

Abstract: *In a long-term field experiment, winter rye is cultivated with the use of different combinations of mineral fertilizers in permanent monocrop and in the crop rotation. Comparison of the vegetation index NDVI of winter rye during the growing season makes it possible to assess the development of crops according to different variants of experience and predict yields based on seasonal dynamics of NDVI.*

Keywords: *NDVI, winter rye, permanent monocrop, GreenSeeker, UAV*

УДК 632.51: 528.88

**О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ
СОРНОГО КОМПОНЕНТА В ДЛИТЕЛЬНОМ ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ
РГАУ – МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА**

Ермолаева Ольга Сергеевна, *ст. преподаватель кафедры прикладной информатики, Институт экономики и управления АПК ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева»*

Железова Софья Владиславовна, *д.с.-х.н., в.н.с. ФГБНУ ВНИИФ
Зейлигер Анатолий Михайлович*, *д.б.н., профессор кафедры прикладной информатики, Институт экономики и управления АПК ФГБОУ ВО «РГАУМСХА имени К.А. Тимирязева»*

Веллер Владислав Евгеньевич, *аспирант кафедры земледелия и методики опытного дела ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева»*

E-mail: *ol_ermolaeva@mail.ru ; soferrum@mail.ru ; azeiliger@mail.ru ; vellervladislav@gmail.com*

Аннотация: *Апробирован метод оценки сорного компонента агрофитоценоза на основе обследования посевов с применением беспилотной съёмки в видимом диапазоне. Рассмотрены примеры оценки засорённости, проведенные в разных условиях. Показаны преимущества и недостатки метода дистанционной оценки засорённости, оценены перспективы использования данного метода для условий Длительного полевого стационарного опыта с ограниченной возможностью посещения.*

Ключевые слова: *БПЛА, разрешающая способность съёмки, сорные растения*

Введение. Длительный полевой опыт РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева входит во Всероссийский и международный реестр длительных полевых опытов и является уникальным достоянием мировой науки [1]. Важность сохранения длительных полевых опытов состоит в том, что на основе многолетних научных наблюдений можно проследить некоторые важные аспекты защиты растений и фитосанитарной обстановки [2]. Изучение сорного компонента в посевах полевого опыта позволяют получить уникальную агрофитоценотическую информацию [3]. В то же время, такие полигоны, подобно заповедникам, являются весьма уязвимыми, т.к. при любом посещении

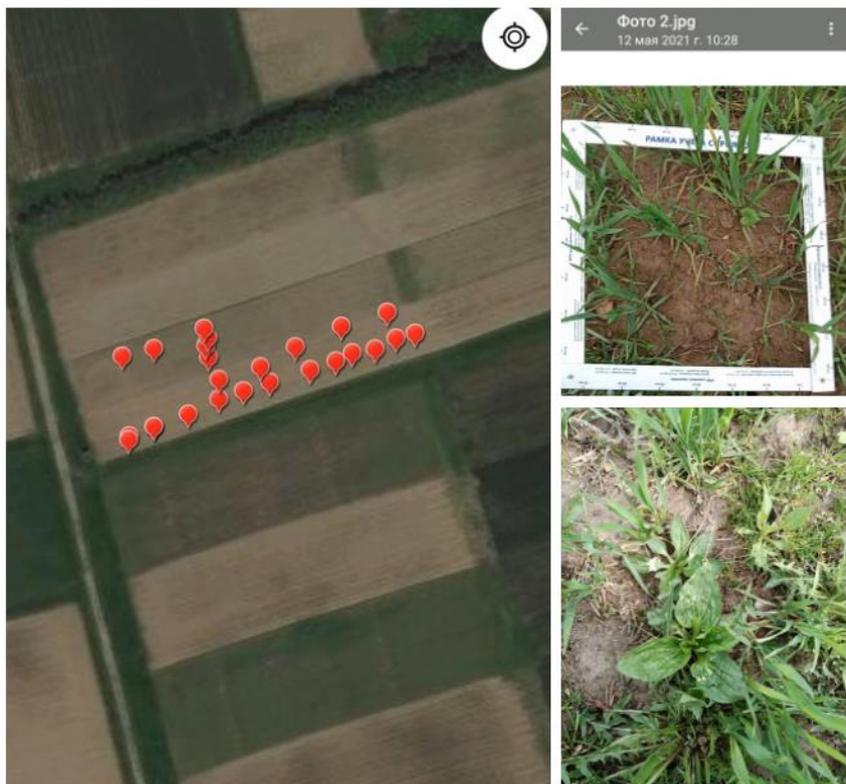
полигона возможно нарушение целостности взаимосвязей в растительном сообществе агрофитоценоза или занос новых объектов фитосанитарного мониторинга извне. В связи с этим актуальным становится вопрос применения дистанционного обследования посевов с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В последние несколько лет интенсивно начинается освоение таких технологий исследователями разных научных центров [4, 5]. Насколько возможна оценка засорённости посевов с БПЛА для длительного полевого опыта, и сможет ли она стать альтернативой традиционному учёту сорняков? – Данная статья посвящена поиску ответов на эти вопросы.

Цель. Сравнить возможности применения оценки засорённости посевов традиционными методами учёта и с применением съёмки высокого разрешения с БПЛА.

Материалы и методы. В работе сравниваются возможности традиционного метода учёта засорённости (подсчёт количества сорняков в квадратной рамке размером 0,5*0,5 м, с ручной записью в учётную ведомость) с новыми методами, основанными на фотографировании поверхности земли с наземного носителя или с беспилотного носителя. В качестве примеров рассмотрены возможности учёта засорённости с применением мобильного приложения, а также приведены результаты съёмки посевов в видимом диапазоне с мультикоптеров разных конструкций, оснащенных камерами Sequoia и FC6360. Съёмка в посевах на разных объектах и в разные фазы развития была проведена с высоты 5 м, 50 м, 100 м. Метод фотографирования, как с земли, так и с разной высоты над посевами, в любом случае подразумевает последующую обработку снимков. Это может быть экспертная аннотация (распознавание видов сорных растений по фотографии), или – на основе предварительного аннотирования снимков – распознавание в автоматическом режиме с применением компьютерных программ.

Результаты и их обсуждение. В среднем, при традиционном учете сорняков в посевах на описание одной точки учёта уходит от 1 до 4–5 минут. Количество учётных точек определяется задачами исследования. Для сигнальных целей достаточно провести учёт в нескольких точках, расположенных на поле рандомизированно, диагонально или по методу конверта. По временным затратам это составляет не более 30–40 минут. Результатом учёта засоренности традиционным методом является список сорняков, не имеющий координатной привязки. Эти данные могут служить рутинным задачам учёта, но не могут быть использованы для оценки пространственной картины распространения сорных видов. Для создания подробной карты засорённости поля необходимо заложить не менее 100 точек на учётную площадь. При этом необходимо также записывать координаты точки в пространстве. Общее время учёта в таком случае зависит от размера обследуемой площади, необходимого количества точек и составляет не менее 2–3 часов. Далее, для составления карты необходимо данные учёта, записанные вручную, перевести в электронные таблицы, что также занимает несколько часов. Таким образом, для того, чтобы составить карту распространения

сорняков (или одного сорного вида) на поле необходимо затратить 1–2 рабочих дня. Более удобным, по сравнению с традиционным учётом, представляется способ учёта сорняков с применением мобильного приложения, созданного О.С. Ермолаевой на кафедре прикладной информатики Института экономики и управления АПК РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. В мобильном приложении автоматически отмечается местоположение точки учёта, к этой записи можно приложить фотографию, описание сообщества сорняков в данной точке на поле (рис. 1) и любую сопутствующую информацию.



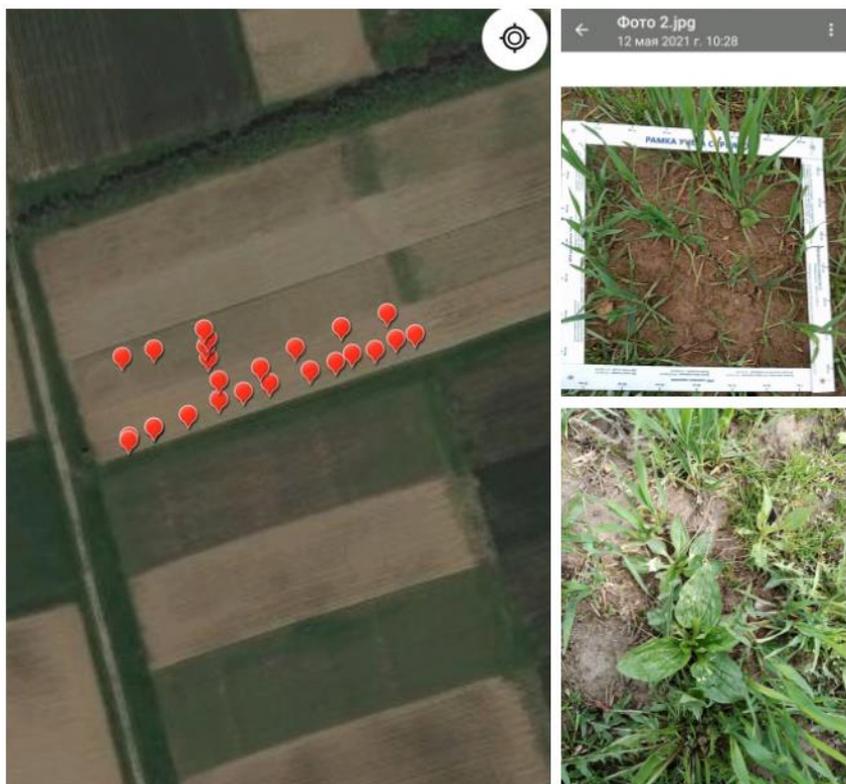


Рис. 1. Пример маршрута обследования поля для дальнейшего создания карты засорённости посевов с помощью мобильного приложения: слева красные метки – расположение точек учёта, справа – пример прикрепленных фотографий по отдельной точке учёта.

Дистанционная съёмка с помощью мультиспектральной камеры с БПЛА (например, с квадрокоптера DJI) позволяет более быстро получить исходные данные о посевах – цифровые фотоизображения, которые дальше могут быть подвергнуты обработке в специальных программах. Количество фотоснимков с одного поля может быть любым, и, по сути, оно ограничивается только продолжительностью полёта. Разрешающая способность съёмки зависит от камеры и высоты полёта. Чем ниже высота полёта, тем выше разрешающая способность съёмки. Однако, при проведении съёмки с малой высоты (5 м) возможно проявление мешающего влияния вибрации квадрокоптера на качество снимка. Поэтому подбор оптимальной высоты съёмки является первой методической задачей для возможности достижения цели распознавания сорных видов по фотоизображениям.

В течение 2020–2021 гг. были проведены несколько съёмок посевов с применением БПЛА с целью определения засорённости посевов визуальными методами и с применением обучаемой нейронной сети. Объектами исследования были поля НИИ орошаемого земледелия (Волгоградская область), и полигонов Полевой опытной станции РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева: Центр точного земледелия и Длительный полевой опыт(рис. 2).

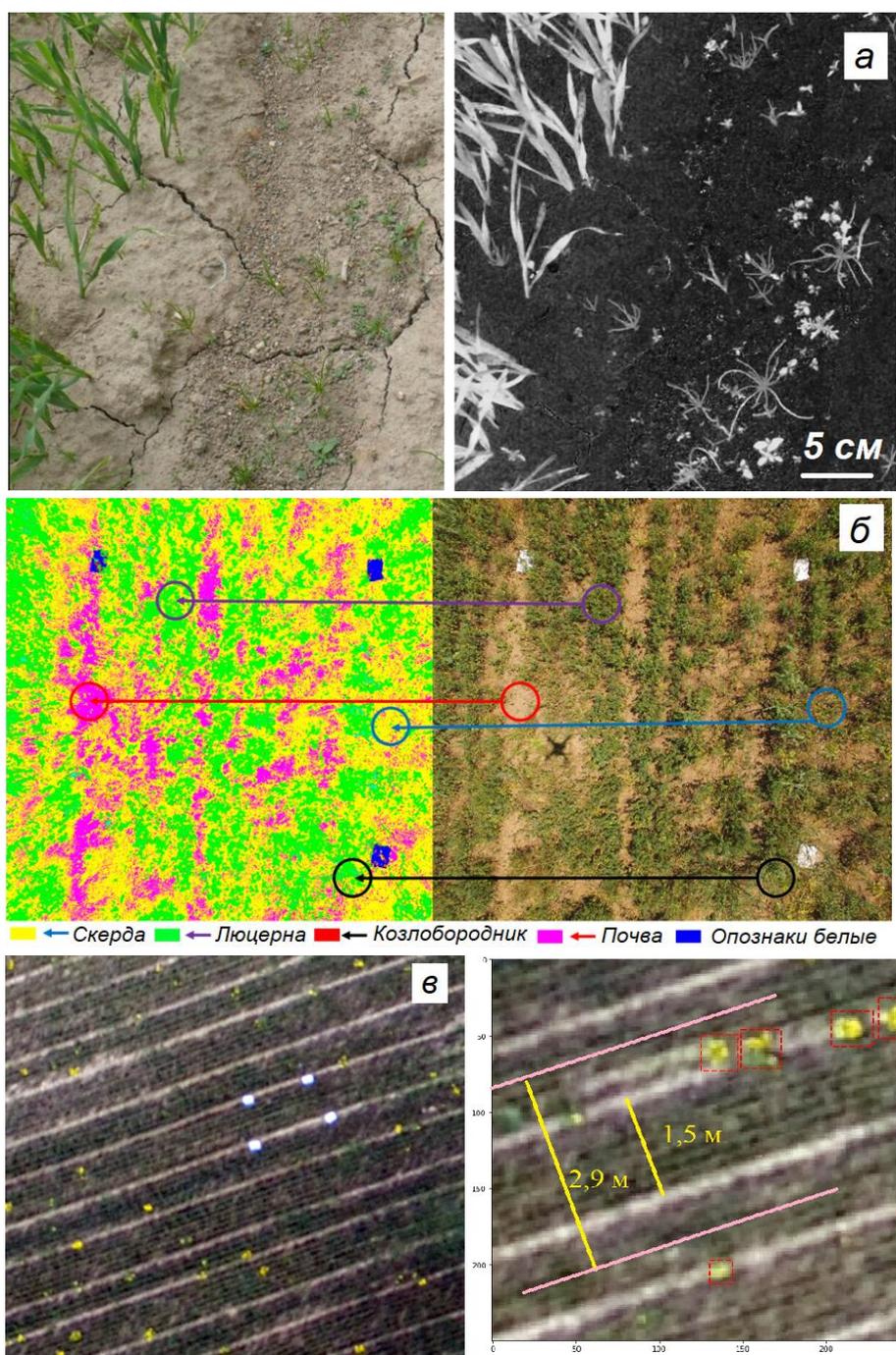


Рис. 2. Примеры обработки фотоизображений сорных растений с применением разных программ при разной высоте съёмки:

(а – наземная съёмка на цифровую фотокамеру; б – съёмка с высоты 5 м, обработка в программе ENVI; в – съёмка с высоты 100 м, обучение нейронной сети для распознавания головок цветущих одуванчиков)

На каждом из перечисленных объектов при проведении дистанционной съёмки с БПЛА были заложены калибровочные площадки размером 2*3 м с подробным описанием сообщества сорных видов в пределах площадок. Эти площадки позволяют аннотировать присутствие сорных видов и соотносить их с фотоизображениями в других точках. Выбор наиболее представительных точек в посевах для закладки калибровочных площадок – методическая задача.

Обработка результатов фотосъёмки позволяет обучать программы для визуального и автоматического распознавания сорных видов.

По результатам автоматического распознавания с помощью нейронной сети удалось достигнуть 80% точности определения количества головок цветущих одуванчиков в посевах.

Заключение. Оценка засорённости посевов с БПЛА для длительного полевого опыта может стать альтернативой традиционному учёту сорняков. Для достижения достаточного уровня распознавания сорных видов необходимо проводить съёмку с высокой разрешающей способностью: не более 5 см/пиксель. По сравнению с традиционным методом учёта сорняков с помощью рамки дистанционный метод имеет несомненные преимущества: быстрота съёмки, возможность «заложить» на снимках неограниченное количество точек обследования, возможность обучения программы распознавания сорных видов в автоматическом режиме. Недостатком метода является невозможность точного определения многих видов сорных растений в фазе проростков по фотографиям. Для достижения этой цели необходима разрешающая способность съёмки на миллиметровом уровне (1-2 мм/пиксел), а это означает гораздо бóльшие затраты времени на обследования и обработку снимков. Тем не менее, учёт засоренности посевов Длительного полевого опыта с применением БПЛА является перспективным направлением дальнейших исследований.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке проекта №62ГС1ЦТС10-В5/56006 и при грантовой поддержке Министерства науки и высшего образования, проект N 075-15-2021-1409.

Библиографический список

1. Мазиров, М.А. Длительный полевой опыт и опыт ЦТЗ РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева: итоги исследований и перспективы / М.А. Мазиров, О.А. Савоськина, А.И. Беленков // Сборник докладов международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения академика В.Р. Вильямса и 100-летию со дня рождения И.С. Кауричева. М.: Материалы Международной научной конференции. – 2014. – С. 54–63.
2. Poulton, P.R. Why are long-term experiment important? / P.R. Poulton // *Izvestiya TSKhA*. – 2013. – Special issue. – P. 153–162.
3. Савоськина О.А. Флористический состав сорного компонента агрофитоценозов озимой ржи на длительном опыте / О.А. Савоськина, С.И. Чебаненко // М.: Доклады ТСХА. Сборник статей. – 2016. – С. 38–42.
4. Смук, В.В. Дистанционный мониторинг засоренности посадок картофеля в периоды до и после появления всходов / В.В. Смук, А.М. Шпанев // *Агрофизика*. – 2019. – № 4. – С. 46–53. DOI: 10.25695/AGRPH.2019.04.07
5. Зейлигер, А. М. Использование съёмки с БПЛА для идентификации и локализации сорной компоненты агроценозов / А. М. Зейлигер, О. С. Ермолаева, С. В. Железова, В. Е. Веллер // Электронный сборник материалов конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, 16–20 ноября 2020 года / Институт космических

исследований Российской академии наук. – Москва: ИКИ РАН, 2020. – С. 322.

**OPPORTUNITY OF UAVS USING TO ASSESS THE WEED COMMUNITIES
IN THE LONG-TERM FIELD EXPERIENCE OF RUSSIAN STATE
AGRARIAN UNIVERSITY – MOSCOW TIMIRYAZEV AGRICULTURAL
ACADEMY**

Ermolaeva Olga S., Senior Lecturer, Department of Applied Informatics, Institute of Economics and Management of the Agroindustrial Complex, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy E-mail:

УДК: 615.322: 631.527: 633.521

**ТОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЬНОВОДСТВЕ
И В ОГРАНИЧЕНИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БОРЩЕВИКА**

Кудрявцев Николай Александрович, д.с.-х.н., главный н.с. ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» E-mail: vniil.sekretar@mail.ru

Аннотация. Опрыскиватели Amazone UX 5200, ОП-24-3000 и ОП-18-2500 - автоматически регулировали параметры рабочих процессов в льняных севооборотах. При ограничении распространения борщевика применялись оснащенные программным обеспечением наземные и летательные опрыскивающие агрегаты, внесившие гербициды на засоренные территории.

Ключевые слова: цифровые технологии, фитосанитарный мониторинг, мобильные приложения, лен, борщевик, терминал управления, навигатор, интерактивная карта.

Работа выполняется при финансовой поддержке Минобрнауки России (ГЗ FGSS – 2019 – 0017).

Введение. Понятия «точное земледелие», «цифровые технологии» связано с программным обеспечением (этих технологий), созданным с помощью, так называемой, - «вычислительной техники». Цифровые технологии реализуются при эксплуатации компьютерных, автоматических, роботизированных, сложных измерительных, радио- и телекоммуникационных устройств [1]. В современном сельском хозяйстве интенсивно возрастает поток информации от метеостанций, фитосанитарной службы, полевой наземной техники, пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов (в т.ч.