

Научная статья/Research Article

УДК 528.87

DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-16-32

Никита Владимирович Кирьяков<sup>1✉</sup>, Наталья Викторовна Бельмач<sup>2</sup>,

Сергей Алексеевич Маргелов<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup>platenumgeo@gmail.com

<sup>2</sup>belmachnatalya@mail.ru

<sup>3</sup>wasergeymargelov@gmail.com

## ДЕШИФРИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ТЕРРИТОРИИ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Цель исследований – определить дешифровочные признаки основных сельскохозяйственных культур, возделываемых на сельскохозяйственных угодьях Амурской области с использованием данных спутниковых наблюдений. Исследования осуществлялись в летний период 2024 г. на пахотных угодьях Михайловского муниципального района, территориально расположенного в южной части Амурской области (49°38' с. ш. и 128°38' в. д.). Объекты исследований – посевные площади, на которых возделываются такие сельскохозяйственные культуры, как соя, кукуруза, картофель, а также земли под парами, на летний период вегетации культур 2024 г. Изучение проводилось с использованием специализированной аппаратуры и программного комплекса дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и применением беспилотных авиационных систем (БАС). В исследованиях предложены дешифровочные признаки, позволяющие распознавать сельскохозяйственные культуры с применением методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в качестве подтверждения данных дистанционного зондирования были произведены выезды на интересующие сельскохозяйственные поля. Площадь исследований составляет более 10 тыс. га. По представленным дешифровочным признакам можно выявить такую информацию, как: период вспашки сельскохозяйственного поля, период вегетации и уборки определенной сельскохозяйственной культуры, подбор конкретных спутниковых данных высокого разрешения, определение цвета под конкретную сельскохозяйственную культуру благодаря использованию многовременных композитных цветосинтезированных изображений, формирование вегетационного графика NDVI с возможностью использования дополнительных функций. Ввиду наличия особенностей вегетации сельскохозяйственных культур в Амурской области, результаты полученных исследований могут быть применимы только в границах области. В целях повышения достоверности представленных значений и продолжения исследований по определению дешифровочных признаков планируется расширение представленного списка дешифровочных признаков для всех сельскохозяйственных культур и угодий на территориях муниципальных образований Амурской области с возможностью создания методико-картографического материала дешифровочных признаков сельскохозяйственных культур на территории Амурской области по данным спутниковых наблюдений.

**Ключевые слова:** изображения со спутника сельскохозяйственных угодий, дешифровочные признаки снимков спутника, композитные цветосинтезированные изображения, дистанционное зондирование Земли, спутник Sentinel-2, квадрокоптер DJI Mavic 2, сервис «ВЕГА»

**Для цитирования:** Кирьяков Н.В., Бельмач Н.В., Маргелов С.А. Дешифрирование признаков сельскохозяйственных культур на территории Амурской области по данным спутниковых наблюдений // Вестник КрасГАУ. 2025. № 4. С. 16–32. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-16-32.

Nikita Vladimirovich Kiryakov<sup>1✉</sup>, Natalia Viktorovna Belmach<sup>2</sup>, Sergey Alekseevich Margelov<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup>platenumgeo@gmail.com

<sup>2</sup>belmachnatalya@mail.ru

<sup>3</sup>wasergeymargelov@gmail.com

## DECODING THE FEATURES OF AGRICULTURAL CROPS IN THE AMUR REGION BASED ON SATELLITE OBSERVATION DATA

*The objective of the study is to determine the identifying features of the main agricultural crops grown on agricultural lands in the Amur Region using satellite observation data. Research was carried out in the summer of 2024 on the arable lands of the Mikhailovsky Municipal District, located in the southern part of the Amur Region (49°38' N and 128°38' E). The objects of the study are sown areas where such agricultural crops as soybeans, corn, potatoes are grown, as well as fallow lands, for the summer vegetation period of crops in 2024. The study was carried out using specialized equipment and software for Earth remote sensing (ERS) and unmanned aerial systems (UAS). Research proposes identifying features that make it possible to recognize agricultural crops using Earth remote sensing (ERS) methods; as a confirmation of the remote sensing data, trips were made to the agricultural fields of interest. The area of research is more than 10 thousand hectares. According to the presented decoding features, it is possible to identify such information as: the period of plowing of an agricultural field, the period of vegetation and harvesting of a certain agricultural crop, the selection of specific high-resolution satellite data, the definition of color for a specific agricultural crop due to the use of multi-temporal composite color-synthesized images, the formation of an NDVI vegetation schedule with the possibility of using additional functions. Due to the presence of features of vegetation of agricultural crops in the Amur Region, the results of the obtained studies can only be applied within the boundaries of the region. In order to increase the reliability of the presented values and continue research to determine the decoding features, it is planned to expand the presented list of decoding features for all agricultural crops and lands in the territories of municipalities of the Amur Region with the possibility of creating methodological and cartographic material for the decoding features of agricultural crops in the Amur Region based on satellite observations.*

**Keywords:** satellite images of agricultural lands, satellite image decoding features, composite color-synthesized images, Earth remote sensing, Sentinel-2 satellite, DJI Mavic 2 quadcopter, VEGA service

**For citation:** Kiryakov NV, Belmach NV, Margelov SA. Decoding the features of agricultural crops in the Amur Region based on satellite observation data. *Bulletin of KSAU*. 2025;(4):16-32. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-16-32.

**Введение.** В современных условиях активного использования земель сельскохозяйственного назначения космические данные являются важным инструментом повышения эффективности и устойчивости сельскохозяйственной деятельности, позволяя землевладельцам и землепользователям проводить мониторинг использования земель и посевов, улучшить качество продукции растениеводства. Применение методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для сельскохозяйственной отрасли представляет собой информационную базу данных на основании спутниковых наблюдений, получаемую в режиме приближенного к реальному времени и обрабатываемую в специализированных программных продуктах, предоставляющие возможность просмотра данных высо-

кого пространственного разрешения [1]. По данным Федеральной службы государственной статистики Амурской области, в настоящее время Амурская область занимает первое место по производимым объемам сельскохозяйственной продукции, особенно сои, в сравнении с остальными субъектами Дальневосточного федерального округа Российской Федерации [2]. Область относится к зоне рискованного земледелия, поэтому постоянный контроль посевов позволит адаптироваться сельхозтоваропроизводителям к постоянно изменяющимся условиям и минимизировать риски потерь урожая.

Результаты космических исследований позволяют выявлять сельскохозяйственные угодья, устанавливать их видовой состав. Дешифрирование космических снимков земной поверхности

позволяет распознавать виды сельскохозяйственных культур, при этом необходимо выделить дешифровочные признаки, позволяющие с высокой точностью и в кратчайшие сроки выявлять культуры на пашне. Перед определением дешифровочных признаков сельскохозяйственных культур была проведена колоссальная работа по актуализации векторного слоя и корректировке всех сельскохозяйственных угодий в границах Амурской области, что дает основание для проведения дальнейших исследований в области дистанционного зондирования.

Многoletний анализ структуры сельскохозяйственных угодий позволяет сделать вывод, что большую половину всех посевных площадей занимает соя. По данным открытых источников установлено, что в 2024 г. соя занимает 900 311,5 га, по результатам актуализации 2024 г. методами дистанционного зондирования посевная площадь составляет 935 043,0 га, что больше на 3,8 % в сравнении с данными открытых источников [2]. В Амурской области стоит задача к 2030 г. повысить валовые сборы сои до 2 000 000 т. Для достижения поставленной задачи и обеспечения продовольственной безопасности региона, помимо разработки рекомендательной системы по возделыванию сельскохозяйственных культур, требуется организация эффективной работы посредством использования спутникового мониторинга сельскохозяйственных угодий. Благодаря данному мониторингу у регионального органа исполнительной власти в лице Министерства сельского хозяйства Амурской области и местных сельхозтоваропроизводителей появляется возможность контроля со-

стояния сельскохозяйственных культур, получения метеоданных, таких как температура, влажность, осадки, атмосферное давление, облачность и др., возможность сравнения текущих показателей со среднесезонными показателями начиная с 2000-х гг.

**Цель исследований** – определить дешифровочные признаки основных сельскохозяйственных культур, возделываемых на сельскохозяйственных угодьях Амурской области с использованием данных спутниковых наблюдений. Разработанные рекомендации могут быть применены для всех муниципальных образований Амурской области.

**Объекты и методы.** Сельскохозяйственная деятельность является одной из ключевых отраслей экономического благополучия Амурской области и Российской Федерации в целом. Амурская область является ведущим аграрным субъектом Дальневосточного федерального округа, сама деятельность в области представляет собой растениеводство, валовые сборы которого растут в последние годы, приоритетными также являются животноводство, рыболовство и др. В сравнении с другими субъектами доля производства сои в Амурской области составляет 21 % от валовых сборов сои Российской Федерации, в Дальневосточном федеральном округе на долю производства сои Амурской области приходится 71 %. По данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) (за 2024 г. в Амурской области урожайность сои по муниципалитетам приведены в табл.), средняя урожайность по муниципальным образованиям составляет 15,4 ц/га.

### Урожайность сои в Амурской области по муниципалитетам Soybean yield in the Amur region by municipalities

| Муниципальное образование       | Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) за 2024 г. |             |
|---------------------------------|---|-------------|
|                                 | Урожайность, ц/га   | Площадь, га |
| 1                               | 2   | 3           |
| Архаринский муниципальный район | 14,2  | 31 722      |
| Бурейский муниципальный район   | 17,5  | 29 765      |
| Городской округ г. Белогорск    | 14,5  | 105 149     |
| Городской округ г. Благовещенск | 15,7  | 37 203      |
| Городской округ г. Зея          |   | 1 164       |
| Городской округ г. Свободный    | 11,6  | 25 894      |
| Городской округ г. Шимановск    |   | 1 367       |
| Завитинский муниципальный округ | 15,7  | 27 571      |

| 1                                    | 2    | 3       |
|--------------------------------------|------|---------|
| Ивановский муниципальный округ       | 17,1 | 101 810 |
| Константиновский муниципальный район | 17,2 | 80 370  |
| Магдагачинский муниципальный район   |      | 1 485   |
| Мазановский муниципальный район      | 11,8 | 18 339  |
| Михайловский муниципальный район     | 18,1 | 125 775 |
| Октябрьский муниципальный район      | 18,1 | 112 639 |
| Ромненский муниципальный район       | 13,9 | 45 798  |
| Серышевский муниципальный район      | 12,7 | 69 910  |
| Тамбовский муниципальный район       | 18,4 | 118 823 |
| Город Райчихинск                     |      | 313     |
| Суммарный                            |      | 935 043 |

Но для удержания такой позиции и ее наращивания область ставит задачи перед агропромышленными комплексами региона в использовании данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с целью мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий и сельскохозяйственных культур, выращиваемых на полях области. Для решения такого рода задач применяются методы спутникового наблюдения с возможностью дешифрирования сельскохозяйственных культур с применением дешифровочных признаков, идентификации и определения культуры по определенным признакам, существующим в дистанционном зондировании Земли (ДЗЗ), а также спутниковой съемочной аппаратуры, установленной на космических аппаратах [3].

Для проведения исследований при помощи специализированного программного обеспечения в дистанционном режиме с использованием многовременных композитных цветосинтезированных изображений произведен отбор земель сельскохозяйственного назначения. Объектом исследований явились сельскохозяйственные угодья на территории Михайловского муниципального района Амурской области, являющегося одним из передовых районов области в растениеводческой отрасли. Исследования проводились в период вегетации основных сельскохозяйственных культур 2024 г. с применением спектральных данных со спутников Sentinel-2.

Полученные спутниковые изображения стали возможны благодаря спутникам семейства Sentinel-2 (рис. 1), созданным под руководством международной космической организации стран Европы (Европейское космическое агентство) и начавшим свою миссию с 2015 г. под руководством спутника А-серии, с 2017 г. – подключенного спутника В-серии и с 2024 г. дополнительно подключенного спутника С-серии. Эти спутники находятся на солнечно-синхронной орбите (около 786 км от поверхности Земли), спутники такого типа располагают на себе две многоспектральные камеры, содержащие в себе 13 спектральных каналов диапазона 0,443–2190 мкм, основными из них являются: зеленый, крайний красный, ближний инфракрасный коротковолновый, инфракрасный с разными длинами волны и шириной полосы захвата в 290 километров, с пространственным разрешением в 10, 20 и 60 метров в зависимости от характеристики снимаемой цели. Спутниковые данные используют с целью получения изображения сельскохозяйственных культур, определения многочисленных показателей, таких как индекс вегетации NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), содержание хлорофиллов, воды в растениях, тип растительности, водно-физические и химические свойства почвы и водной поверхности [4].



Рис.1. Спутник Sentinel-2 (A; B; C).

*Sentinel-2 satellite (A; B; C).*

В целях получения более точных результатов исследований, помимо использования в работе спутниковых изображений, требуется подтверждение информации, полученной дистанционными методами. Для подтверждения такого рода информации проводилось выездное полевое обследование на сельскохозяйственные угодья, расположенные на территории Михайловского муниципального района Амурской области. Для качественного и объективного фиксирования получаемой информации при обследовании сельскохозяйственных полей применялась беспилотная авиационная система (БАС), квадрокоптер DJI Mavic 2 (рис. 2), способный фиксировать информацию о земной поверхности на установленную 12-мегапиксельную камеру с возможностью записи фотоматериала и видеоматериала, отдаления от точки взлета на расстояние в 18 км и взлетом на высоту в 6 км, развивающего максимальную скорость в 72 км/ч, снабженного дополнительно аккумуляторными батареями для возможности долговременной и бесперебойной работы [5].

Съемка с использованием квадрокоптера DJI Mavic 2 проводилась с применением пульта дистанционного управления, подключенного к

мобильному устройству с предварительно загруженным на него программного обеспечения для контроля за состоянием беспилотной авиационной системы (БАС). Перед выездом было составлено полетное задание, при котором учитывается цель дальнейшего полета, оцениваются параметры предстоящей съемки, планируется маршрут съемки и проводится настройка параметров камеры. Выбор позиций для фотографирования целей устанавливается заранее и выбирается исходя из ландшафтных особенностей обследуемой местности.

Высота полета квадрокоптера устанавливается во время подготовки полетного задания, с учетом наличия препятствий, цели съемки и зон запрета полета; для исследования установлены следующие характеристики полета:

- перспективное изображение цели – высота не более 100 м;
- плановое изображение цели – высота не более 50 м;
- повторное плановое изображение цели для детального рассмотрения располагаемой сельскохозяйственной культуры – высота не более 10 м.



Рис. 2. Квадрокоптер DJI Mavic 2.

*Quadcopter DJI Mavic 2*

Обработка спутниковых изображений, полученных от спутников семейства Sentinel-2, возможна несколькими способами. В первом способе снимки от спутников сначала загружаются в коммуникационный узел, после чего изображения в 13 каналах можно загрузить в сервис по геоинформационной обработке для проведения ряда математических операций с целью получения многовременного композитного цветосинтезированного изображения. Во втором способе предоставляется возможность использования сервиса для профессиональной работы со спутниковыми данными, сервис ВЕГА создан для анализа растительности и оперативного мониторинга с возможностью работы с долговременными, оперативными, высококачественными спутниковыми изображениями на территории всей Российской Федерации и отдельных регионов мира (рис. 3). Основанием в применении данного сервиса для исследования стали определенные факторы, а именно: сервис разработан в Российской Федерации Институтом космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН); в основу сервиса заложены многолетние разработки института; основными моментами, заложенными в сервис, являются автоматический сбор, архивация полученных данных, обработка и распространения данных; получение обновляемых спутниковых

изображений в режиме, приближенном к реальному времени; наличие огромного архива данных (около 8 Пбайт в общем) на интересующую местность; ежедневное обновление с начала XXI в. [6].

Сервис ВЕГА позволяет получать данные спутниковых изображений от спутников семейства Sentinel-2 без использования сервисов по геоинформационной обработке, сервис в автоматическом режиме производит математические операции с изображениями и предоставляет готовое многовременное композитное изображение, что определенно упрощает ряд некоторых задач при работе со спутниковыми изображениями.

Предоставление доступа к сервису ВЕГА осуществляется на бесплатной основе в рамках сотрудничества с Институтом космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) и региональным Министерством сельского хозяйства с целью проведения ежегодной актуализации векторного слоя сельскохозяйственных полей в границах Амурской области.

По результатам проведения актуализации с применением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) за 2024 г. (рис. 4) площадь пашни составила 1 322 025,7 га, что на 0,8 % больше, чем в 2023 г. (1 311 220,01 га).

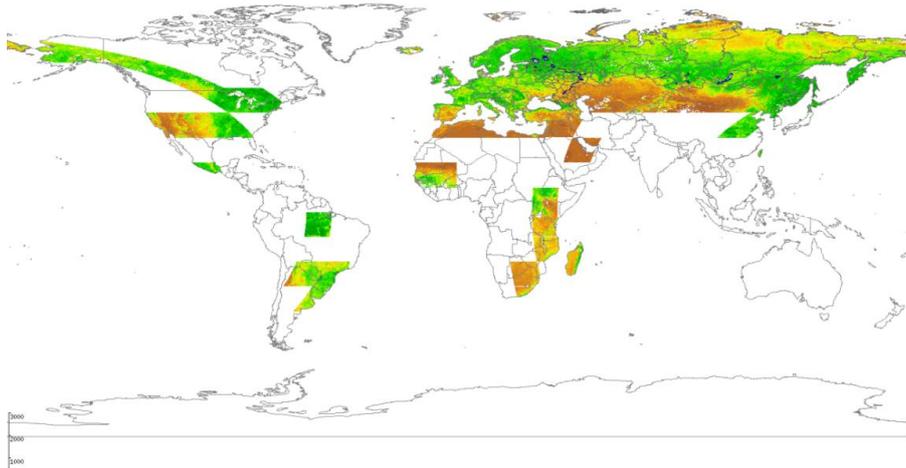


Рис. 3. Текущая зона интереса сервиса ВЕГА

*Current area of interest of the VEGA service*

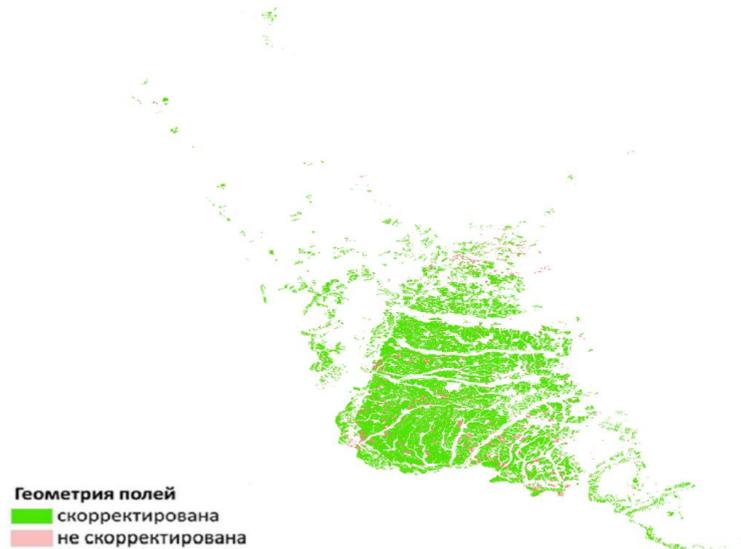


Рис. 4. Актуализированная карта земель сельскохозяйственного назначения в границах Амурской области за 2024 г.

*Updated map of agricultural lands within the borders of the Amur Region for 2024.*

Площадь сельскохозяйственных культур, по данным ДЗЗ, в 2024 г. составила 1 160 134,0 га, по открытым данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Амурской области этот показатель составляет 1 142 736,9 га, что меньше на 1,5 %, или на 17 397,1 га.

Спутниковые изображения, полученные от спутников Sentinel-2, имеют аппаратуру под обозначением MSI – это широкополосный многоспектральный датчик изображения, созданный для исследования в области мониторинга Земли [7]. Получаемые снимки со спутника являют-

ся многоканальными, с разной длиной волны, пропускной способностью и пространственным разрешением [8]. Для синтезирования изображения в красное, зеленое, синее (RGB) изображение требуются каналы 4, 3, 2 или 12, 8, 4 соответственно. Сам синтез изображений позволит разделить разные объекты или одинаковые объекты с разными свойствами, для примерного понимания по результатам исследования были составлены схемы синтезирования каналов с изображением очага пожара на сельскохозяйственном поле (рис. 5).



Рис. 5. Пример RGB-синтеза изображений в разных спектральных каналах

*Example of RGB synthesis of images in different spectral channels*

При изучении данных космической съемки активно используется спектральный индекс, позволяющий увидеть зависимость потока электромагнитных излучений от частоты излучения. Одним из наиболее часто используемых индексов является нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI), воспроизводящийся излучением растительности и результатами выполнения математических операций с данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), полученными в спектральных каналах 4 и 8 спутников Sentinel-2.

Вегетационный индекс работает с изображением сельскохозяйственных культур по принци-

пу отражения от растений световых волн. В зависимости от состояния растений на сельскохозяйственных полях меняется и отражательная способность. Сам индекс имеет интерпретацию числового показателя от 0 до 1: значение индекса 0–0,15 означает вспаханную почву без растительного покрова; индекс 0,15–0,3 соответствует началу вегетации культуры; индекс 0,3–0,5 означает набор зеленой массы; индекс от 0,5 и выше (но не более 1) означает нормальное развитие растений [9]. В целях наглядности и понимания составлен пример синтеза исследуемой местности в спектральных каналах 4 и 8 для индекса NDVI (рис. 6).



Рис. 6. Пример синтеза изображений в спектральном индексе NDVI

*Example of image synthesis in the NDVI spectral index*

**Результаты и их обсуждение.** Результатами исследования стали сформированные признаки дешифрования основных сельскохозяйственных культур, возделываемых на территории Амурской области, а именно:

- соя;
- кукуруза;
- картофель;
- земли под парами.

При визуальном дешифрировании с применением таких дешифровочных признаков, как форма, текстура и размер изображения, можно распознать только видовой состав сельскохозяйственных угодий, распознавание культур в этом

случае невозможно. Поэтому представленные исследования заключаются в установлении дешифровочных признаков, определяемых на основе спутниковых изображений, многовременных композитных цветосинтезированных изображений, фотографического материала с беспилотных авиационных систем (БАС), результатов аэрофотосъемки квадрокоптера DJI Mavic 2 и базы пространственных данных профессионального сервиса ВЕГА, предоставившего доступ к спутниковым изображениям, многовременным композитным цветосинтезированным изображениям и способного в автоматическом режиме составить график хода NDVI по каждому интересующему сельскохозяйственному полю.

Соя относится к одной из самых популярных культур из семейства зернобобовых. В Амурской области соя является важной экономической и сельскохозяйственной культурой, в промышленности соя подвергается переработке, из продуктов переработки сои возможно создание муки, молока, сыра, соусов. При грамотном чередовании соевая культура позволяет насытить почву азотом (N), помогает в борьбе с сорной растительностью. Соя является самой востребованной культурой в Амурской области, ее стоимость в несколько раз превышает стоимость зерновых культур, весьма развит рынок сбыта данной культуры, все это обуславливает большую долю посевных площадей сои.

В большинстве сельскохозяйственных предприятий соя является монокультурой, что гово-

рит об отсутствии севооборотов на пахотных угодьях. Научно обоснованное чередование культур позволяет повысить продуктивность пашни и получать стабильно высокие урожаи растениеводческой продукции. Представленные исследования позволят распознать сельскохозяйственные культуры в границах изучаемой территории в автоматическом режиме, выявив структуру посевных площадей. Для этих целей следует выделить и обосновать применение дешифровочных признаков. Изучив возможности сервиса ВЕГА, в исследованиях представлены следующие признаки дешифрирования основных сельскохозяйственных культур Амурской области (рис. 7).

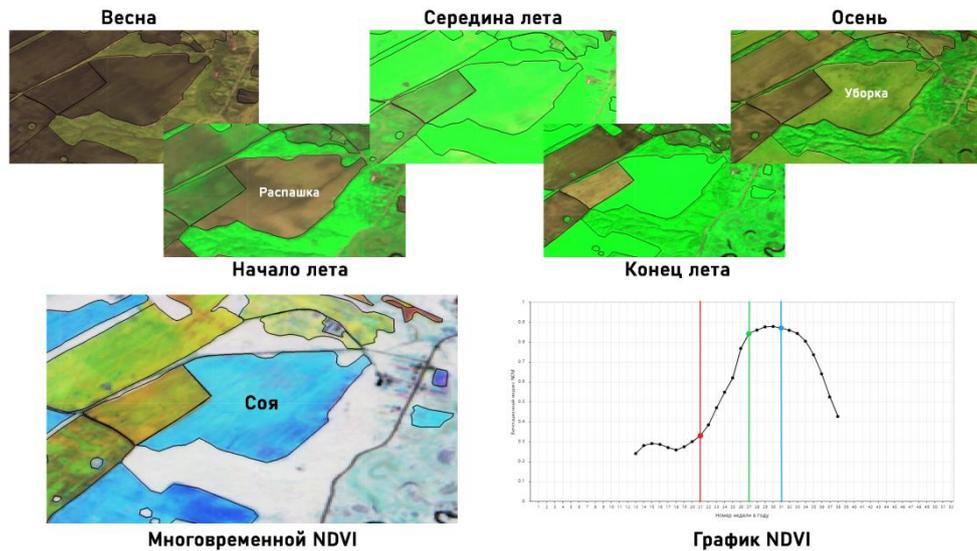


Рис. 7. Признаки дешифрирования сои

#### Signs of soybean decoding

Полученные дешифровочные признаки сои, составленные преимущественно по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), предоставляют возможность определения ряда характеристик. По данным спутниковых наблюдений установлено, что период распашки пашни под посев сои начинается в начале лета, далее производится посев культуры, в середине лета и конце лета происходит набор зеленой массы, в начале осени проводятся мероприятия по уборке этой культуры. По многовременным композитным цветосинтезированным изображениям культура показана в голубом цвете, такой цвет характерен для сроков вегетации в теплый период согласно графику хода NDVI, в конце мая или начале июня (21–22-я неделя) (красный

цвет) наблюдаемая вегетация слабая и подтверждается вегетационным индексом, составляющим около 0,35, по истечении времени в начале июля (27-я неделя) (зеленый цвет) наблюдается рост вегетационного индекса, составляющего около 0,80, и в августе (31-я неделя) (синий цвет) наблюдаемая вегетация (индекс вегетации около 0,80) осталась без изменений. Вегетация сои на графике хода NDVI обозначена черной линией. График вегетационного развития и вегетационный индекс подтверждают наличие на поле такой культуры, как соя. Для подтверждения представленных дешифровочных признаков формируется полевое обследование посевных площадей изучаемой территории с выездом на местность и фотографирова-

нием при помощи беспилотной авиационной системы (БАС), результаты обследования и подтверждения наличия на сельскохозяйствен-

ном поле культуры изображены на рисунке 8 с разной высотой фотографирования.

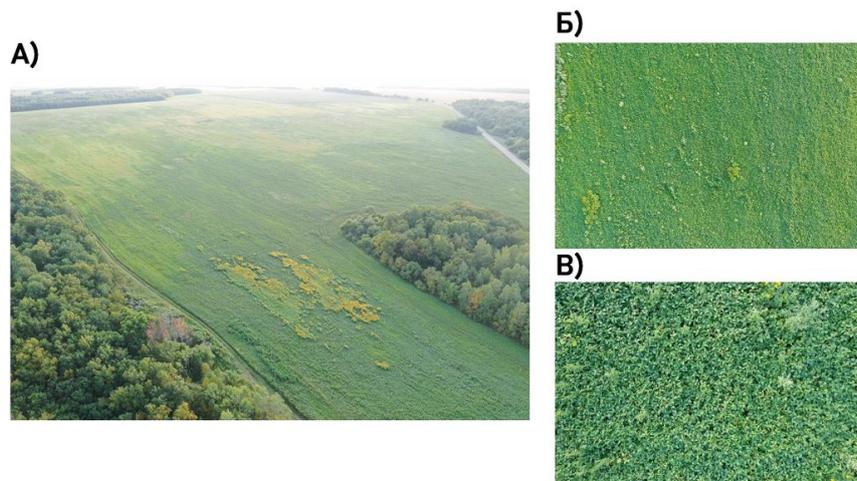


Рис. 8. Фактическое изображение сои: А – перспективное изображение на высоте 100 м; Б – плановое изображение на высоте 50 м; В – плановое изображение на высоте 10 м

Actual image of soybeans: A – perspective image at a height of 100 m; Б – plan image at a height of 50 m; В – plan image at a height of 10 m

Одной из ключевых древних культур из семейства злаковых является кукуруза, используемая повсеместно в пищевой, кормовой и других промышленных нуждах. Культура широко ценится в Амурской области для получения зерна, применяемого в животноводческой деятельности. В промышленности зерно кукурузы используют для изготовления муки, круп, хлопьев, глюкозы и др. Сами зерна содержат богатый набор витаминов А, В, Е, С, D, F, аминокислот, солей и полезных элементов [10]. В настоящее

время кукуруза, производимая в Амурской области, активно импортируется в Китайскую Народную Республику и Корейскую Народную Демократическую Республику, а также в соседние регионы области. Посевные площади данной культуры в области увеличиваются, что говорит о ее востребованности. Для кукурузы также выделены дешифровочные признаки, позволяющие идентифицировать данную культуру на космических снимках (рис. 9).

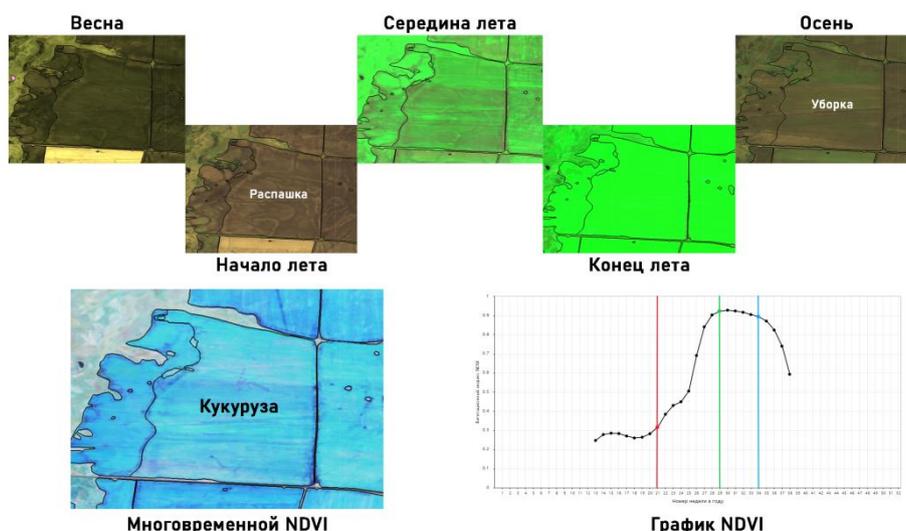


Рис. 9. Признаки дешифрирования кукурузы

Signs of corn decoding

Полученные дешифровочные признаки кукурузы, составленные преимущественно по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), предоставляют возможность определения ряда характеристик изучаемой культуры. Установлено, что период распашки под посев кукурузы начинается в начале лета, далее происходит посев, в середине лета кукуруза начинает набор зеленой массы, в конце лета культура достигает максимальных показателей NDVI, осенью проводятся мероприятия по уборке этой культуры. По многовременным композитным цветосинтезированным изображениям культуру можно распознать по голубому окрасу контура, такой же цвет характерен для сои, поэтому применение только одного дешифровочного признака при распознавании культур недостаточно. Однако график хода NDVI, характеризующий вегетационный индекс, доказывает, что это разные культуры. Сам цвет обус-

ловлен сроками вегетации в теплый период согласно сформированному графику хода NDVI, в конце мая или начале июня (21–22-я неделя) (красный цвет) наблюдается слабая вегетация, составляющая около 0,35, по истечении времени к июлю происходит набор зеленой массы (29-я неделя) (зеленый цвет) и наблюдаемый рост вегетации составляет около 0,90, в августе (34-я неделя) (синий цвет) наблюдаемая вегетация имеет такой же показатель – 0,90. Динамика нарастания зеленой массы за вегетационный период кукурузы на графике хода NDVI обозначена черной линией. Для подтверждения дешифровочных признаков формируется полевое обследование с выездом на местность и фиксацией с применением беспилотной авиационной системы (БАС), результаты обследования и подтверждения наличия культуры на поле изображены на рисунке 10 с разной высотой фотографирования.

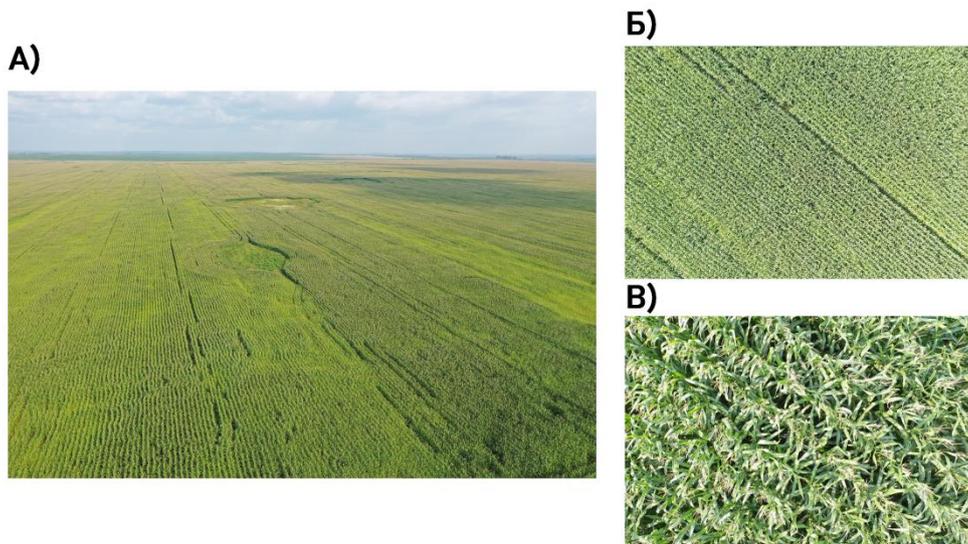


Рис. 10. Фактическое изображение культуры:

А – перспективное изображение на высоте 100 м; Б – плановое изображение на высоте 50 м;

В – плановое изображение на высоте 10 м

Actual image of the crop:

А – perspective image at a height of 100 m; Б – plan image at a height of 50 m;

В – plan image at a height of 10 m

Одним из важных продуктов питания человека является картофель, который активно возделывается в личных подсобных хозяйствах. В Амурской области эта культура способствует развитию сельскохозяйственной деятельности, заменяя собой продовольственные, кормовые и технические культуры. В клубнях картофеля содержится большое количество крахмала,

аминокислот, белков и минеральной соли, с таким содержанием, как у картофеля, не сможет сравниться любая другая сельскохозяйственная культура, также картофель обеспечивает население продуктами питания [10]. Дешифровочные признаки картофеля имеют свои особенности и изображены на рисунке 11.

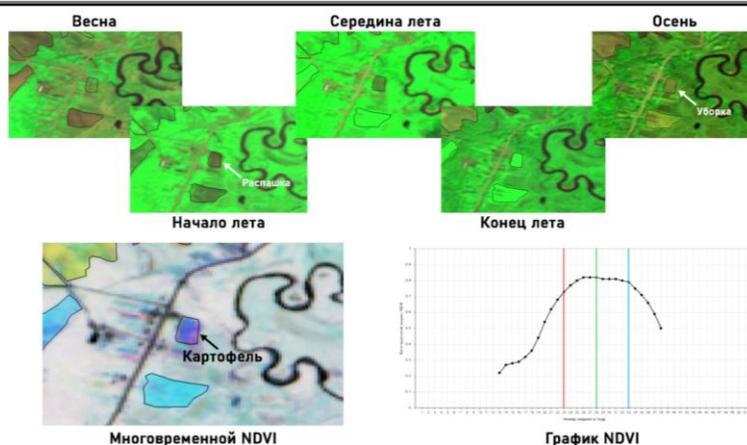


Рис. 11. Признаки дешифрирования картофеля

*Signs of potato decoding*

Полученные дешифровочные признаки картофеля, составленные преимущественно по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), предоставляют возможность определения ряда характеристик этой культуры. Период распашки под посадку картофеля начинается в конце весны – начале лета и затем проводится посев культуры, в середине лета картофель набирает зеленую массу, в конце лета он достигает возможного набора зеленой массы и осенью производят сбор картофеля. По многовременным композитным цветосинтезированным изображениям картофель имеет синий цвет с небольшим оттенком фиолетового, сам цвет обусловлен сроками вегетации в теплый период. Вегетация картофеля обозначается черной линией на графике хода NDVI, согласно которому в конце мая или ближе к началу июня (23–24-я неделя) (красный цвет) наблюдается динамичный

набор зеленой массы, индекс NDVI составляет около 0,70, в июле (28-я неделя) (зеленый цвет) наблюдаются небольшие и незначительные изменения в вегетации культуры, этот показатель составляет 0,80. По данным сформированного графика хода NDVI, в августе (33–34-я неделя) наблюдается уменьшение вегетации, этот показатель составляет не более 0,80. Обязательным условием в ходе проведения исследований является подтверждение дешифровочных признаков фотофиксацией на местности. Полевое обследование выполняется, как и для остальных исследуемых культур, с применением беспилотной авиационной системы (БАС), результаты обследования и подтверждения наличия на сельскохозяйственном поле культуры изображены на рисунке 12 с разной высотой фотографирования, что указывает на достоверность полученных результатов.

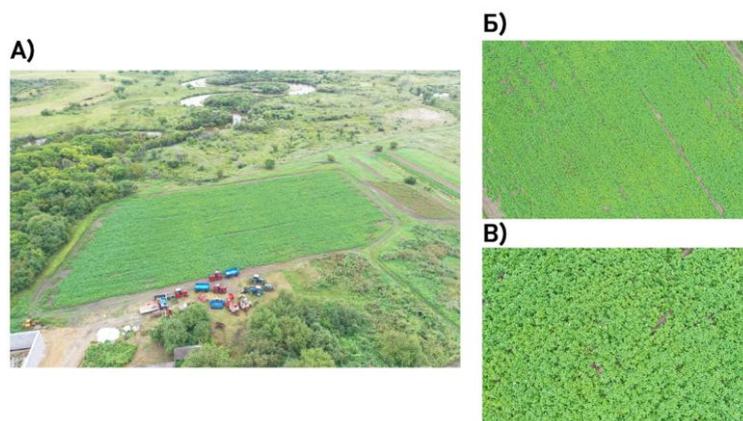


Рис. 12. Фактическое изображение культуры: А – перспективное изображение на высоте 100 м; Б – плановое изображение на высоте 50 м; В – плановое изображение на высоте 10 м

*Actual image of culture: A – perspective image at a height of 100 m; Б – horizontal image at a height of 50 m; В – horizontal image at a height of 10 m*

Земли под парами – это земли, которые временно не используются для сельскохозяйственного выращивания растений. По существу паровое поле является эффективным средством для накопления питательных веществ в почве, борьбы с сорной растительностью, вредителями, болезнями, что впоследствии даст урожайность будущих сельскохозяйственных культур.

В Амурской области эти земли помогают улучшить качество почвы и повысить ее плодородие в сельскохозяйственном производстве, предоставив возможность получать стабильно высокие урожаи [10]. По космическим данным земной поверхности, земли под парами также можно распознать по представленным дешифровочным признакам (рис. 13–15).

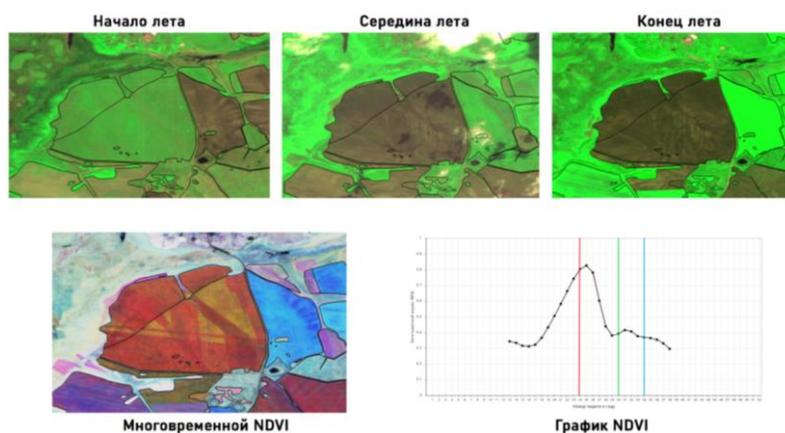


Рис. 13. Признаки дешифрирования земель под парами (красный цвет)

#### Signs of decoding fallow lands (red color)

Земли под парами на многовременных композитных цветосинтезированных изображениях показаны красным цветом, это обуславливается периодами вегетации растительности в границах изучаемых контуров пашни. Применив данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), получаем ряд характеристик изучаемого объекта. На пашне под парами отсутствуют сельскохозяйственные культуры, однако график указывает на нарастание зеленой массы в границах поля, это говорит о вегетации сорной растительности. По данным сформированного графика хода NDVI, в начале лета (24–25-я неделя) на сельскохозяйственном поле отмечается наличие сорной растительности, что подтверждается значением индекса вегетации, который составляет около 0,80, в середине лета (30-я неделя) и конце лета (34-я неделя) из-за проведения различного рода пахотных мероприятий на поле вегетационный индекс не превышает 0,40. Достоверность изучаемых признаков дешифрирования и точность полученных исследований обуславливают необходимость проведения полевого обследования. На местности, в ходе полевых работ, также производится аэрофотосъемка с применением беспилотной авиационной системы (БАС), результаты полевого обследования указаны на рисунке 16 с разной высотой фотографирования.

Одним из дешифровочных признаков является цвет контура на многовременных композитных цветосинтезированных изображениях, земли под парами на таких снимках показаны фиолетовым цветом, это обуславливается периодами вегетации растительности на пашне. Используя данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), получаем ряд характеристик. Вегетация пашни на графике хода NDVI обозначается черной линией, в соответствии с которой, в начале лета (24–26-я неделя) на сельскохозяйственном поле имеется наличие сорной растительности, наблюдаемая вегетация на поле составляет около 0,70, далее проводятся пахотные мероприятия и в середине лета (31-я неделя) показатели вегетации составляют около 0,45, после чего на пашне снова происходит рост зеленой массы и в конце лета (34-я неделя) показания вегетации составляют около 0,80. Для подтверждения дешифровочных признаков формируется полевое обследование с выездом на местность и фотографированием с помощью беспилотной авиационной системы (БАС), результаты обследования и подтверждения наличия на сельскохозяйственном поле культуры изображены на рисунке 16 с разной высотой фотографирования.

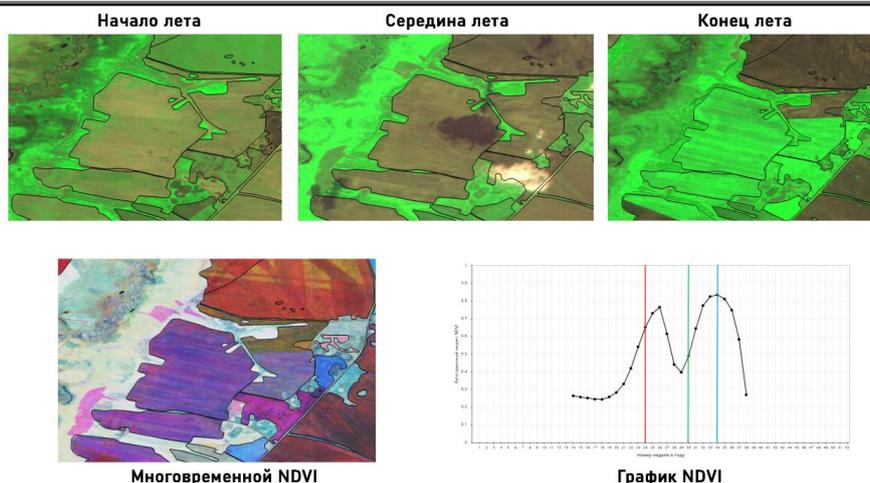


Рис. 14. Признаки дешифрирования земель под парами (фиолетовый цвет)  
Signs of decoding fallow lands (purple color)

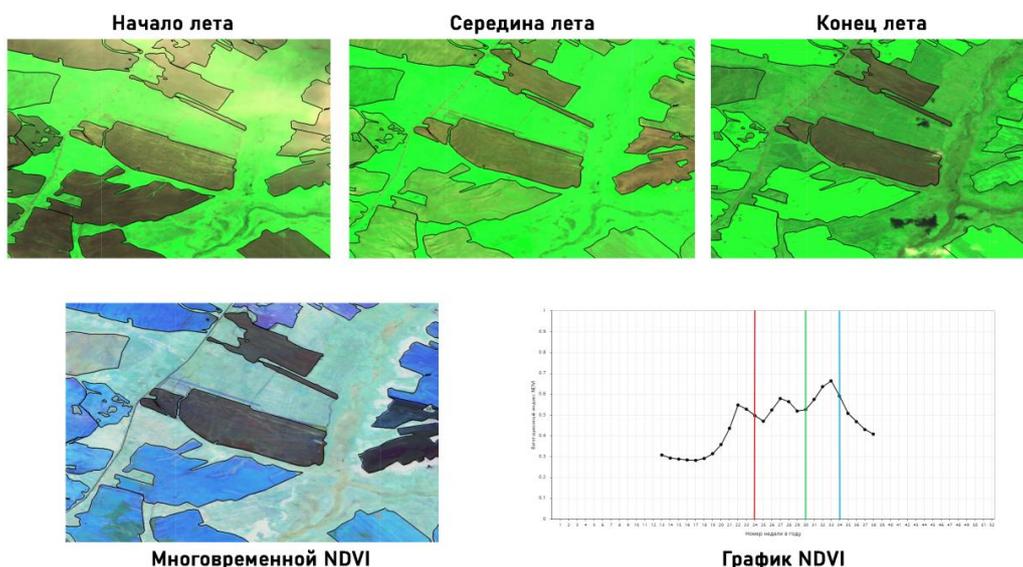


Рис. 15. Признаки дешифрирования земель под парами (черный цвет)  
Signs of decoding fallow lands (black color)

Полученные дешифровочные признаки земель под парами на многовременных композитных цветосинтезированных изображениях показаны черным цветом, это обуславливается периодами вегетации на пашне. Используя данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), получаем ряд характеристик. В начале лета (24-я неделя) на сельскохозяйственном поле наличие сорной растительности маловероятно, значение вегетации составляет около 0,50, в середине лета (30-я неделя) показатели вегетации не превышают значений 0,55, в конце лета (34-я неделя) показатели вегетации составляют около 0,60. Вегетация пашни на графике хода

NDVI обозначается черной линией. Показатели вегетации по графику хода NDVI не превышают значений более 0,60, так как на пашне в течение всего летнего периода проводятся пахотные мероприятия, и сорная растительность не успевает набрать зеленую массу. Для подтверждения дешифровочных признаков формируется полевое обследование с выездом на местность и фотографированием с помощью беспилотной авиационной системы (БАС), результаты обследования и подтверждения наличия на сельскохозяйственном поле культуры изображены на рисунке 16 с разной высотой фотографирования.

По представленным дешифровочным признакам и проведенной актуализации пахотных земель приведены актуальные данные структу-

ры посевных площадей на территории Амурской области (рис. 17).

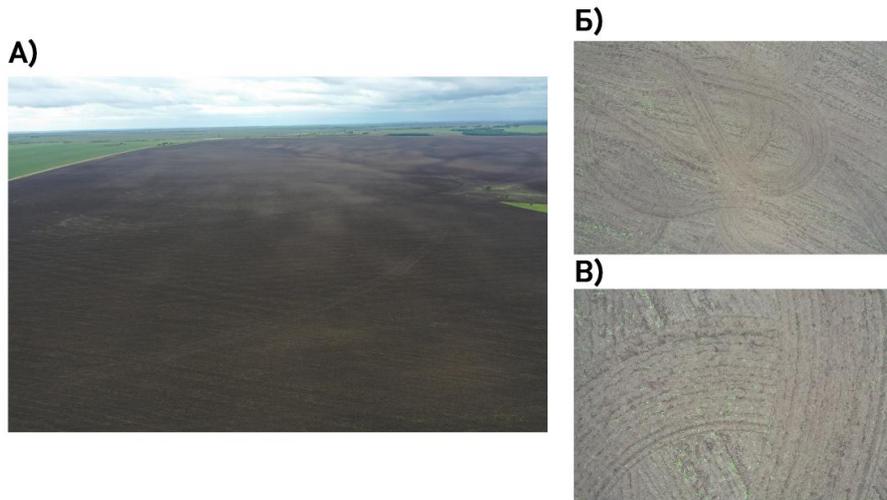


Рис. 16. Фактическое изображение земель под парами:  
 А – перспективное изображение на высоте 100 м; Б – плановое изображение на высоте 50 м;  
 В – плановое изображение на высоте 10 м

Actual image of fallow lands:

А – perspective image at a height of 100 m; Б – plan image at a height of 50 m;  
 В – plan image at a height of 10 m



Рис. 17. Структура посевных площадей по данным спутникового мониторинга

Structure of crop areas according to satellite monitoring data

Наибольшую площадь в структуре посевных площадей занимает соя, на долю которой приходится 73 %, на долю зерновых культур приходится 11 %, а на долю кукурузы – 5 % от общих посевных площадей Амурской области.

**Заключение.** В ходе исследований, в целях распознавания сельскохозяйственных культур на пахотных землях, установлено и обосновано применение таких дешифровочных признаков, как изображение объектов на многовременных композитных цветосинтезированных изображе-

ниях и сформированных графиков хода NDVI. Изучение дешифровочных признаков, составленных по результатам спутниковых изображений дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с подтверждением фактического их местоположения проводилось в Михайловском муниципальном районе Амурской области. Признаки могут применяться при просмотре многовременных композитных цветосинтезированных изображений, обычных спутниковых изображений для определения ряда характеристик, таких как период вспашки сельскохозяйственного поля, период вегетации определенной культуры, период уборки сельскохозяйственных культур, подбор конкретных спутниковых данных высокого разрешения, формирование вегетационного графика NDVI для перечисленных ранее сельскохозяйственных культур и угодий. Ввиду наличия особенностей вегетации сельскохоз-

венных культур в Амурской области результаты полученных исследований могут быть применимы только в границах области. Методы дистанционного зондирования Земли в сельскохозяйственной деятельности по проведенным исследованиям являются эффективным инструментом для получения данных о сельскохозяйственных культурах и угодьях. В целях повышения достоверности представленных значений и продолжения исследований по определению дешифровочных признаков планируется расширение представленного списка дешифровочных признаков для всех сельскохозяйственных культур и угодий на территориях муниципальных образований Амурской области с возможностью создания методико-картографического материала дешифровочных признаков сельскохозяйственных культур на территории Амурской области по данным спутниковых наблюдений.

#### Список источников

1. Бутрова Е.В., Денисов Ю.В., Ковков Д.В., и др. Дистанционное зондирование земли и современные концепции управления на примере сельскохозяйственной отрасли // Вопросы электро-механики. Труды ВНИИЭМ. 2019. Т. 170, № 3. С. 28–39. EDN: GRCDMY.
2. On agricultural production in the Amur Region in 2020. Blagoveshchensk: Federal State Statistics Service of the Amur Region. Доступно по: <https://28.rosstat.gov.ru/news/document/115812>. Ссылка активна на 27.01.2025.
3. Ерунова М.Г., Кузнецова А.С. Спутниковый мониторинг сельскохозяйственных угодий ОПХ «Курагинское». В сб.: Международная научная конференция «Современные проблемы рационального природообустройства и водопользования», 15 ноября 2022 г. Красноярск: Красноярский ГАУ, 2023. С. 18–21. EDN: BLXHCQ.
4. Sentinel-2 operations. The European Space Agency. Доступно по: [https://esa.int/Enabling\\_Support/Operations/Sentinel-2\\_operations](https://esa.int/Enabling_Support/Operations/Sentinel-2_operations). Ссылка активна на 30.01.2025.
5. Characteristics DJI Mavic 2. Доступно по: <https://dji.com/ru/mavic-2/info>. Ссылка активна на 27.01.2025.
6. Лупян Е.А., Барталев С.А. Возможности сервиса спутникового мониторинга ВЕГА для информационной поддержки федеральных и региональных органов управления агропромышленным комплексом. В сб.: Первая Всероссийская конференция «Информационные технологии на службе агропромышленного комплекса России»; 5–6 апреля 2017 г. М., 2017. Доступно по: [http://smiswww.iki.rssi.ru/files/presentations/2017/loupian\\_agrochimkomplex.pdf](http://smiswww.iki.rssi.ru/files/presentations/2017/loupian_agrochimkomplex.pdf). Ссылка активна на 28.01.2025.
7. Степанов А.С., Асеева Т.А., Дубровин К.Н. Влияние климатических характеристик и значений вегетационного индекса NDVI на урожайность сои (на примере районов Приморского края) // Аграрный вестник Урала. 2020. № 01 (192). С. 10–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19. EDN: CLYLYV.
8. Коротков А.А., Астапов А.Ю. Вегетационный индекс NDVI для мониторинга растительности // Наука и образование. 2020. Т. 3, № 3. С. 131–140. EDN: VUYIIE.
9. Ле Х.Ч., Заблоцкий В.Р., Нгуен Т.Т.Н. Разработка методики определения концентрации взвеси в поверхностных водах р. Дай (Вьетнам) по изображениям MSI Sentinel-2 с высоким пространственным разрешением // Исследование Земли из Космоса. 2020. № 2. С. 15–23. DOI: 10.31857/S0205961420020037. EDN: OCHIBM.
10. Тихончук П.В. Система земледелия Амурской области: производственно-практический справочник. Благовещенск: ДальГАУ, 2016.

## References

1. Butrova EV, Denisov YuV, Kovkov DV, et al. Earth remote sensing and modern management concepts in the agricultural industry. *Questions of electromechanics. Proceedings of VNIIEM.* 2019;170(3):28-39. (In Russ).
2. On agricultural production in the Amur Region in 2020. Blagoveshchensk: Federal State Statistics Service of the Amur Region. Available at: <https://28.rosstat.gov.ru/news/document/115812>. Accessed: 27 Jan 2025.
3. Erunova, MG, Kuznetsova AS. Satellite monitoring of agricultural lands at Kuraginskoye agricultural experimental production facility. In: *International scientific conference "Modern problems of rational nature management and water use", 15 Nov 2022. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk SAU, 2023. P. 18–21.* (In Russ). EDN: BLXHCQ.
4. Sentinel-2 operations. The European Space Agency. Available at: [https://esa.int/Enabling\\_Support/Operations/Sentinel-2\\_operations](https://esa.int/Enabling_Support/Operations/Sentinel-2_operations). Accessed: 30 Jan 2025.
5. Characteristics DJI Mavic 2. Available at: <https://dji.com/ru/mavic-2/info>. Accessed: 27 Jan 2025.
6. Lupyan EA, Bartalev SA. Capabilities of the VEGA satellite monitoring service for information support of federal and regional authorities in the agro-industrial complex. *Proceedings of the First All-Russian Conference "Information Technologies in the Service of the Agro-Industrial Complex of Russia"*; 5–6 Apr 2017. Moscow; 2017. (In Russ). Available at: [http://smiswww.iki.rssi.ru/files/presentations/2017/loupian\\_agrochimkomplex.pdf](http://smiswww.iki.rssi.ru/files/presentations/2017/loupian_agrochimkomplex.pdf). Accessed: 28 Jan 2025.
7. Stepanov AS, Aseeva TA, Dubrovin KN. The influence of climatic characteristics and values of NDVI at soybean yield (on the example of the districts of the Primorskiy Region). *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2020;01:10-19. (In Russ). DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19. EDN: CLYLYV.
8. Korotkov AA, Astapov AYu. Vegetation index NDVI for vegetation monitoring. *Science and Education.* 2020;3(3):131-140. (In Russ). EDN: VUYIIE.
9. Le HCh, Zablotsky VR, Nguyen TTN. A method for determining the concentration of suspended sediment in downstream Day River (Northern Vietnam) using msi Sentinel-2 high spatial resolution data. *Earth Research from Space.* 2020;2:15-23. (In Russ). DOI: 10.31857/S0205961420020037. EDN: OCHIBM.
10. Tikhonchuk PV. *Farming system of the Amur Region: production and practical reference.* Blagoveshchensk: DalGAU, 2016. (In Russ).

Статья принята к публикации 14.03.2025 / The article accepted for publication 14.03.2025.

Информация об авторах:

**Никита Владимирович Кирьяков**<sup>1</sup>, преподаватель агротехнологического колледжа

**Наталья Викторовна Бельмач**<sup>2</sup>, доцент кафедры геодезии и землеустройства, кандидат сельскохозяйственных наук

**Сергей Алексеевич Маргелов**<sup>3</sup>, старший преподаватель кафедры менеджмента и сервиса

Information about the authors:

**Nikita Vladimirovich Kiryakov**<sup>1</sup>, Lecturer at Agro-technological College

**Natalia Viktorovna Belmach**<sup>2</sup>, Associate Professor at the Department of Geodesy and Land Management, Candidate of Agricultural Sciences

**Sergey Alekseevich Margelov**<sup>3</sup>, Senior Lecturer, Department of Management and Service