



Научная статья
УДК 632.51:623.746
doi: 10.55186/25876740_2025_68_2_229

ПРИЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО УЧЕТА ЗАСОРЕННОСТИ ПОЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ В ЯКУТИИ

В.В. Осипова, А.З. Платонова, М.М. Олесова, Л.Я. Конощук

Октемский филиал Арктический ГАТУ, Якутск, Россия

Аннотация. В условиях мерзлотных пойменных почв Якутии в 2024 году проводились исследования по изучению распространения сорной растительности с использованием цифровых технологий. Целью исследований являлось определение засоренности полей в Якутии с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) на примере Хангаласского района Республики Саха (Якутия). Предмет исследований — определение засоренности полей в Якутии с использованием БПЛА. Полевые работы проводились с использованием мультироторного квадрокоптера (дрона) DJIMavic 3 в период вегетации кормовых культур. Исследования проводились в период вегетации основных кормовых культур. Статистическая обработка данных с использованием пакета программ Excel, составление проекта карты с помощью программы Agisoft Metashape. Согласно цели исследований проведены полевые и камеральные лабораторные исследования на предмет определения уровня засоренности полей в Октемском наслеге Хангаласского улуса Республики Саха (Якутия). Оперативный учет дроном DJIMavic-с позволил определить по тонам цвета индекс биомассы растительности в пределах 0,2...0,8. Установлено, что на первом участке с многолетними травами Normalized difference vegetation index или нормализованный вегетационный индекс (NDVI) при учете в конце вегетации растений (05 и 17 сентября) оставался на одном уровне 0,3. NDVI сорной растительности варьировал от 0,5 (05 сентября) до 0,32-0,4 (17 сентября), что характерно для осеннего периода. На втором участке учет, проведенный 21 августа показал, что в посевах овса NDVI достигает высокого уровня 0,7 со следами засоренности, далее 15 сентября показатель NDVI посевов овса снижается до 0,5. На третьем участке учет, проведенный с 19 августа по 24 сентября позволил установить, что в динамике развития растений овса от фазы выхода в трубку до начала выметывания NDVI возрос до 0,4 до 0,7, при этом замечены следы засоренности — 13%. Для более точного установления состояния посевов карты местности, процента засоренности посевов сельскохозяйственных культур необходимо сочетать применение БПЛА с традиционной технологией учета засоренности посевов.

Ключевые слова: сорная растительность, цифровые технологии, беспилотный летательный аппарат, NDVI, биомасса растений, процент засоренности, мерзлотные почвы

METHODS OF OPERATIONAL ACCOUNTING OF WEED INFESTATION OF FIELDS USING DIGITAL AGRICULTURAL TECHNOLOGIES IN YAKUTIA

V.V. Osipova, A.Z. Platonova, M.M. Olesova, L.Ya. Konoshchuk

Oktemsky branch Arctic State Agricultural University, Yakutsk, Russia

Abstract. In the conditions of permafrost floodplain soils of Yakutia, studies were conducted to study the spread of weed vegetation using digital technologies. The purpose of the research was to determine the weediness of fields in Yakutia using UAVs using the example of the Khangalassky district of the Republic of Sakha (Yakutia). Field work was carried out using a DJIMavic 3 multirotor quadcopter (drone) during the vegetation period of forage crops. The research was conducted during the vegetation period of the main forage crops. Statistical data processing using the Excel software package, drafting a map using the Agisoft Metashape program. According to the purpose of the research, field and office laboratory studies were conducted to determine the level of weed infestation of fields in the Oktemsky nasleg of the Khangalassky ulus of the Republic of Sakha (Yakutia). Operational accounting by the DJIMavic-c drone allowed us to determine the vegetation biomass index within 0.2...0.8 by color tones. It was found that in the first plot with perennial grasses, NDVI, when taken at the end of the plant vegetation period (September 5 and 17), remained at the same level of 0.3. NDVI of weed vegetation varied from 0.5 (September 5) to 0.32-0.4 (September 17), which is typical for the autumn period. In the second section, the survey conducted on August 21 showed that in oat crops, NDVI reaches a high level of 0.7 with traces of weed infestation, then on September 15, the NDVI of oat crops decreases to 0.5. In the third section, the survey conducted from August 19 to September 24 allowed us to establish that in the dynamics of oat plant development from the tube emergence phase to the beginning of panicle, NDVI increased from 0.4 to 0.7, while traces of weed infestation were noted — 13%. To more accurately determine the condition of crops, the area map, the percentage of weed infestation of agricultural crops, it is necessary to combine the use of UAVs with traditional technology for recording weed infestation of crops.

Keywords: weeds, digital technologies, unmanned aerial vehicle, NDVI, plant biomass, weed infestation percentage, permafrost soils

Сельскохозяйственное производство в настоящее время стало широко применять технологии нового поколения. Так, летательные аппараты нашли свое применение в народном хозяйстве, в таких отраслях как: 1) нефтегазодобывающая промышленность, 2) геологоразведка, 3) сельское хозяйство, 4) лесное хозяйство, 5) строительство, 6) поисково-съёмочные работы, 7) оказание медицинской помощи, 8) поисково-спасательные и аварийно-спасательные работы и др. [1, 2, 3, 4, 5, 8].

В современном сельском хозяйстве активно внедряются технологии точного земледелия, основанные на новом подходе к производству. Сельскохозяйственные поля, как правило, имеют неоднородное плодородие, на которое влияют такие факторы, как рельеф, состав почвы,

содержание питательных веществ и уровень грунтовых вод. Кроме того, воздействия антропогенных факторов позволяют частично минимизировать различия в плодородии почв [5, 8].

В настоящее время экологические и экономические проблемы агропромышленного комплекса Республики Саха (Якутия) ставят задачи по восстановлению заброшенных полей, где засоренность полей стоит на первом месте. В засушливых условиях криолитозоны особенно важно правильно подбирать агротехнические меры борьбы с сорной растительностью, так как недостаток почвенной влаги способствует быстрому их развитию по сравнению с культурными растениями.

Видовой состав сорных растений Якутии настоящее время включает 210 видов и регулярно

пополняется за счет редких в Северо-Восточном регионе и заносных видов сорных растений, распространяющихся преимущественно по рудеральным местообитаниям и требующих постоянного мониторинга. Изменение статуса некоторых из них в настоящее время на рудерально-сегетальный (щирца запрокинутая) и сегетально-рудеральный (горчица полевая, молочай) свидетельствует о тенденции сегетализации редких и заносных видов [6, 10, 11, 13].

Из литературных источников видно, что современная наука XXI столетия в сельскохозяйственном производстве претерпевает новые возможности технологий [7, 9, 12, 14]. Если в середине 70-80 х годов широко применялись интенсивные подходы по применению минеральных удобрений, различного вида средств



защиты растений с применением авиации, то с конца 90-х и начала нулевых годов XXI века в сельском хозяйстве проходит плавный переход к органическому и точному земледелию. При этом сохраняются традиции по системе ведения земледелия, и адаптивного ландшафтного земледелия.

В связи с чем, новые технологии с применением беспилотных летательных аппаратов весьма актуальны и определенно имеют новизну в Республике Саха (Якутия).

Цель исследований заключалась в определении засоренности полей в Якутии с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) на примере Хангаласского района Республики Саха (Якутия).

Объектом исследований являются сельскохозяйственные земли Октемского и Тяхтурского наслегов Хангаласского улуса республики.

Условия, материалы и методы. 2024 год по обеспеченности влагой и теплом по погодным условиям ГТК сухой, поэтому не очень благоприятный для роста и развития полевых культур. По данным Покровской УГМС Хангаласского района РС(Я) гидротермический коэффициент в отчетном году составил около 0,3, что характеризует вегетационный период как сухой, и жаркий в середине лета и относительно прохладный в конце лета.

Предмет исследований — определение засоренности полей в Якутии с использованием БПЛА.

Методы исследований — полевые работы с использованием мультироторного квадрокоптера (дрона) DJIMavic 3.

Исследования проводились в 2024 году в период вегетации основных кормовых культур.

Статистическая обработка данных с использованием пакета программ Excel, составление проекта карты с помощью программы Agisoft Metashape.

Согласно цели исследований проведены полевые и камеральные лабораторные исследования на предмет определения уровня засоренности полей в Октемском наслеге Хангаласского улуса Республики Саха (Якутия).

Полевые исследования включали выбор участков сельскохозяйственных земель в Октемском наслеге. Для этого заранее создаются проекты маршрутов облета полей с применением беспилотных технологий на квадрокоптере фирмы DJIMavic 3. Облет полей проводили в период активной вегетации основных кормовых культур. При этом рассчитали 2 этапа облетов по участкам полей. Так, в первый этап включены 10 проектов маршрутов, во второй этап включены 25 проектов маршрутов, что облегчило транспортную составляющую выезда на полевые работы.

Результаты и обсуждение. Благодаря новым технологиям учетов и наблюдений, проводимых с использованием квадрокоптера, значительно сокращаются сроки проведения. Если ранее специалистам для учета 100 га требовалось более 5 дней, то благодаря инновационным решениям данные учетов проведены за 1 день. Однако есть и свои минусы для квадрокоптеров, так как время облетов ограничено количеством аккумуляторных устройства, которых нам в настоящее время не хватает. В комплексе приобретен лишь один аккумуляторный зарядник. Поэтому на один проект маршрута

было затрачено в среднем 10 -20 минут в зависимости от площади поля. При минимальной площади поля мы сочетали с другими полями более подходящими для одновременного облета полей. При этом использовали челночный метод облетов по полям, выстраивая галсы, которые охватывали всю площадь поля.

Погодные условия во время облетов отмечены как полупасмурные. По рекомендациям производителя квадрокоптера съемку и облет лучше проводить в облачные и полупасмурные дни погоды.

Облет проводился на трех участках Хангаласского района РС(Я).

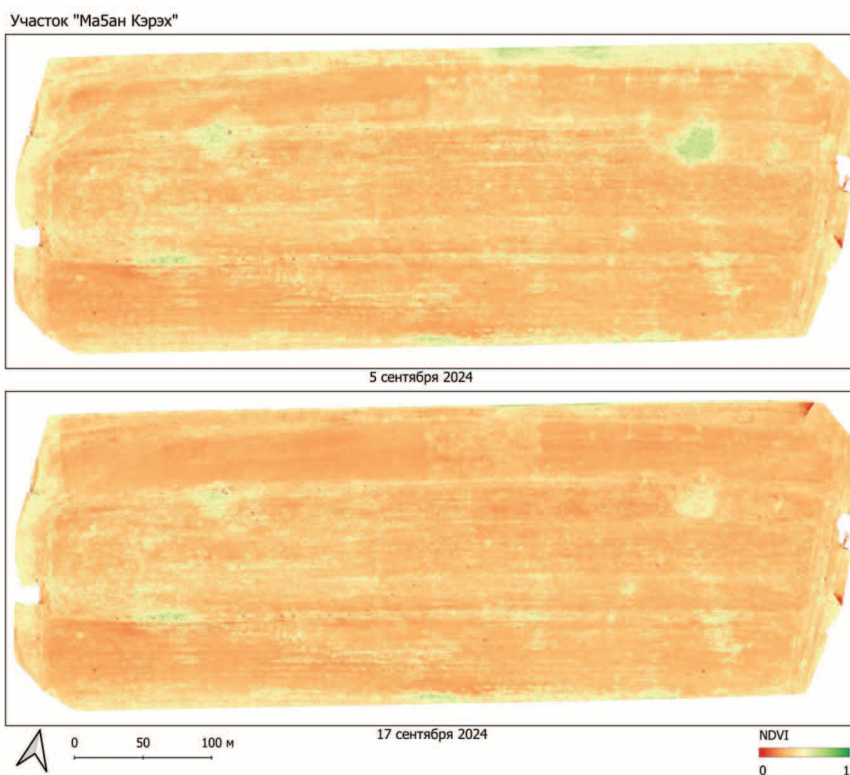


Рисунок 1. Пример изменений биомассы участка в разные сроки наблюдений на участке Маган Кэрэх
Figure 1. Example of changes in the biomass of a site at different observation periods in the Magan Kereh site

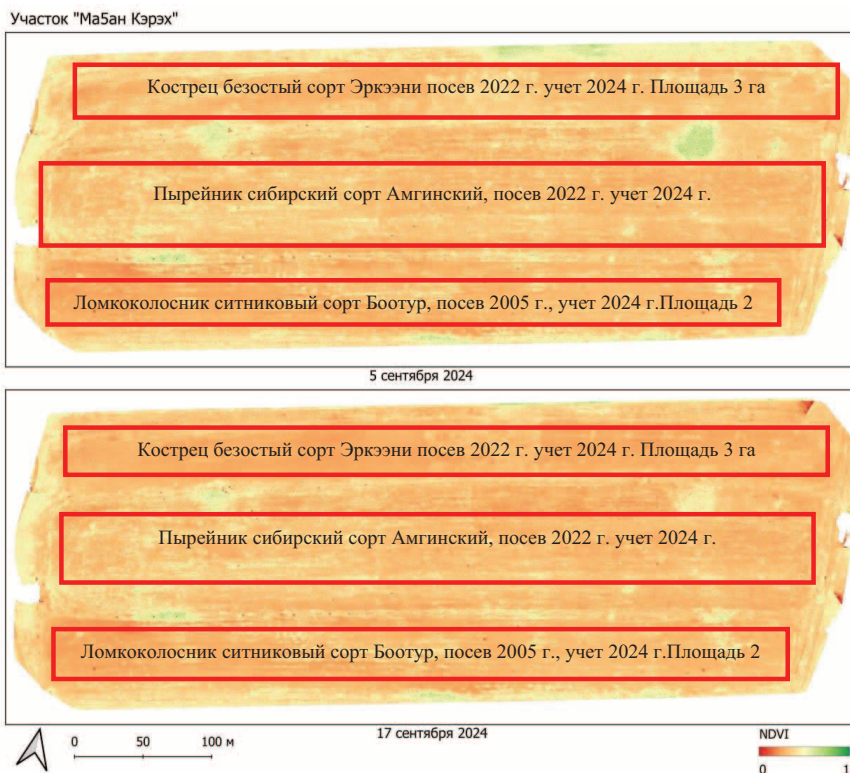


Рисунок 2. Схема посевов участка 1с кормовыми многолетними травами на цифровой карте участка при оперативном учете засоренности посевов, 2024 г.
Figure 2. Scheme of crops of plot 1 with forage perennial grasses on a digital map of the plot during operational accounting of crop weed infestation, 2024



Таблица 1. Показатели покрытия биомассой и процента засоренности посевов кормовых трав на участке № 1, учет 2024 г.

Table 1. Biomass coverage and weed infestation rates of forage grass crops in plot No. 1, 2024

№	Культура, сорт	NDVI	% засоренности
1	Кострец безостый, Эркээни	0,2...0,3	33
2	Пырейник сибирский, Амгинский	0,3...0,4	40
3	Ломкоколосник ситниковый, Боотур	0,4...0,5	28
	Среднее	0,3	33,6

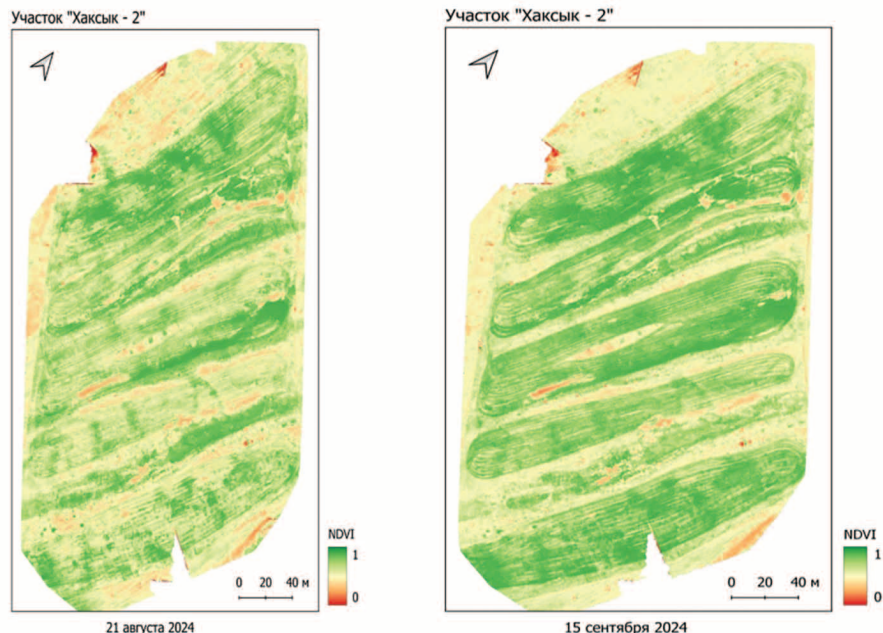


Рисунок 3. Изменения биомассы участка 2, учет 2024 г.
Figure 3. Changes in biomass of site 2, 2024

Таблица 2. Показатели покрытия биомассой и процента засоренности посевов овса на участке № 2, учет 2024 г.

Table 2. Biomass coverage and weed infestation rates of oat crops in plot No. 2, 2024

№	Культура, сорт	NDVI	% засоренности
1	Овес Ровесник	0,6...0,9	21

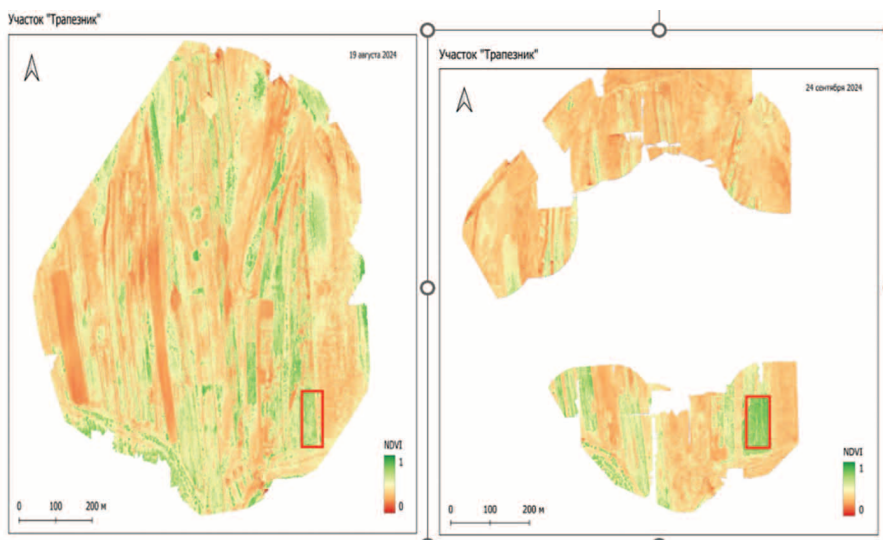


Рисунок 4. Схема посевов овса отмечена в красном прямоугольнике на участке 3
Figure 4. The scheme of oat crops is marked in the red rectangle on plot 3

Таблица 3. Показатели покрытия биомассой и процента засоренности посевов овса на участке № 3, учет 2024 г.

Table 3. Biomass coverage and weed infestation rates of oat crops in plot No. 3, 2024

№	Культура, сорт	NDVI биомассы овса	% засоренности
1	Овес Ровесник	0,6...0,8	13

Участок № 1

Во время оперативного учета на предмет засоренности участка, который предназначен для кормовых многолетних трав, и определен NDVI многолетних трав на предмет засоренности. При этом учет засоренности проведен в два этапа 5 и 17 сентября. Следует отметить, что данный участок оцифрован в объеме 525 снимков, которые стали основой для создания карты засоренности участка. Для определения и описания NDVI растений применили следующую шкалу:

0,2 до 0,4 — для слабой, разреженной растительности.

0,4 до 0,6 — для умеренной растительности.

Значение выше 0,6 — индекс для здоровой, густой растительности.

На рис. 1 представлено пространственное изображение распространения биомассы участка. Так, в светлых оранжевых тонах спектра учета Normalized difference vegetation index или нормализованного вегетационного индекса (NDVI) по шкале находится в пределах 0,3, что характерно для разреженных посевов многолетних трав. И более высокая биомасса выражена в конце участка NDVI 0,6, данный параметр указывает на кустарники участка, которые имеют такой светло-зеленый окрас 5 сентября. После повторного облета дроном через 12 дней данный участок приобрел показатель NDVI ближе к 0,3. Установлено, что засоренность имеет незначительное покрытие в светло-желтых тонах NDVI и достигает уровня 0,5.

В целом, исследования показали, что при оперативном учете биомассы через 12 дней видны значительные изменения в учете биомассы участка. В данном случае происходит отмирание сорной растительности на посевах многолетних трав, индекс NDVI выращиваемых трав остается на уровне 0,3 на разреженных посевах, при этом светло-желтых участков NDVI уменьшается и достигает уровня 0,32...0,40 (рис.2).

Основными сорными растениями на участке являются: полынь якутская (*Artemisia jacutica*) — 15%, соссурея (*Saussurea*) — 5%, вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*) — 3%.

Из рис. 2 по схеме расположения посевов многолетних кормовых трав ломкоколосника ситникового сорта Боотур, пырейника сибирского сорта Амгинский, костреца безостого сорта Эркээни видно, что проектируемая посевная площадь сохраняет форму посевов. Учет 2024 г. на предмет засоренности посевов показал, что максимальная засоренность наблюдается на посевах костреца безостого и пырейника сибирского NDVI 0,3. Здесь это связано с тем, что в период вегетации нарушена технология содержания участка, а именно не отремонтирована изгородь и произошла погрыва посевов особенно на посевах костреца безостого, пырейника сибирского. В среднем процент засоренности на участке составляет 33,6%.

Участок № 2

Проведенный оперативный учет участка № 2 показал, что в динамике развития биомассы основной культуры овса идет увеличение за короткий промежуток учета с 21 августа по 15 сентября, а именно от фазы кущения до фазы выхода в трубку и начала выметывания овса. Дроном зафиксировано 340 снимков. Отмечено, что распространность сорняков в основной проявилась на посевной площади, где не охвачены ряды сломанного сошника сеялки.



Здесь в первую точку учета наблюдений NDVI основной посевной культуры зафиксирован на уровне 0,7 выше умеренного распространения биомассы, при этом видны следы засоренности, которые представлены в виде перехода тона и уровня NDVI на посевах до 0,5. Участок имеет неровности в рельефе, поэтому незасеянные площади охвачены редким разнотравьем и поэтому NDVI ограничен на уровне 0,3...0,4 (рис. 3).

Процент засоренности посевов составляет 21%, здесь основным сорняком является полынь якутская (*Artemisia jacutica*) и с краев поля отмечены пырей ползучий (*Elytrigia repens*) и щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.).

Участок № 3

Проведенный оперативный учет участка № 3 показал, что в динамике развития биомассы овса идет ее увеличение за короткий промежуток учета с 19 августа по 24 сентября, а именно от фазы выхода в трубку NDVI равен 0,4 и в начале выметывания овса — 0,7. Дроном зафиксировано 780 снимков. Отмечено, что распространность сорняков в основном проявилась на посевной площади, где не охвачены ряды сложного сошника сеялки. В первую точку учета наблюдений (19 августа) NDVI основной посевной культуры зафиксировано 0,4, во вторую (24 сентября) — на уровне 0,7, что выше умеренного распространения биомассы, при этом видны следы засоренности, которые представлены в виде перехода тона и уровня NDVI на посевах до 0,3 (рис. 4).

Выводы.

Оперативный учет дроном DJIMavic-c позволил определить с высоты полета 20±5..7 м снимки посевов на 3 участках. Так, по тонам цвета определен индекс биомассы в пределах 0,2...0,8.

Установлено, что на участке № 1 с многолетними травами NDVI при учете 5 и 17 сентября оставался на одном уровне 0,3, что характерно для разреженных посевов в конце вегетации растений. NDVI засоренности посевов колебался по датам от 0,5 до 0,32-0,4, что связано с отмиранием сорной растительности. Максимальная засоренность отмечена на посевах коостреца безостого и пырейника сибирского 33-40% соответственно, NDVI посевов здесь равен 0,2-0,3 и 0,3-0,4. В посевах ломкоколосника ситникового NDVI составил 0,4-0,5, процент засоренности — 28%.

На участке № 2 снимки проведенные 21 августа в посевах овса зафиксировали NDVI на уровне 0,7 выше умеренного распространения биомассы со следами засоренности. 15 сентября показатель NDVI посевов овса снизился до 0,5. Незасеянные участки здесь охвачены редким разнотравьем и поэтому NDVI ограничен на уровне 0,3...0,4. Процент засоренности овса сорта Ровесник составляет 21%.

На участке № 3 учет проведенный 19 августа по 24 сентября показал, что в динамике развития биомассы овса идет ее увеличение от фазы выхода в трубку NDVI равен 0,4 и в начале выметывания овса — 0,7, при этом видны следы засоренности — 13%.

Однако, необходимо сочетать данную технологию с традиционной технологией учета засоренности посевов для более конкретного определения общего состояния посевов карты местности, процента засоренности по участкам.

Список источников

1. Баранов И.А. (2020). Беспилотные технологии в сельском хозяйстве. М.: Агропромиздат, с. 185.
2. Буров В.Н. (2019). Проектирование баз данных. СПб.: Питер, с. 20.
3. Васильев А.И. (2021). Современные методы мониторинга засоренности полей. Казань: Издательство Казанского университета, с. 210.
4. Герасимов Д.С. (2022) Модели баз данных. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, с. 245.
5. Зубарев Ю.Н., Фомин Д.С., Чашин А.Н., Заболотнова М.В., (2019). Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // Вестник ПФИЦ, № 2, с.47-51.
6. Караев М.Н., Скрябин С.З. (1971). Растительный мир Якутии. Якутск, с. 124.
7. Киселев, А.Н. (1971). Сорные растения и меры борьбы с ними / А.Н. Киселев. М.: Колос, с. 192.
8. Коротаяев А.А., Новопашин Л.А. (2015). Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга сельскохозяйственных угодий и посевных площадей в аграрном секторе // Аграрный вестник Урала. № 2(142), с. 38-42.
9. Лунева Н.Н. (2021). Сорные растения и сорная флора как основа фитосанитарного районирования (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. № 182 (2). с. 139-150.
10. Николкин Е.Г. (2014). Сорные и чужеродные растения Якутии // Российский журнал биологических инвазий. № 1. с. 41-46.
11. Николкин Е.Г. (2016). Сорные растения Якутии: наиболее опасные и агрессивные элементы флоры. Новосибирск: Наука, с. 264.

12. Основы технологии сельскохозяйственного производства. Земледелие и растениеводство. Под ред. В.С. Никляева. М.: Былина, 2000. с. 555.

13. Скрябин С.З., Караев М.Н. (1991). Зеленый покров Якутии. Якутск с. 113.

14. Спиридонов Ю.Я. (2004). Изменение видового состава сорняков / Ю.Я. Спиридонов, Л.Д. Протасов, Г.Е. Ларина // Защита и карантин растений. № 10. с. 18 — 19.

References

1. Baranov I.A. (2020). *Bespilotnyye tekhnologii v sel'skom khozyaystve*. [Unmanned technologies in agriculture], Moscow, Agropromizdat.
2. Buron V.N. (2019). *Proyektirovaniye baz dannykh* [Database design], Peter.
3. Vasil'yev A.I. (2021). *Sovremennyye metody monitoringa zasorennosti poley* [Modern methods of monitoring field weed infestation], Kazan', Izdatel'stvo Kazanskogo universiteta.
4. Gerasimov D.S. (2022). *Modeli baz dannykh* [Database models], Novosibirsk, Sibirskoye universitetskoye izdatel'stvo.
5. Zubarev YU.N., Fomin D.S., Chashchin A.N., Zabolotnova M.V. (2019). *Ispol'zovaniye bespilotnykh letatel'nykh apparatov v sel'skom khozyaystve* [Use of unmanned aerial vehicles in agriculture]. *Vestnik PFITS*, no. 2, pp.47-51.
6. Karavayev M.N., Skryabin S.Z. (1971) *Rastitel'nyy mir Yakutii* [Flora of Yakutia]. Yakutsk: Kn.izd-vo.
7. Kiselev A.N. (1971). *Sornyie rasteniya i меры bor'by s nimi* [Weeds and measures to control them], Moscow, Kolos.
8. Korotayev A.A., Novopashin L.A. (2015). *Primeneniye bespilotnykh letatel'nykh apparatov dlya monitoringa sel'skokhozyaystvennykh ugodiy i posevnykh ploshchadey v agrarnom sektore* [Application of unmanned aerial vehicles for monitoring agricultural lands and crop areas in the agricultural sector]. *Agrarnyy vestnik Urala*, no. 12(142), pp. 38-42.
9. Luneva N.N. (2021). *Sornyie rasteniya i sorная flora kak osnova fitosanitarnogo rayonirovaniya (obzor)* [Weeds and weed flora as a basis for phytosanitary zoning (review)]. *Trudy po prikladnoy botanike, geyetike i selektsii*, no. 182 (2), pp. 139-150.
10. Nikolin E.G. (2014). Weeds and alien plants of Yakutia. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy*, no. 1. pp. 41-46.
11. Nikolin Ye.G. (2016). *Sornyie rasteniya Yakutii: naibol'eye opasnyye i agressivnyye elementy flory* [Weeds of Yakutia: the most dangerous and aggressive elements of flora], Novosibirsk, Nauka.
12. *Osnovy tekhnologii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva. Zemledeliye i rasteniyevodstvo* (2000) [Fundamentals of agricultural production technology. Agriculture and plant growing]. Pod red. V.S. Niklyayeva, Moscow, Bylina.
13. Skryabin S.Z., Karaev M.N. (1991). *Zelenyy pokrov Yakutii*, Yakutsk, pp. 113.
14. YU.YA. Spiridonov, L.D. Protasov, G.E. Larina Spiridonov YU.YA. (2004.). *Izmeneniye vidovogo sostava sornyakov. Zashchita i karantin rastenij*, no. 10, pp. 18-19.

Информация об авторах:

Осипова Валентина Валентиновна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агрономии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7738-5485>, luzerna_2008@mail.ru

Платонова Агафья Захаровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6088-8801>, agafya.platonova.2016@mail.ru

Олесова Марианна Маратовна, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой общеобразовательных дисциплин, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9599-9664>, olesova1964@mail.ru

Коношук Лада Ярославовна, старший преподаватель кафедры агрономии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3348-5094>, olada87@gmail.com

Information about the authors:

Osipova V. Valentinovna, doctor of agricultural sciences, associate professor, head of the department of agronomy, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7738-5485>, luzerna_2008@mail.ru

Agafya Z. Platonova, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of agronomy, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6088-8801>, agafya.platonova.2016@mail.ru

Olesova M. Maratovna, candidate of pedagogical sciences, associate professor, head of the department of general education, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9599-9664>, olesova1964@mail.ru

Lada Y. Konoshchuk, senior lecturer at the department of agronomy, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3348-5094>, olada87@gmail.com