

**Таблица - Категории индексов ДЗЗ для 12 жилых кварталов г.Минска\***

Индекс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
NDVI	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Orange	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Yellow
GNDVI	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow
SIPI	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow
MSAVI	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow

\*1. район ул. Одоевского; 2. микрорайон «Кунцевщина»; 3. район ул. Осипенко; 4. Район ул. Куйбышева; 5. район бульвара Толбухина; 6. Зеленый луг; ул. Карбышева; 7. район тракторного завода; 8. микрорайон «Чижовка»; 9. район ул. Чкалова; 10. микрорайон «Курасовщина»; 11. микрорайон «Серебрянка»; микрорайон «Михалово».

Как жители, так и специалисты сходятся в том, что количество зеленых насаждений в Минске сокращается, а их качество ухудшается. Конструктивным подходом к проблеме будет разработка тематического классификатора учета и оценки качества зеленых насаждений города Минска и прилегающих территорий. Построенный с применением различных съемочных систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), такой классификатор позволит, ориентируясь, по спектральным характеристикам объектов, определять состояние зеленых насаждений, выделяя территории, находящиеся в неудовлетворительном, удовлетворительном и хорошем состоянии.

УДК 528.063:631.58

**А.С. Симакина<sup>1,2</sup>, М.Г. Ерунова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Красноярский государственный аграрный университет

<sup>2</sup>Красноярский научный центр Сибирского отделения  
Российской академии наук

## **РАСЧЕТ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ NDVI, VARI И SIGREEN ДЛЯ ОПХ «КУРАГИНСКОЕ»**

**Аннотация.** В работе описана возможность использования спутниковых снимков PlanetScore для вычисления вегетационных индексов на территорию ОПХ «Курагиносское». Для дешифрирования космических снимков использовали

вегетационные индексы NDVI, VARI и CIGreen. Рассчитанные индексы позволяют точно проанализировать каждое поле хозяйства. На основе значений спектральных индексов по данным PlanetScore были построены графики зависимости распределения индексов растительного покрова за вегетационный период 2020г.

В настоящее время дистанционное зондирование Земли позволяет получать актуальные и достоверные данные о состоянии растительного покрова на больших территориях. Получаемая информация имеет большое значение для сельскохозяйственной отрасли, позволяя отслеживать общую ситуацию местности. К тому же, такие данные активно используются при изучении состояния сельскохозяйственных угодий и их контроле, организации рационального использования земель, прогнозе урожайности сельскохозяйственных культур, выявление процессов деградации земельных ресурсов.

На сегодняшний день непрерывный мониторинг посевов сельскохозяйственных культур с высоким пространственным разрешением и ежедневными измерениями обеспечивает самая большая в мире спутниковая группировка Planet Score компании Planet Labs. Спутники имеют пространственное разрешение 3 м в четырёх спектральных каналах [1]. При скачивании космических снимков Planet Score в совокупности с каждым растровым изображением загружается файл с метаданными. В файле присутствуют данные по корректирующим коэффициентам для каждого канала.

Космические снимки Planet Score возможно применить для вычисления вегетационных индексов. Используя различия в спектральных яркостях растительности в течение вегетационного периода.

Согласно анализу отечественных публикаций на предмет применения вегетационных индексов в научных исследованиях для решения сельскохозяйственных задач, были выявлены различные методы и оценки для технологий точечного земледелия. Так, например, вегетационные индексы NDVI и CIGreen были использованы при оценке пространственного распределения урожайности, реализованного на основе использования оптических наземных и спутниковых спектральных данных спутников серии Dove (Planet Score) компании Planet Labs [1]. В работе Товстик Е. В. описана возможность использования спутниковых

снимков с космического аппарата Sentinel-2 для идентификации участков массового роста борщевика Сосновского [2].

В данном исследовании вычисления производятся таких вегетационных индексов, как:

1. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) - это специфический индекс растительности, который в определенной мере отображает количественный показатель фотосинтетически активной биомассы [3].

2. Visible Atmospherically Resistant Index (VARI) - это индекс растительности для количественной оценки фракции растительности только в видимом диапазоне спектра [4].

3. Chlorophyll Index - Green (CIGreen) - это индекс вегетации, который используется для оценки содержания хлорофилла в листьях, при этом измеряется степень отраженного излучения в ближнем инфракрасном и зеленом каналах спектра [4].

Для вычисления вегетационных индексов NDVI, VARI и CIGreen используют формулы, содержащиеся в таблице 1 [1].

**Таблица 1 – Формулы для вычисления вегетационных индексов**

Наименование вегетационного индекса	Формула расчета
NDVI	$\frac{b4 - b3}{b4 + b3}$
VARI	$\frac{b2 - b3}{b2 + b3 - b1}$
CIGreen	$\frac{b4}{b2} - 1$

Примечание: b1–b4 для спутниковой информации — величины спектрального отражения соответствующих каналов (1–4) PlanetScore.

Расчет вегетационных индексов NDVI, VARI и CIGreen проводились для земель ОПХ «Курагинское» Красноярский край, Россия - филиал ФГБУ ФИЦ «Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН».

В результате вычислений по каждому вегетационному индексу получено:

– 30 растровых слоев, рассчитанных по соответствующим формулам вегетационных индексов;

– векторный слой с границами полей ОПХ «Курагинское», в котором хранится информация с порядковым номером поля, его площадью и средним значением индекса для каждой даты вегетационного периода 2020г;

– данные зональной статистики по среднему значению в формате электронной таблицы MS Office Open XML.

Создан цифровой банк данных по индексам NDVI, VARI, CIGreen за вегетационный период 2020 года ОПХ «Курагинское». Создание такого банка данных позволяет анализировать каждое существующее поле индивидуально, то есть может служить инструментом в системе точного земледелия.

По распределению вегетационных индексов NDVI, VARI, CIGreen для ОПХ «Курагинское» проведен точечный анализ на примере двух полей – поле №20 и поле №22.

Так для поля № 22 ОПХ «Курагинское» по графику (рис. 1) видно нарастание показателей всех вегетационных индексов, резкий спад, повторное нарастание и очередной спад показателей, что указывает на процесс кошения травы для заготовки сена. Данный график демонстрирует закономерности, происходящие во время вегетационного периода поля №22, характеризующие данное поле как сенокос. По данному графику можно сказать, когда были достигнуты максимальные показатели, показывающие наибольшее накопление хлорофилла в вегетирующих растениях.

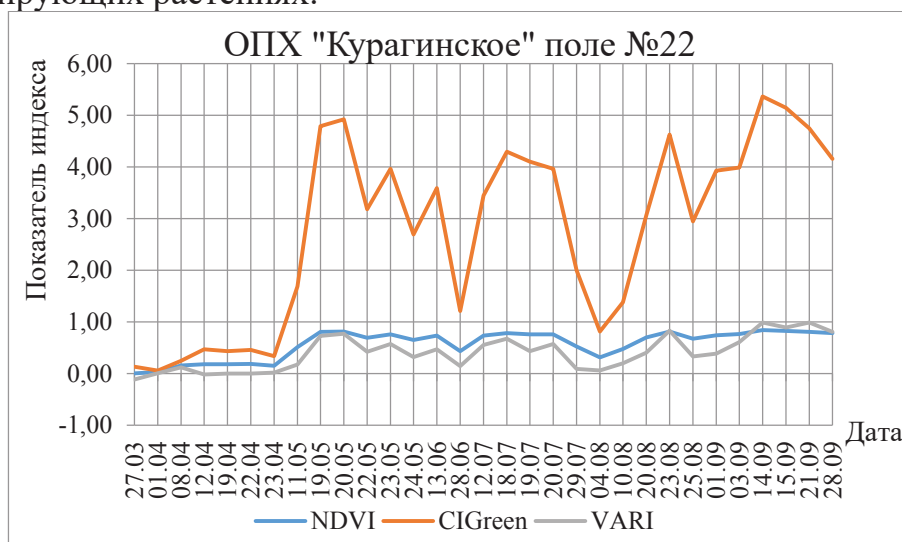
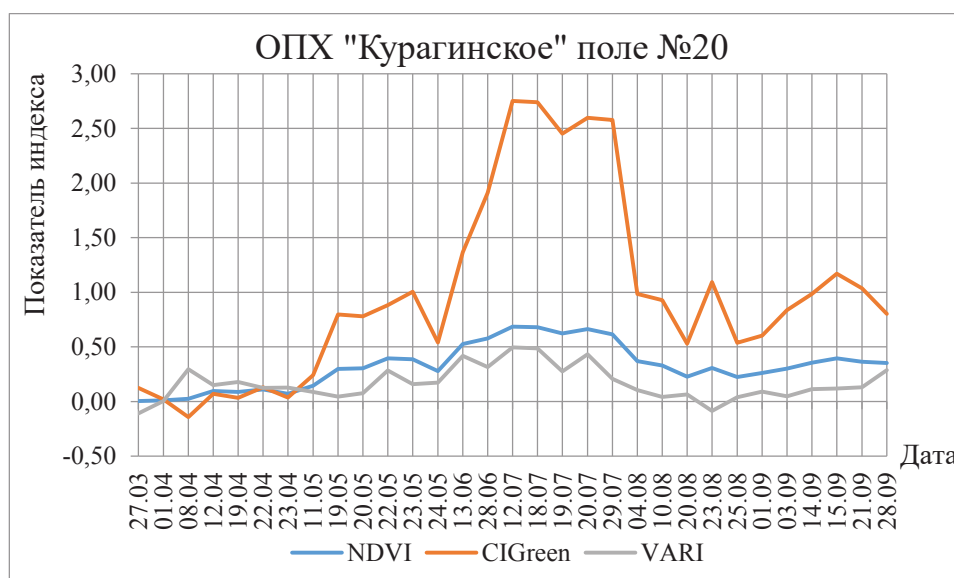


Рис. 1 - График зависимости распределения индексов растительного покрова за вегетационный период 2020г.

Все три вегетационных индекса в разной мере интенсивности отражают показатели растительности на конкретные даты вегетационного периода. Так вегетационный индекс NDVI и VARI примерно на одном уровне и в одинаковой проекции кривых линий на графике (рис. 2) демонстрируют для поля № 20 ОПХ «Курагинское» постепенное нарастание показателя с 27.03.2020г. по 20.07.2020г. — рост яровой культуры. Спад показателя после 29.07.2020г. — характеризуется кошением сельскохозяйственной культуры.

Вегетационный индекс CIGreen так же отражает интенсивность роста культуры и спад данных показателей, но в более высоких числах показателей. По мере накопления хлорофилла в ходе вегетативного развития растений и увеличения их биомассы происходит понижение яркости растений в видимой части спектра и напротив её увеличение в инфракрасной части спектра. В осенние месяцы в результате разрушения хлорофилла наблюдается снижение показателей [2].



**Рис. 2 - График зависимости распределения индексов растительного покрова за вегетационный период 2020г.**

Проводя анализ всей территории ОПХ «Курагинское» можно выявить неоднородность пространственного размещения вегетационных

индексов NDVI, VARI и SIGreen по каждому массиву поля, что демонстрирует неравномерность роста и развития растительного покрова. Выявленная неоднородность позволяет в оперативном режиме осуществить необходимые технологические операции (подкормку, укосы и др.) именно на тех участках поля, которые в них нуждаются [5].

На основе данных дистанционного зондирования PlanetScore на территорию ОПХ «Курагинское», были рассчитаны вегетационные индексы NDVI, VARI и SIGreen. Для всех 84 полей ОПХ «Курагинское» подготовлены графики зависимости распределения индексов NDVI, VARI и SIGreen растительного покрова за вегетационный период 2020г., которые позволяют анализировать состояние растительного покрова и полей в целом.

Произведя расчет вегетационных индексов NDVI, VARI и SIGreen для данного хозяйства за несколько лет, можно получить среднее значение показателей вегетационных индексов для каждого поля, построить наглядные графики за разные года, для сравнения получившихся показателей. В будущем это позволит более эффективно планировать осуществление сбора урожая, прогнозировать урожайность и вести точечное земледелие.

В дальнейшем для ОПХ «Курагинское» планируется пополнить базу геопространственных данных почвенными и другими данными, что открывает возможности для разработки базы геопространственных данных цифровизации системы земледелия Красноярского края Российской Федерации.

### **Список использованных источников**

1. Ботвич И.Ю., Емельянов Д.В., Ларько А.А., Мальчиков Н.О., Ивченко В.К., Демьяненко Т.Н., Шевырнов А.П. Оценка пространственного распределения урожайности ярового ячменя (Красноярский край) по наземным и спутниковым спектрофотометрическим данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 5. С. 183–193;
2. Товстик Е.В., Адамович Т.А., Ашихмина Т.Я. Идентификация участков массового роста борщевика Сосновского с помощью

спектральных индексов по данным Sentinel-2 // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 3. – С. 34–40;

3. Катаев М.Ю., Беккеров А.А., Лукьянов А.К. Методика выравнивания временных рядов вегетационного индекса NDVI, полученных по данным спектрорадиометра MODIS// Доклады ТУСУРа. – 2011. – Т. 19. – № 1. – С. 36-39;

4. Официальный сайт ArcGIS Enterprise [Электронный ресурс] <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/arcpy/image-analyst/vari.htm>;

5. Комаров А. А. Оценка состояния травостоя с помощью вегетационного индекса NDVI // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018 (2). С. 124-129.