenitsy / E.V. Golosnoi, M.S. Sigida, A.I. Podkolzin, A.F. Dontsov, V.G. Sychev, A.A. Kutsenko // Vestnik APK Stavropol'ya. – 2016. – № 1 (21). – S. 167-171.

4. Loginov N. A., Sabirzyanov A. M. Razrabotka metodiki operativnoi otsenki sostoyaniya posevov ozimyykh kul'tur v rannevesennii period s primeneniem BPLA // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. T. 13. № 4 (51). S. 56-60.

5. Revyakin E.L. Resursrberegayushchie tekhnologii: sostoyanie, perspektivy, ehffektivnost' / E.L. Revyakin, A.T. Tabashnikov, E.M. Samoilenko, V.I. Dragaitsev.- M.: FGBNU «RosinformagroteKH», 2011.- 156 s.

6. Chulok A. APK budushchego. Vzglyad na sel'skoe khozyaistvo skvoz' prizmu analiza bol'shikh dannykh // Agroinvestor. 2019. № 3.

© Лошаков А.В., Одинцов С.В., Иванников Д.И., Ожередова А.Ю., 2024
International agricultural journal. 2024. №6, 1862-1874

Для цитирования: Лошаков А.В., Одинцов С.В., Иванников Д.И., Ожередова А.Ю. ЦИФРОВИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ И ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УЧЕБНО-ОПЫТНОМ ХОЗЯЙСТВЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО ГАУ ШПАКОВСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ // International agricultural journal. 2024. №6, 1862-1874