

УДК 528.88:502.37

© А.С. Гребень, аспирант

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЗЗ СИЧ-2 ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ

Анализируются технические характеристики национальной системы ДЗЗ СИЧ-2. Используются данные Центра приёма и обработки специальной информации (ЦПОСИ) и контроля навигационного поля (КНП). Одновременно анализируются требования к спектральным характеристикам системы ДЗЗ при решении задач сельского хозяйства Украины. Определяется соответствие спектральных характеристик спутниковой системы СИЧ-2 методикам оценки вегетационных индексов сельскохозяйственных культур. Определяется соответствие положения и ширины спектральных зон спектральным характеристикам оценки вегетационных индексов. Приводится теоретическое обоснование методики оценки вегетационных индексов по ограниченным характеристикам спектрального диапазона.

Ключевые слова: ДЗЗ, СИЧ-2, КА, ВИ, ENVI, NDVI.

Введение

Национальная система ДЗЗ типа СИЧ разрабатывалась и создавалась в Украине в течение ряда лет. Известны разработки спутниковых систем ДЗЗ [1] СИЧ-1, МС-2-8, Египтсат, СИЧ-1М. Проведём анализ технических характеристик спутника СИЧ-2, для чего будем использовать опубликованные данные [2].

Космическая система «СИЧ-2» – искусственный спутник оптико-электронного наблюдения Земли. Предназначен для наблюдения за поверхностью Земли в оптическом и среднем инфракрасном диапазонах. Создание спутника «СИЧ-2» было предусмотрено Национальной космической программой Украины на 2008–2012 года.

17 августа 2011 года в 07:12:20 UTC с пусковой базы «Ясный» (Оренбургская область Российской Федерации) был совершён пуск ракеты-носителя «Дніпро», которая вывела на орбиту отечественный спутник дистанционного зондирования Земли «СИЧ-2».

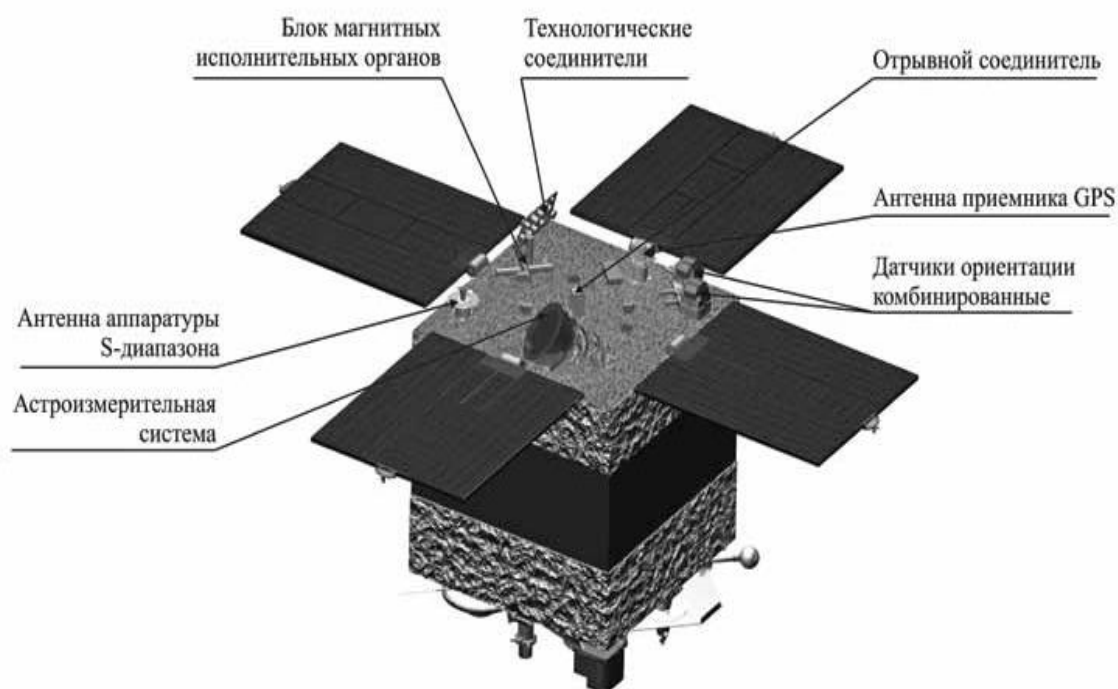


Рис. 1 – Космическая система «СИЧ-2» в рабочем положении (вид сверху)

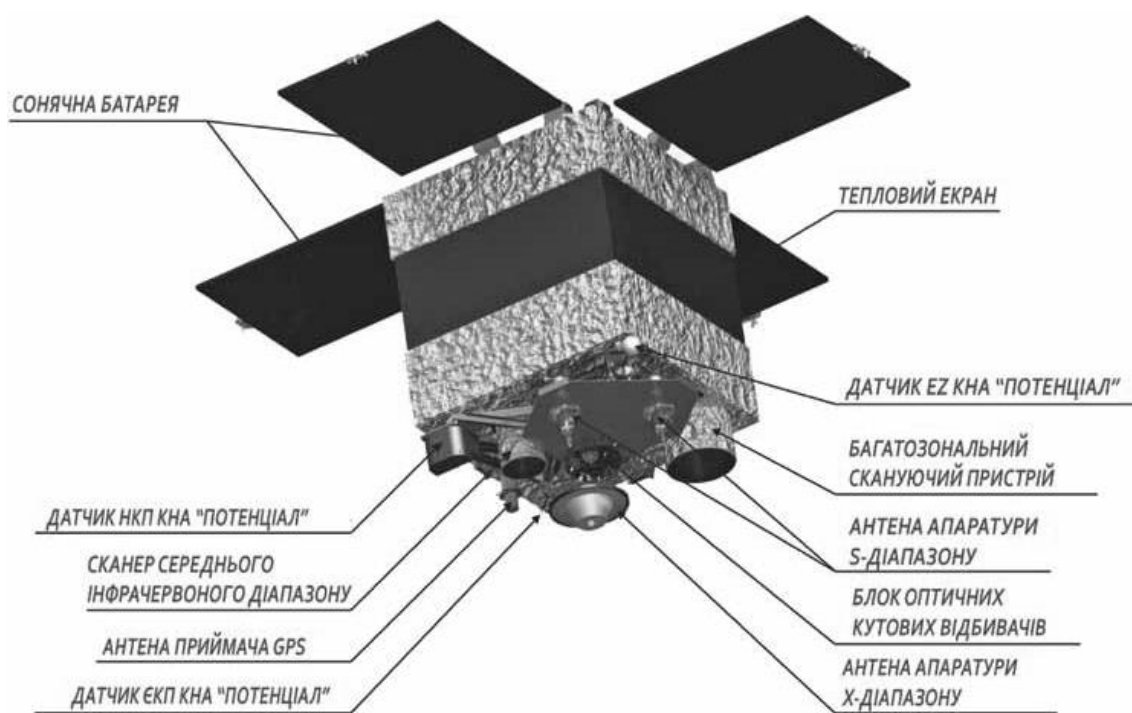


Рис. 2 – Космическая система «СИЧ-2» в рабочем положении (вид снизу)

Таблиця 1 – Технические характеристики космического спутника СИЧ-2

Характеристика	СИЧ-2
Периодичность съёмки, дней	3–5
Ошибка определения ориентации по каждой оси, град.	0.02
Точность значения орбитального положения, м	<30
Склонение орбиты, град.	98.074
Период обращения, мин.	98.03
Высота орбиты, км	668
Местное время прохождения спадящего узла	11:00
Масса спутника, кг	135
Возможность стереосъёмки за один проход	Так
Время активного существования, годы	5

Таблиця 2 – Технические характеристики устройств спутника СИЧ-2

Многозональное сканирующее устройство	
Спектральные диапазоны	
– Панхроматический	0.51–0.9 мкм
– Мультиспектральный	0.51–0.59; 0.61–0.68; 0.8–0.89 мкм
Проекция шага пикселей в надире	8.2 м
Ширина полосы видимости в надире	48.8 км
Сканер среднего инфракрасного диапазона	
Ширина спектрального диапазона	1.51–1.7 мкм
Проекция шага пикселей в надире	41.4 м
Ширина полосы видимости в надире	58.1 км
Подсистема данных	
Объём памяти	2 Гб
Скорость передачи данных	30.72 м



Рис. 3 – Заказ снимков

Примеры полученных снимков в разных диапазонах представлены на рис. 4.1–4.4:



Рис. 4.1 – SMIR



Рис. 4.2 – GRI



Рис. 4.3 – PAN



Рис. 4.4 – RGB

Космическая система «СИЧ-2» может использоваться по таким основным направлениям:

1. Мониторинг аграрных ресурсов;
2. Мониторинг водных и земных покровов;
3. Мониторинг чрезвычайных ситуаций;
4. Мониторинг ионосферы Земли.

Тематическая карта оперативного определения температурных явлений по данным КА СИЧ-2 (рис. 5):

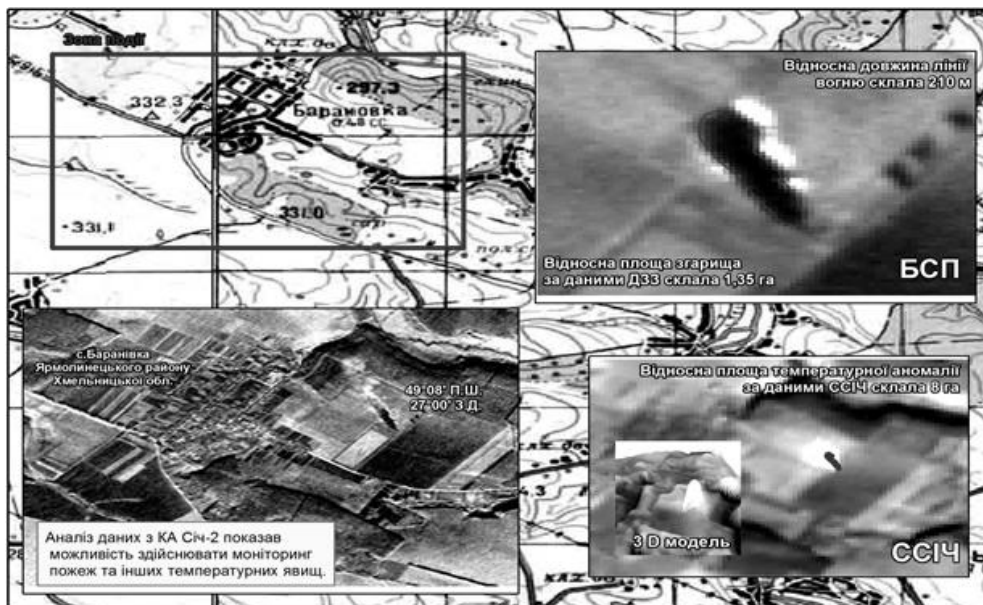


Рис. 5 – Технические характеристики и примеры космических снимков спутника СИЧ-2

Определение урожайности озимых с/х культур при помощи данных ДЗЗ (рис. 6):

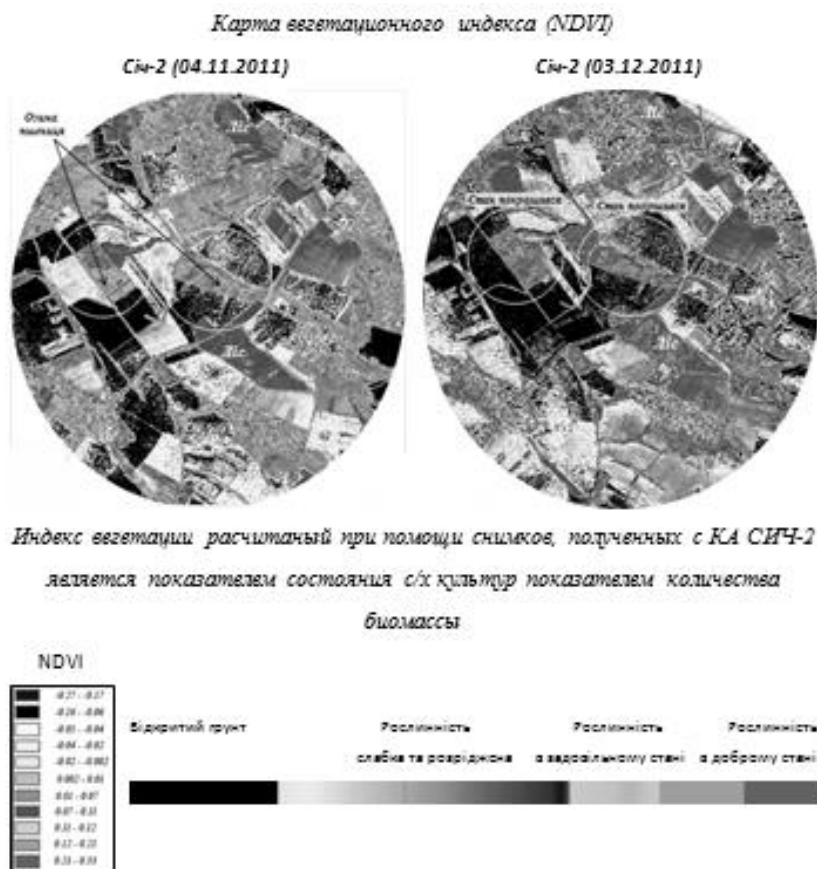


Рис. 6 – Карта индекса вегетации

Для оценки возможностей использования спектральных характеристик СИЧ-2 в интересах сельского хозяйства Украины произведём оценку возможностей определения вегетационных индексов.

Примеры расчёта и применения вегетационных индексов

Для расчёта большей части вегетационных индексов используются два наиболее стабильных участка спектральной отражательной способности растений [3, 4, 5]. На красную зону спектра (0.62–0.75 мкм) приходится максимум поглощения солнечного излучения хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону (0.75–1.3 мкм) – максимальное отражение солнечной энергии клеточной структурой листа (рис. 7) [6]. В связи с этим высокая фотосинтетическая активность (связанная с большой фитомассой растительности) ведёт к более низким значениям коэффициентов отражения в красной зоне спектра и большим значениям в ближней инфракрасной области. Отношение этих показателей друг к другу позволяет чётко отделять растительность от других природных объектов.

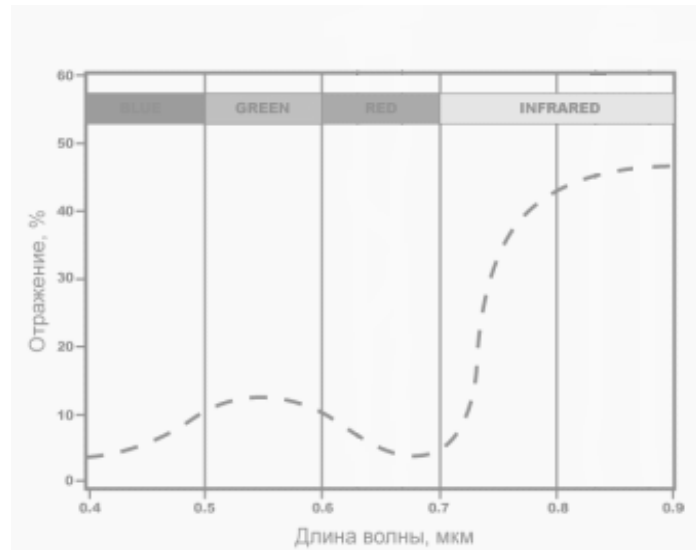


Рис. 7 – Участки характеристической кривой отражения растительности (усредненной), используемые для расчета NDVI с помощью данных MODIS

Для обработки космических снимков разработан специальный программный комплекс ENVI и специальный калькулятор вегетационных индексов ВИ ENVI, который позволяет рассчитывать 27 вегетационных индексов, используемых для оценки состояния растительности [3, 4, 5, 6, 7]. Индексы сгруппированы в категории по свойству растительности, которое они характеризуют.

Broadband Greenness (5 индексов): индексы «зелености», рассчитываемые по данным в широких спектральных зонах:

Normalized Difference Vegetation Index

$$NDVI = \frac{P_{NIR} - P_{RED}}{P_{NIR} + P_{RED}}, \quad (1)$$

Simple Ratio Index

$$SR = \frac{P_{NIR}}{P_{RED}}, \quad (2)$$

Enhanced Vegetation Index

$$EVI = 2.5 \left(\frac{P_{NIR} - P_{RED}}{P_{NIR} + 6P_{RED} - 7.5P_{BLUE} + 1} \right), \quad (3)$$

Atmospherically Resistant Vegetation Index

$$ARVI = \frac{P_{NIR} - (2P_{RED} - P_{BLUE})}{P_{NIR} + (2P_{RED} - P_{BLUE})}, \quad (4)$$

SumGreenIndex

$$SGI = \frac{P_{NIR} - P_{RED}}{P_{NIR} + P_{RED} - P_{BLUE}}. \quad (5)$$

Индексы этой группы отражают общее количество растительности и используются для оценки ее состояния при решении широкого круга задач. Они суммируют и отражают влияние таких факторов, как содержание хлорофилла, площадь листовой поверхности, сомкнутость и структура растительного покрова. Вегетационные индексы этой группы хорошо коррелируют с индексом фотосинтетически активной радиации (fAPAR) и индексом листовой поверхности (LAI). Их можно использовать при работе с любыми мультиспектральными аэрокосмическими снимками высокого, среднего или низкого разрешения, у которых есть спектральные каналы в красной (0,60–0,75 мкм) и ближней инфракрасной (0,75–1,3 мкм) зонах.

Основное назначение этих индексов – картирование растительного покрова, выявление площадей покрытых и непокрытых растительностью, оценка и мониторинг состояния растительного покрова, оценка продуктивности и урожайности.

Из сравнения технических характеристик спектральных диапазонов СИЧ-2 следует, что спектральные диапазоны СИЧ-2 могут использоваться для расчёта 5 вегетационных индексов (индексов зелёности), в ограниченных спектральных зонах.

Для расчёта индексов зелёности во всём интересующем спектральном диапазоне (0,6–1,3 мкм) воспользуемся аппроксимацией зависимости коэффициента отражения растительности от длины волны [7] (рис. 8).

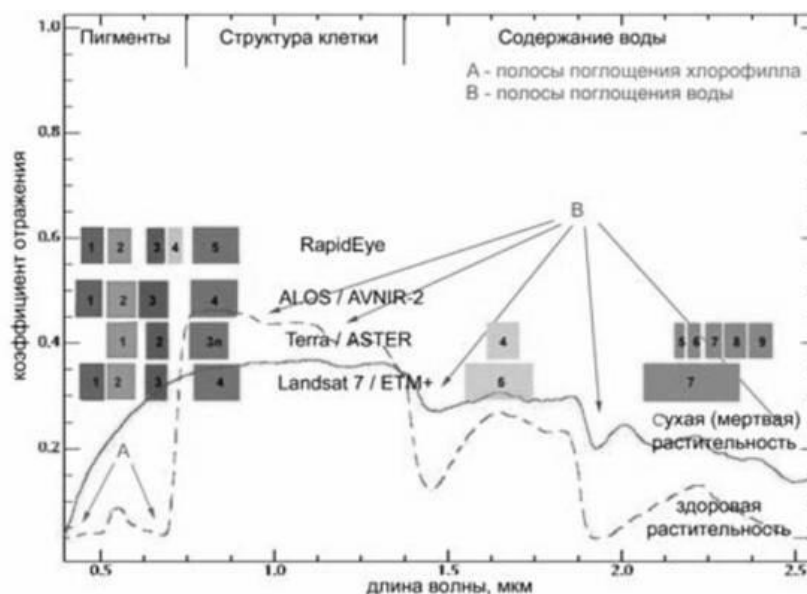


Рис. 8 – Зависимость коэффициента отражения от длины волны

В качестве аппроксимирующей выберем следующую зависимость (6) в диапазоне 0–1,5 мкм:

$$K_{\text{отр}}(\lambda) = K_0 \sqrt[3]{\lambda[\text{мкм}]} . \quad (6)$$

Указанная зависимость представлена на рис. 9.

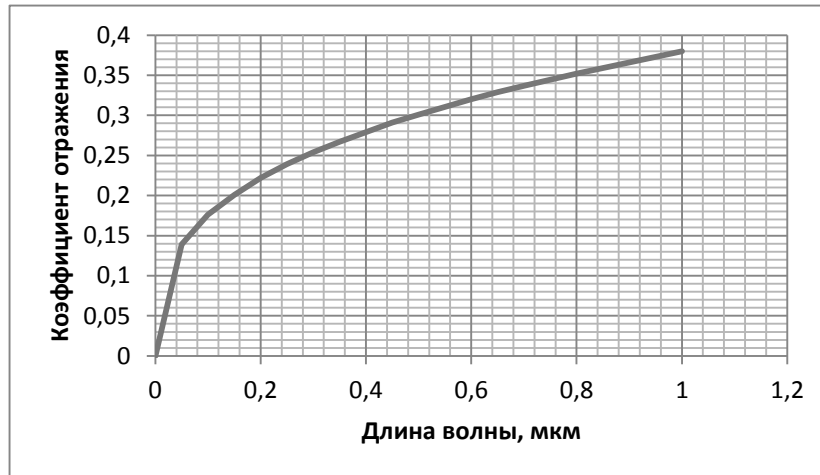


Рис. 9 – Аппроксимирующая зависимость коэффициента отражения от длины волны

В процессе исследований установлено, что $K_0 = 0.38$.

Построим график ошибок аппроксимации между графиками на рис. 8 и рис. 9 (рис. 10).



Рис. 10 – График ошибок аппроксимации

Полученные результаты нуждаются в радиометрической коррекции (калибровке) и могут быть использованы для проведения только предварительных расчётов.

Список использованной литературы

1. Малые оптические спутники ДЗЗ / «Ракурс» – Режим доступа: <http://www.racurs.ru/?page=710> – 25.02.2012.
2. Зображення із Січ-2 / Державне підприємство «Дніпрокосмос» – Режим доступа: <http://www.dniprokosmos.dp.ua/images-from-sich-2> – 3.03.2012.
3. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы. Геоматика № 3, 2009.

4. Антонов В.Н., Сладких Л.А. Мониторинг состояния посевов и прогнозирование урожайности яровой пшеницы по данным ДЗЗ. Геоматика № 3, 2009.

5. Куссуль Н., Ильин Н., Скакун С., Лавренюк А. Оценка состояния растительности и прогнозирование урожайности озимых культур Украины по спутниковым данным.

6. Зерновое сельское хозяйство – вид из космоса / R&D Center ScanEx – Режим доступа: http://www.scanex.ru/ru/data/Applications_ScanEx_p19-31.pdf – 28.12.2011.

7. Вегетационные индексы. Основы, формулы, практическое использование / MapExpert – Режим доступа: http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?id=20&table=news – 30.12.2011.

Стаття надійшла до редакції 10.02.14 російською мовою

© О.С. Гребінь

**ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ
НАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЗЗ СІЧ-2 ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ТЕМАТИЧНИХ ЗАДАЧ
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ**

Аналізуються технічні характеристики національної системи ДЗЗ СІЧ-2. Використовуються дані Центру прийому і обробки спеціальної інформації (ЦПОСІ) та контролю навігаційного поля (КНП). Одночасно аналізуються вимоги до спектральних характеристик системи ДЗЗ при вирішенні завдань сільського господарства України. Визначається відповідність спектральних характеристик супутникової системи СІЧ-2 методикам оцінки вегетаційних індексів сільськогосподарських культур. Визначається відповідність положення та ширини спектральних зон спектральним характеристикам оцінки вегетаційних індексів. Проводиться теоретичне обґрунтування методики оцінки вегетаційних індексів за обмеженими характеристиками спектрального діапазону.

© A.S. Greben

**EVALUATION OF THE USE OF SATELLITE IMAGES OF NATIONAL ERS SHR-2
CASE FOR SOLVING PROBLEMS OF AGRICULTURE OF UKRAINE**

Analyzes the technical characteristics of the national system of Sich-2 Earth remote sensing. Center uses data reception and processing of specific information (DSPs) and field navigation control (ANC). At the same time analyzed the requirements for the spectral characteristics of remote sensing system for solving problems of agriculture in Ukraine. Determined by the spectral characteristics of the line satellite Sich-2 methods of assessing vegetation indices of crops. Determined by the line position and width of spectral bands spectral characteristics of the assessment of vegetation indices. The theoretical justification of methods of assessment of vegetation indices for a limited-spectral range of characteristics.