

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ ЗАРЕЧЕНСКОГО СТАЦИОНАРА ФИЦ КНЦ СО РАН МЕТОДАМИ ДЗЗ

А. В. Дергунов, К. В. Краснощеков, Ю. Н. Трубников, А. С. Кузнецова

Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук», г. Красноярск, Россия
alexdergunov@icm.krasn.ru

АННОТАЦИЯ. Традиционные методы установления залежи и ее возраста требуют значительных ресурсов, в сравнении с использованием данных ДЗЗ. В работе приводятся результаты мониторинга разновозрастных залежей Зареченского стационара ФИЦ КНЦ СО РАН средствами БПЛА и спутниковой съемки Sentinel-2. Показано сравнение значений NDVI двух наборов данных, динамика изменения NDVI исследуемых объектов за вегетационный период. Результаты демонстрируют высокую применимость методов ДЗЗ в задачах контроля и учета состояния разновозрастных залежных земель.

Ключевые слова: залежь, дистанционное зондирование Земли, NDVI, геоинформационная диагностика, БПЛА, Sentinel-2, RedEdge-MX.

Введение. В Приенисейской Сибири в залежном состоянии находятся около 1,5 млн. га земель различных сроков выведения из пашни – от 2 до 25 лет [1]. Состояние этих земель различно – от сформировавшихся со временем луговых растительных сообществ до сплошных лесных массивов [2].

Традиционно, установление факта и длительности неиспользования земли осуществляется по результатам полевого обследования и на основании ботанических и почвенно-агрофизических признаков [3]. Реализация перечисленных подходов требует использование значительных финансовых и трудовых ресурсов, а также продолжительное время исполнения.

Более эффективным методом учета и контроля состояния залежей может стать применение геоинформационной диагностики, где ведущая роль отводится дистанционному зондированию Земли (ДЗЗ). В ряде работ авторы использовали данные спутников Landsat-8, Sentinel-2 и Terra для синтезирования изображений поверхности по различным комбинациям спектральных каналов и расчета вегетационного индекса NDVI с целью выявления дешифровочных признаков залежей, определения их возраста [4, 5].

Помимо спутниковых данных мониторинг сравнительно небольших территорий возможен с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с мультиспектральной ка-

мерой на борту. Данный подход обеспечивает наиболее подробную информацию о подстилающей поверхности за счеткратно увеличенного пространственного разрешения получаемых изображений в сравнении с космоснимками.

Целью данной работы является диагностика разновозрастных залежных земель Зареченского стационара ФИЦ КНЦ СО РАН по данным съемки с БПЛА и космоснимков Sentinel-2.

Основными объектами исследований служили разновозрастные залежные земли подтаёжной зоны Красноярского края, расположенные на Зареченском стационаре ФИЦ КНЦ СО РАН (с. Зареченка, Тюхтетский район) (рис. 1). Почва исследуемой территории: дерново-подзолистая легкосуглинистая с содержанием гумуса – 2,1–2,4%; рН_{сол} – 4,4–4,6; Р₂О₅–2,8–3,1; К₂О – 4,5–5,5 мг/100 г почвы (по Кирсанову).

На рисунке 1 красным контуром выделена исследуемая территория, объекты модельных опытов и разновозрастных залежей обозначены голубыми границами и пронумерованы. Всего на исследуемой территории представлены 3 разновозрастных залежных участка, 3 обрабатываемых поля и 1 участок, осваиваемой залежи. В таблице приведено описание рассматриваемых объектов.

Материалы и методы. Дистанционное зондирование осуществлялось посредством БПЛА (квадрокоптер DJI Matrice 210 V2) с

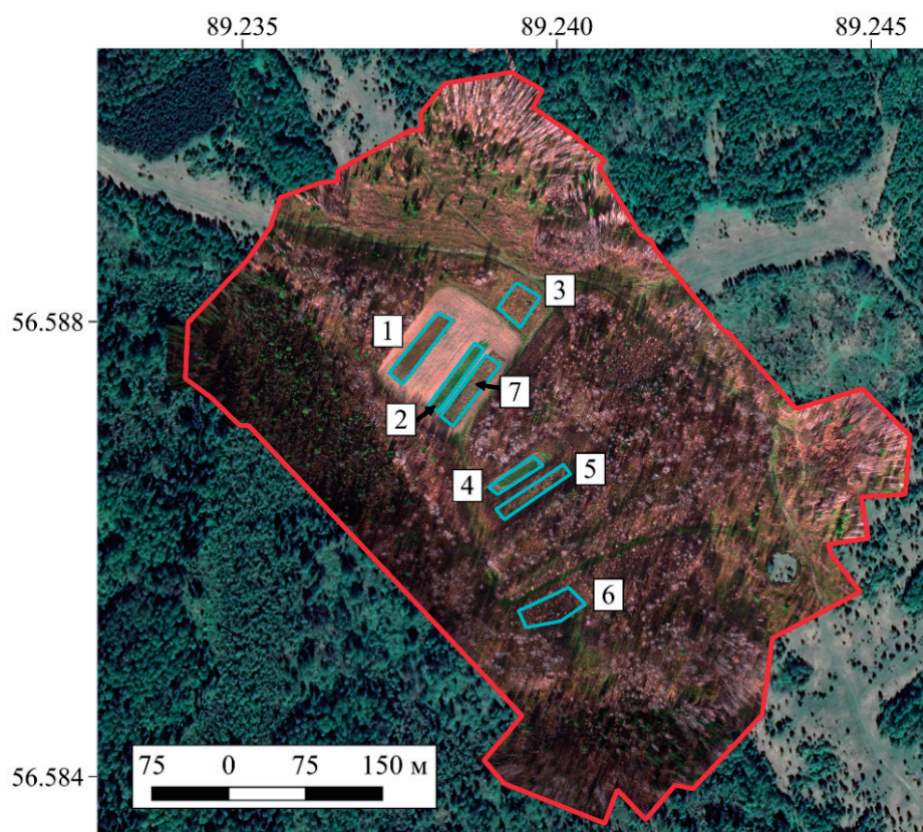


Рисунок 1. Исследуемая территория

Таблица 1. Модельные объекты исследований

Номер	Описание	Площадь, м ²
1	Пшеница яровая	1270
2	Озимая рожь	840
3	Залежь 5 лет	890
4	Залежь 10 лет + освоение (озимая рожь)	600
5	Залежь 17 лет	980
6	Залежь 27 лет	1330
7	Овес яровой	1180

установленной мультиспектральной камерой RedEdge-MX. Съёмка территории средствами БПЛА проводилась 23.06.2023 и 10.10.2023 с высоты 120 метров.

Камера RedEdge-MX состоит из двух блоков: датчика солнечного спектра DLS2 и самой камеры. Датчик солнечного спектра (освещённости) имеет встроенный GPS модуль, что позволяет осуществлять координатную привязку каждого снимка. Сенсор камеры оснащён пятью независимыми каналами с разрешением 1.2 Мпикс каждый: синий – длина волны 475 нм; зеленый – длина волны 560 нм; красный – 668 нм; дальний красный – 717 нм; ближний инфракрасный – 840 нм.

Массив мультиспектральных изображений, полученный в ходе аэрофотосъёмки, обрабатывался в программном обеспечении Agisoft Metashape Professional. В нем изображения камеры RedEdge-MX проходят несколько этапов предварительной обработки: выравнивание и оптимизацию. На основе рассчитанных положений снимков программа строит для них карты. Итоговыми продуктами обработки являются многоканальные ортофотопланы местности с пространственным разрешением – 5 см/пикс.

Также в работе использовались данные ДЗЗ миссии Copernicus Sentinel-2, состоящей

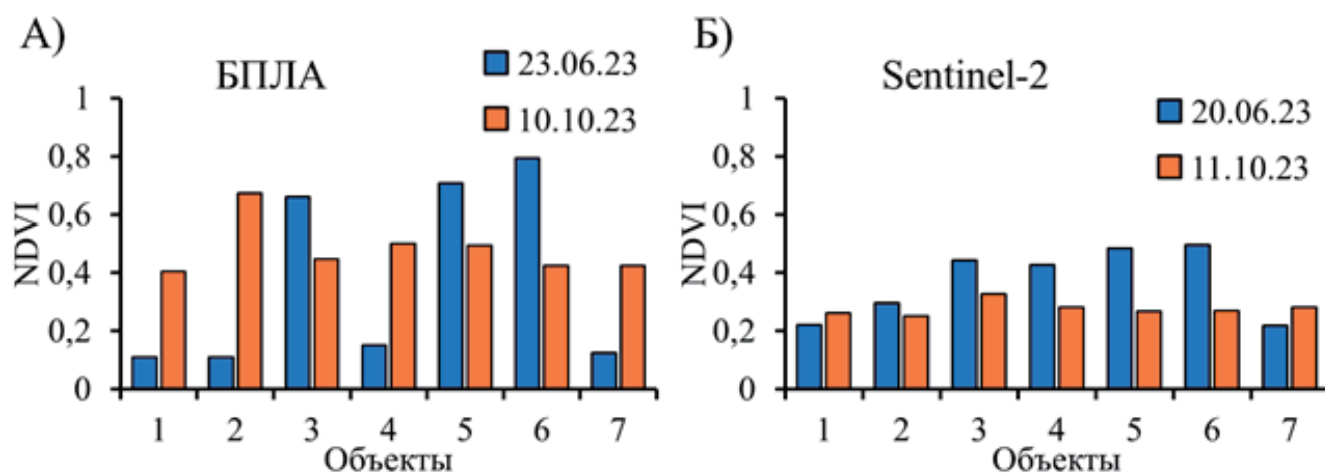


Рисунок 2. Сравнение значений индекса NDVI по данным съемки БПЛА (А) и Sentinel-2 (Б)

из группировки двух полярно-орбитальных спутников (А/В). Наличие двух спутников способствует проведению повторной съемки каждые 5 дней на экваторе. Съемка со спутников ведется в 13 спектральных каналах. Пространственное разрешение составляет от 10 м/пикс до 60 м/пикс. Всего в работе использовалось 15 снимков Sentinel-2 за вегетационный период 2023 г.

На основе многоканальных ортофотопланов местности и снимков Sentinel-2 проведено вычисление 6-ти различных вегетационных индексов: NDVI, NDVI_{re}, ClGreen, Cl_{re}, VARI и MSAVI2. Из представленного перечня для геоинформационной диагностики залежных земель был выбран индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), как наиболее информативный.

Результаты и обсуждение. Установлено, что диапазон изменений индекса NDVI зависит от возделываемой культуры и возраста залежей (рис. 2).

В середине вегетационного периода (конец июня) наибольшие значения NDVI характерны для залежных территорий. Самое высокое значение имеет объект № 6, соответствующий залежи возрастом 27 лет, затем идет объект № 5 – залежь возрастом 17 лет, а за ним № 3 – залежь возрастом 5 лет. Это показывают как данные БПЛА, так и спутниковой съемки (рис. 2).

По данным с БПЛА 10 октября наибольшие значения NDVI имеют объекты 2 и 4 с озимой рожью по 0,673 и 0,501. Объекты с яровой

пшеницей и овсом имеют более низкие значения NDVI. Близкими значениями вегетационного индекса характеризуются объект № 5 (залежь возрастом 27 лет) – 0,497 и объект № 1 с яровой пшеницей – 0,404, что вполне закономерно, поскольку цветовая гамма лесной растительности на залежном участке близка по спектру к полю, занятому пшеницей, которая к 10 октября находилась в фазе полного созревания (рис. 2).

По данным Sentinel-2 11 октября наибольшее значение NDVI имеет объект № 3 – с пятилетней залежью (0,326), наименьшие – объекты № 1 и № 2 с яровой пшеницей и озимой рожью со значениями 0,261 и 0,252 (рисунок 2). Вероятно, низкие значения NDVI для озимой ржи связаны с тем, что объекты № 2 и № 4 обладают небольшой площадью, а спутниковые данные достаточно грубым разрешением (10 м/пикс.). При расчете индекса NDVI захватывалась информация соседней территории, что привело к занижению значений.

По данным Sentinel-2 значения индекса NDVI более низкие, в сравнении с БПЛА. При этом, два набора данных демонстрируют схожую тенденцию изменений показателей и обнаруженных закономерностей.

На основе спутниковой съемки Sentinel-2 построена динамика изменения индекса NDVI рассматриваемых объектов за вегетационный период (рис. 3).

Наибольшие значения индекса NDVI имеют залежные земли почти на всем протяжении

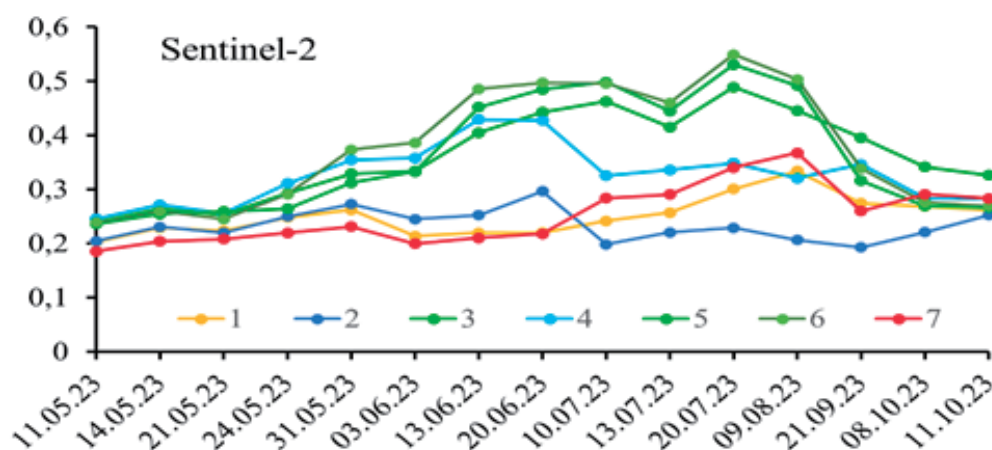


Рисунок 3. Изменение NDVI исследуемых объектов за вегетационный период

периода наблюдений. Результаты показали прямую зависимость между возрастом залежи и соответствующей ему величины индекса NDVI в начале и середине вегетационного периода (рис. 3). Разница значений NDVI между объектами объясняется фазами вегетационного развития растительной биомассы. Различия амплитуды изменений вегетационного индекса даёт возможность более четкой дифференциации земель по виду и состоянию их использования.

Заключение. В работе представлены результаты мониторинга разновозрастных залежей и обрабатываемых полей Зареченского стационара ФИЦ КНЦ СО РАН по данным

съемки с БПЛА и космоснимков Sentinel-2. Полученные результаты продемонстрировали выраженную тенденцию сопряженности показателей, зафиксированных с помощью спутника, а также летательного аппарата. Анализ динамики изменения индекса NDVI за вегетационный период показал прямую зависимость между возрастом залежи и соответствующей ему величины вегетационного индекса.

Дистанционное зондирование разновозрастных залежей, а также обрабатываемых полей, показало возможность дифференциации земель по видам и качеству их использования с применением БПЛА и спутниковой съемки.

GEOINFORMATION DIAGNOSTICS OF FALLOW LANDS OF THE ZARECHENSKY STATIONARY FRC KSC SB RAS USING REMOTE SENSING METHODS

A. V. Dergunov, K. V. Krasnoshchekov, Y. N. Trubnikov, A. S. Kuznetsova

*Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Krasnoyarsk, Russia
alexdergunov@icm.krasn.ru*

ABSTRACT. Traditional methods of establishing a fallow lands and its age require significant resources compared to the use of remote sensing data. The paper presents the results of monitoring fallow lands of different ages at the Zarechensky station of the Federal Research Center KSC SB RAS using UAV and Sentinel-2 satellite images. A comparison of the NDVI values of two data sets and the dynamics of changes in the NDVI of the studied objects during the growing season are shown. The results demonstrate the high applicability of remote sensing methods in the tasks of monitoring and accounting for the condition of fallow lands of different ages.

Keywords: fallow, geoinformation diagnostics, Earth remote sensing, NDVI, UAV, Sentinel-2, RedEdge-MX

Литература

- ¹ Савостьянов В. К. Консервация земель как способ предотвращения их дальнейшей деградации и продвижения к устойчивому развитию // Сибирский вестник сельскохозяйственных наук. 2003. № 2. С. 96–98.
- ² Закон Красноярского края «О государственной поддержке субъектов агропромышленного комплекса края» от 21.02.2006 г. № 17–4487.
- ³ Дабахов М. В., Дабахова Е. В. Практика определения возраста залежи на основании закономерностей развития постагрогенной сукцессии. // Вестник Московского Университета. Серия 17. Почвоведение. 2023. № 3. С. 28–35.
- ⁴ Выявление разновозрастных залежей на эрозионно-опасных территориях юга Западной Сибири с применением геоинформационных технологии / Сайб Е. А. и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № . 4. С. 129–136.
- ⁵ Терехин Э. А. Особенности многолетней динамики вегетационного индекса залежных земель на территории Центрального Черноземья //Региональные геосистемы. 2021. Т. 45. № . 4. С. 505–515.