

Научная статья  
 УДК 633.11«324»:528.88  
 doi:10.35694/YARCX.2025.72.4.019

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АГРОЦЕНОЗА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

**А. П. Шутко<sup>1</sup>, Н. Н. Глазунова<sup>2</sup>, А. А. Яновский<sup>3</sup>, Н. М. Репало<sup>4</sup>, М. С. Мельник<sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

Автор, ответственный за переписку: Анна Петровна Шутко,  
 schutko.an@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3517-257X

**Реферат.** Методы дистанционного зондирования, в том числе с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), представляют собой современные эффективные методы мониторинга, позволяющие сократить временные и трудовые затраты на его проведение. Цель исследований – разработка эффективного метода дистанционного зондирования посевов озимой пшеницы в осенний период в части определения густоты стояния растений. Густота стояния растений через 30 суток после посева определялась стандартными методами наземного агроскаутинга и дистанционным методом с помощью БПЛА. Авиационная съёмка посевов озимой пшеницы проводилась с помощью беспилотного летательного аппарата DJI Mavic 3 Multispectral, который сочетает в себе две камеры: высокоточный RGB-модуль и мультиспектральный блок, состоящий из четырёх отдельных объективов для различных диапазонов. Расчётная высота полёта над поверхностью всходов для достижения пространственного разрешения 0,3 мм/пиксель составляла 3,47 метра. В рамках подготовки обучающих выборок для задач компьютерного зрения использовался инструмент CVAT (Computer Vision Annotation Tool). Однако при работе в CVAT возникает проблема разметки фотографий вручную из-за отсутствия автоматизации разметки без подключения внешних API, что серьёзно сказывается на скорости разметки датасетов. В результате исследований установлено, что густота стояния растений в расчёте на единицу площади в минимальном и максимальном (нормирующих) диапазонах, определённая стандартными методами наземного агроскаутинга, приведённая к яркости зелёного канала спектрального снимка GNDVI, позволяет обучить нейронную сеть и выстроить калибровочный график прямо пропорциональной зависимости степени окрашивания в зелёный цвет от густоты стояния растений озимой пшеницы.

*Ключевые слова:* озимая пшеница, наземный агроскаутинг, беспилотные летательные аппараты, густота стояния растений, Computer Vision Annotation Tool, разметка цифровых фотографий, спектральное изображение

## USE OF UNMANNED AERIAL TECHNOLOGIES FOR REMOTE SENSING OF WINTER WHEAT AGROCOENOSIS

**A. P. Shutko<sup>1</sup>, N. N. Glazunova<sup>2</sup>, A. A. Yanovskiy<sup>3</sup>, N. M. Repalo<sup>4</sup>, M. S. Mel'nik<sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

Author responsible for the correspondence: Anna P. Shutko,  
 schutko.an@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3517-257X

**Abstract.** Remote sensing methods, including the use of unmanned aerial vehicles (UAVs), are modern effective monitoring methods that reduce the time and labor costs for its implementation. The purpose of the research was to develop an effective method for remote sensing of winter wheat sowings in the autumn period in terms of determining the plant density. The plant density 30 days after sowing was determined by standard methods of ground-based agro-scouting and by remote method using UAVs. Aerial survey of winter wheat sowings was carried out using the DJI Mavic 3 Multispectral unmanned aerial vehicle, which combines two cameras: a high-precision RGB module and a multispectral unit consisting of four separate lenses for different ranges. The estimated flight height above the seedling surface to achieve a spatial resolution of 0.3 mm/pixel was 3.47 meters. As part of the preparation of training samples for computer vision tasks, the CVAT (Computer Vision Annotation Tool) was used. However, when working in CVAT, there is a problem with manual marking of photos due to the lack of automation of marking without connecting external APIs, which seriously affects the speed of marking datasets. As a result of research, it was found that the plant density per unit area in the minimum and maximum (normalizing) ranges, determined by standard ground-based agro-scouting methods, reduced to the brightness of the green channel of the GNDVI spectral image, allows training the neural network and building the analytical curve in direct proportion to the degree of green coloration on the density of winter wheat plants.

*Keywords:* winter wheat, ground-based agro-scouting, unmanned aerial vehicles, plant density, Computer Vision Annotation Tool, digital photo marking, spectral image

**Введение.** В современных системах земледелия принятие технологических решений основывается на результатах мониторинга посевов сельскохозяйственных культур [1]. Для разработки новых эффективных методов мониторинга, позволяющих сократить временные и трудовые затраты на его проведение, в последнее время активно развиваются методы дистанционного зондирования, в том числе с применением беспилотных летательных аппаратов.

Инструментарием для дистанционного фитосанитарного мониторинга является камера, установленная на борту беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Качество полученных изображений зависит от её характеристик, а также характеристик устройства, управляющего камерой. В данном случае первоочередное значение имеет высокая стабилизация подвеса для строго вертикального размещения камеры.

По данным Е. В. Труфляка, Н. Ю. Курченко [2], на начало 2021 года объём отечественного рынка продукции и услуг с применением беспилотных авиационных систем (БАС) составлял 0,7% от мирового объёма. В 2021 году на учёт в нашей стране поставили 21300 беспилотников массой до 30 кг (80% из них находятся в собственности физических лиц), всего в базе данных Росавиации находилось 42000 беспилотников.

Использование беспилотных летательных аппаратов в растениеводстве имеет большой потенциал и перспективы. В настоящее время БПЛА широко применяются для оцифровки полей, мониторинга использования сельскохозяйственных угодий, для оперативного решения технологических вопросов локального характера.

Например, беспилотные летательные аппараты быстро и эффективно помогают формировать нормализованный вегетационный индекс (NDVI) содержания хлорофилла, что является основой для дифференцированной подкормки культурных растений минеральными удобрениями.

С другой стороны, новые технологии фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, разработанные на основе методов дистанционного зондирования и оценки отражательных характеристик растений, которые дают возможность разработать новые подходы к выявлению и количественной оценке поражения и повреждения растений болезнями и вредителями, на сегодняшний день в нашей стране изучены недостаточно и нуждаются в дополнительных исследованиях.

Наиболее детально в Российской Федерации изучены оптические свойства сорных растений. Современные методы (с применением спутниковой съёмки, беспилотных летательных аппаратов) позволяют проводить учёт не только уровня засорённости посевов, но и определять видовую принадлежность сорняков. Результаты данной работы верифицированы с помощью наземных приборов, работающих в ручном режиме.

Имеющиеся преимущества дистанционного мониторинга сорных растений в сравнении с традиционными методами отмечают Ю. В. Шумилов и др. [3]. Авторы указывают, что БПЛА вертолётного типа позволяют проводить детальное обследование посевов с возможностью посадки в поле при возможности регистрации

даже малого числа всходов сорняков с последующим определением их видовой принадлежности. БПЛА самолётного типа, в свою очередь, позволяют оперативно получать общую оценку посевов с большей площади за меньшее время, что актуально при использовании спектральных камер. Для сравнения, если для проведения глазомерного учёта сорной растительности на поле площадью 100 га необходимо 2–3 часа рабочего времени агронома, то с помощью БПЛА можно получить изображение этого же поля за 15–20 минут. А затем специалист обрабатывает изображение на персональном компьютере.

Что касается изменения отражательных характеристик посевов полевых культур в зависимости от поражения болезнями и повреждения вредителями, то эта область изучена недостаточно. Например, Н. Э. Бекмухамедов, Н. Н. Карабкина [4] установили, что некротические изменения листовой поверхности под влиянием возбудителей грибных заболеваний (виды пятнистостей, ржавчины) приводят к изменению спектра отражения растений яровой пшеницы. Причём изменения находятся во взаимосвязи с интенсивностью заболевания.

Р. Ю. Данилов и др. [5] установили, что при различной степени развития бурой ржавчины озимой пшеницы также отмечается изменение коэффициентов отражения на различных участках спектра: в силу снижения площади ассимиляционной поверхности сглаживается зелёный пик отражения, и происходит смещение в красную часть спектра. Аналогичная закономерность установлена при повреждении ярового ячменя личинками хлебной пядицы.

Следует признать, что возможность проведения мультиспектральной съёмки существует не всегда. С этой точки зрения актуальным и целесообразным представляется разработка методов оценки состояния посевов с помощью обычной фотосъёмки.

Безусловно, величина и качество урожая озимой пшеницы в значительной степени зависят от своевременного и качественного проведения всех технологических операций по подготовке почвы, семян, научно обоснованного применения удобрений и средств защиты растений. Как отмечают П. В. Дацюк и др. [6], нарушение или недооценка любого из элементов технологии возделывания озимой пшеницы могут привести к неоправданным затратам, недобору урожая, ухудшению его качества.

Однако наиболее ответственными для озимой пшеницы являются осенний и зимний периоды. Состояние посевов озимой пшеницы в этот период в значительной степени определяет судьбу будущего урожая. Первоначальный этап вегетации любой культуры определяется периодом «посев – полные всходы». При осеннем обследовании необходимо возможно более точно определить количество растений на 1 м<sup>2</sup>.

Цель наших исследований – разработка эффективного метода дистанционного зондирования посевов озимой пшеницы в осенний период в части определения густоты стояния растений.

**Материалы и методы.** Исследования проводились в 2025 году в рамках государственного задания на



Рисунок 1 – Определение густоты стояния растений озимой пшеницы, возделываемой по предшественнику подсолнечник, наземным способом с помощью линейки агронома (а) и методом дистанционного зондирования с квадрокоптера DJI Mavic 3 Multispectral (б), Ставропольский край, 2025 г. (оригинальный)

оказание государственных услуг (выполнение работ) от 25 апреля 2024 года № 082-03-2024-220/3 на тему «Мониторинг развития сельскохозяйственных культур с помощью не инвазивных и дистанционных методов исследования и принятие оперативных мер по корректировке питания и фитосанитарного состояния» на полях ООО «Красносельское» и Агрохолдинга «Степь» в пределах землепользований Грачевского муниципального округа Ставропольского края на чернозёме обыкновенном на посевах озимой пшеницы сортов Алексеич и Безостая 100, возделываемых по технологии No-Till по предшественникам подсолнечник и нут.

Норма высева семян озимой пшеницы в этих хозяйствах – 5,5 миллионов семян на гектар, что является соблюдением нормы.

Густота стояния растений через 30 суток после посева определялась стандартными методами наземного агроскаутинга (при помощи агрономической линейки) и дистанционным методом с помощью БПЛА.

Авиационная съёмка посевов озимой пшеницы проводилась с помощью беспилотного летательного аппарата DJI Mavic 3 Multispectral. Mavic 3M – это профессиональный БПЛА для агрономических исследований, мониторинга окружающей среды и точного земледелия. Он сочетает в себе две камеры: высокоточный RGB-модуль и мультиспектральный блок, состоящий из четырёх отдельных объективов для различных диапазонов.

Такая конфигурация позволяет фиксировать видимый диапазон и его отдельные спектры: зелёный (G):  $560 \pm 16$  нм, красный (R):  $650 \pm 16$  нм, красный (RE):  $730 \pm 16$  нм, а также ближний инфракрасный (NIR):  $860 \pm 26$  нм. Это позволяет проводить анализ состояния растений, почвы и водных объектов. Mavic 3M собирает мультиспектральные данные одновременно с обычными изображениями RGB, что позволяет создавать точные карты вегетации (например, NDVI) для оптимизации процессов и повышения урожайности. RGB-камера имеет матрицу 4/3 CMOS и разрешение 20 Мп, мультиспек-

тральная камера оснащена сенсором 1/2.8» CMOS и имеет разрешение 5 Мп на каждом канале.

Высота полёта для проведения съёмки рассчитывалась исходя из параметров камеры БПЛА к пространственному разрешению (не более 0,3 мм/пикс для высокодетальной съёмки и не более 1,5 мм/пикс – для обзорной съёмки).

Для расчёта высоты полёта использовалась формула:

$$H = (GSD \times f) / p, \quad (1)$$

где H – высота полёта, м; GSD – пространственное разрешение, м/ пикс; p – размер пикселя на сенсоре, м; f – фокусное расстояние объектива, м.

Таким образом, исходя из параметров камеры DJI Mavic 3 Multispectral (GSD (пространственное разрешение): 0,3 мм/пиксель = 0,0003 м/пиксель; матрица CMOS 1/2.8”, разрешение 2592 × 1944 пикселей (5 Мп); эквивалентное фокусное расстояние (f): 25 мм = 0,025 м; размер сенсора: CMOS 1/2.8”; размер пикселя (p): 5,6 мм / 2592 ≈ 0,002160 мм = 0,000002160 м); расчётная высота полёта над поверхностью всходов для достижения пространственного разрешения 0,3 мм/пикс составляет 3,47 метра:

$$H = (0,0003 \times 0,025) / 0,000002160 \approx 3,47 \text{ м.}$$

Погодные условия для проведения съёмки в мультиспектральном режиме подбирались исходя из общих рекомендаций к съёмке: оптимальные условия съёмки – светлый, сухой день без осадков, при слабом ветре и стабильном освещении в интервале температур примерно от  $-10^\circ\text{C}$  до  $+40^\circ\text{C}$ , без сильной облачности с резкими перепадами освещённости.

В рамках подготовки обучающих выборок для задач компьютерного зрения использовался инструмент CVAT (Computer Vision Annotation Tool).

**Результаты и их обсуждение.** При определении густоты стояния озимой пшеницы наземным способом количество растений на единицу площади определяли при помощи линейки агронома площадью  $\frac{1}{4} \text{ м}^2$  в 16 точках (площадь поля – 130 га) (рис. 1).

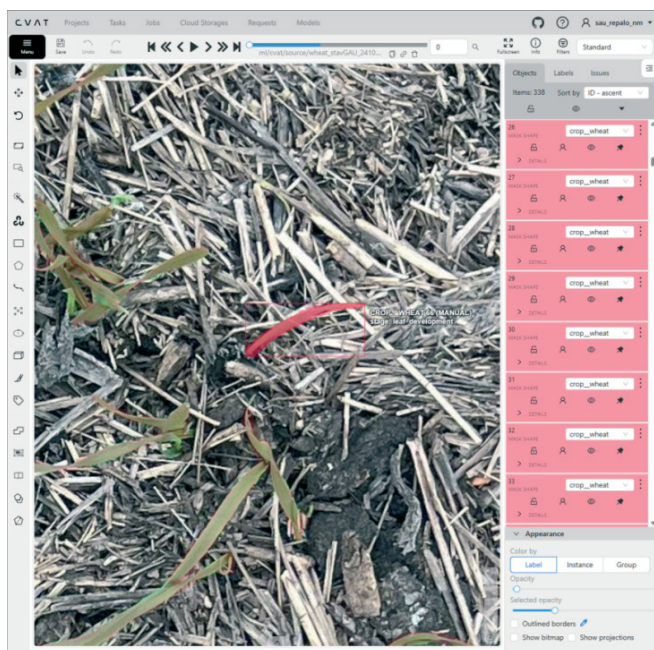


Рисунок 2 – Разметка фотографий, полученных методом дистанционного зондирования с квадрокоптера DJI Mavic 3 Multispectral, на платформе CVAT (оригинальный)

По результатам расчётов густота стояния растений составила 520 на 1 м<sup>2</sup>, или 5,2 миллиона растений на 1 га.

Для разработки дистанционного метода и обучения нейронной сети были сделаны снимки с беспилотного летательного аппарата. Ключевым инструментом в процессе подготовки качественных датасетов для обучения и валидации моделей компьютерного зрения стала разметка полученных фотографий с помощью Computer Vision Annotation Tool (CVAT). Основные этапы работы в

CVAT включают: создание проекта и задач (пользователь формирует проект, в рамках которого создаются отдельные задачи, каждая из которых содержит набор изображений для разметки); определение классов объектов (на этапе настройки задачи задаются категории объектов (labels), которые необходимо аннотировать, с возможностью добавления атрибутов (например, цвет, ориентация, состояние); разметка данных. CVAT поддерживает различные типы аннотаций, включая: прямоугольники (bounding boxes), полигоны, полилинии, точки (keypoints) (рис. 2).

Благодаря этим возможностям CVAT стал ключевым инструментом в процессе подготовки качественных датасетов для обучения и валидации моделей компьютерного зрения. Однако при работе в CVAT команда столкнулась с проблемой обработки фото из-за отсутствия автоматизации разметки без подключения внешних API, что серьёзно сказывается на скорости разметки датасетов, и вся разметка происходит вручную.

Анализ работы по описанной выше методике привёл к необходимости поиска новых подходов для снижения трудоёмкости процесса. Исходя из визуальной неоднородности цвета снимков, которая в том числе может быть связана с густотой стояния растений, за интегральную характеристику состояния посевов может быть принята биомасса посевов.

Поскольку обычный цифровой фотоснимок не содержит информации об отображении поверхности в конкретных диапазонах электромагнитных волн, его количественный анализ может проводиться путём разложения цвета на три количественные составляющие – интенсивность красного, зелёного и синего каналов (RGB), яркость которых выражается в условных единицах от 0 до 255 [7].

Поглощение света в зелёном диапазоне (540–570 нм) связано с фотосинтетической активностью расте-



a – визуализированная методом наземного скаутинга;  
b – методом дистанционного зондирования с квадрокоптера DJI Mavic 3 Multispectral, GNDVI.

Рисунок 3 – Сравнительная визуализация густоты стояния растений озимой пшеницы, возделываемой по предшественнику подсолнечник, Ставропольский край, 2025 г. (оригинальный)

ний. Однако прямая интерпретация яркости зелёного канала как показателя биомассы является упрощением. Более корректный подход – использование специализированных индексов, таких как GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index), который вычисляется как  $GNDVI = (NIR - Green) / (NIR + Green)$ , где NIR – ближний инфракрасный диапазон. GNDVI и некоторые другие индексы на основе зелёного канала действительно показывают более высокую чувствительность к содержанию хлорофилла и активности фотосинтеза, по сравнению с традиционным NDVI, в определённых условиях, особенно при мониторинге посевов с высокой плотностью стояния растений.

Анализ представленных выше инструментов для мониторинга густоты стояния растений позволил разработать оригинальный способ учёта, основанного на обучении нейронной сети путём сопоставления количест-

ва растений, подсчитанных вручную на географически привязанных учётных площадках, и яркости зелёного канала спектрального снимка как показателя биомассы на данных участках (рис. 3).

Важным условием достоверности данного подхода является разработка калибровочных графиков применительно к конкретной фазе развития культуры для конкретного сорта.

**Выводы.** Таким образом, густота стояния растений в расчёте на единицу площади в минимальном и максимальном (нормирующих) диапазонах, определённая стандартными методами наземного агроскаутинга, приведённая к яркости зелёного канала спектрального снимка GNDVI, позволяет обучить нейронную сеть и построить калибровочный график прямо пропорциональной зависимости степени окрашивания в зелёный цвет от густоты стояния растений озимой пшеницы.

#### Список источников

1. Дубачинский С. Н. Принятие технологических решений в зависимости от фитосанитарного состояния агроценозов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2007. № 2 (14). С. 121–124. EDN MGWFVD.
2. Труфляк Е. В., Курченко Н. Ю. Оценка готовности регионов к внедрению цифровых технологий в сельское хозяйство // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2019. № 10 (180). С. 22–26. EDN ZOATGG.
3. Шумилов Ю. В., Лунева Н. Н., Ермоленко С. А. [и др.] Использование беспилотных летательных аппаратов для целей фитосанитарного мониторинга в отношении сорных растений // Вестник защиты растений. 2018. № 4 (98). С. 22–27. DOI 10.31993/2308-6459-2018-4(98)-22-27. EDN VUUSZU.
4. Бекмухамедов Н. Э., Карабкина Н. Н. Изменение спектральных характеристик растений яровой пшеницы зараженных грибковыми болезнями // Сельское, лесное и водное хозяйство. 2013. № 10 (25). С. 2. EDN RIWSSB.
5. Данилов Р. Ю., Исмаилов В. Я., Третьяков В. А. [и др.] Разработка прецизионных технологий фитосанитарного мониторинга агроэкосистем на основе использования данных дистанционного гиперспектрального зондирования Земли // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 10. С. 82–86. DOI 10.24411/0235-2451-2018-11019. EDN YOСRVJ.
6. Дацюк П. В., Антошина О. А., Петракова В. И., Веневцев В. З. Оценка состояния посевов озимой пшеницы по фазам вегетации в условиях Центрального района Нечерноземной зоны. Рязань, 2007. 38 с.
7. Ачасова А. Оценка состояния посевов с помощью фотосъемки. URL: <https://rusdrone.ru/news/Otsenkasostoyaniyaposevovspomoshchyufotosemki/> (дата обращения: 25.11.2025).

#### References

1. Dubachinskij S. N. Prinyatie tekhnologicheskikh reshenij v zavisimosti ot fitosanitarnogo sostoyaniya agrocnnozov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2007. № 2 (14). S. 121–124. EDN MGWFVD.
2. Truflyak E. V., Kurchenko N. Yu. Ocenka gotovnosti regionov k vnedreniyu cifrovoyh tekhnologij v sel'skoe hozyajstvo // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. 2019. № 10 (180). S. 22–26. EDN ZOATGG.
3. Shumilov Yu. V., Luneva N. N., Ermolenko S. A. [i dr.] Ispol'zovanie bespilotnyh letatel'nyh apparatov dlya celej fitosanitarnogo monitoringa v otnoshenii sornyh rastenij // Vestnik zashchity rastenij. 2018. № 4 (98). S. 22–27. DOI 10.31993/2308-6459-2018-4(98)-22-27. EDN VUUSZU.
4. Bekmukhamedov N. E., Karabkina N. N. Izmenenie spektral'nyh harakteristik rastenij yarovoj pshenicy zarazhennyh gribkovymi boleznyami // Sel'skoe, lesnoe i vodnoe hozyajstvo. 2013. № 10 (25). S. 2. EDN RIWSSB.
5. Danilov R. Yu., Ismailov V. Ya., Tret'yakov V. A. [i dr.] Razrabotka precizionnyh tekhnologij fitosanitarnogo monitoringa agroekosistem na osnove ispol'zovaniya dannyh distancionnogo giperspektral'nogo zondirovaniya Zemli // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32, № 10. S. 82–86. DOI 10.24411/0235-2451-2018-11019. EDN YOСRVJ.
6. Datsyuk P. V., Antoshina O. A., Petrakova V. I., Venevtsev V. Z. Ocenka sostoyaniya posevov ozimoy pshenicy po fazam vegetacii v usloviyah Central'nogo rajona Nечernozemnoj zony. Ryazan', 2007. 38 s.
7. Achasova A. Ocenka sostoyaniya posevov s pomoshch'yu fotos'emki. URL: <https://rusdrone.ru/news/Otsenkasostoyaniyaposevovspomoshchyufotosemki/> (data obrashcheniya: 25.11.2025).

#### Сведения об авторах

**Анна Петровна Шутко** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой защиты растений, экологии и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spm-код: 4115-5536.

**Наталья Николаевна Глазунова** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры защиты растений, экологии и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spm-код: 7173-5580.

**Александр Александрович Яновский** – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой электротехники, физики и охраны труда, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spm-код: 7693-2113.

**Никита Михайлович Репало** – эксперт лаборатории фитосанитарного мониторинга и диагностики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spm-код: 1331-3432.

**Марина Сергеевна Мельник** – старший преподаватель кафедры землеустройства, кадастра и ландшафтной архитектуры, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 1812-6810.

*Information about the authors*

**Anna P. Shutko** – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Head of the Department of Plant Protection, Ecology and Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 4115-5536.

**Natal'ya N. Glazunova** – Doctor of Agricultural Sciences, Docent, Professor of the Department of Plant Protection, Ecology and Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 7173-5580.

**Aleksandr A. Yanovskiy** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent, Head of the Department of Electrical Engineering, Physics and Labor Protection, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 7693-2113.

**Nikita M. Repalo** – Expert of the Laboratory of Phytosanitary monitoring and Diagnostics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 1331-3432.

**Marina S. Mel'nik** – Senior Lecturer of the Department of Land Management, Cadastre and Landscape Architecture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 1812-6810.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

