

# ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ОЗИМОГО РАПСА И ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ

Ю. С. Давидович

*Белорусский государственный университет, г. Минск;*

*seg98001@gmail.com;*

*науч. рук. – Ф. Е. Шалькевич, канд. биол. наук, доц.*

Спектрометрические исследования различных природных объектов – актуальное и важное направление современного дистанционного зондирования Земли, потому что именно спектральная отражательная способность является физической основой формирования и распознавания изображений на космических снимках. Объектом исследования послужили сельскохозяйственные культуры различных стадий вегетации (озимый ячмень и рапс). Цель работы заключалась в изучении спектральной отражательной способности сельскохозяйственных культур в зависимости от фенологической фазы развития и степени увлажнения почв.

**Ключевые слова:** спектрометрическая съемка; изучение растительности; дистанционные методы исследований; спектрометр; спектральная отражательная способность; озимый ячмень; озимый рапс.

Методы дистанционного зондирования основаны на получении информации о земной поверхности путем регистрации приходящего от нее электромагнитного излучения, отраженного или собственного, в различных частях спектрального диапазона. Возможность распознавания различных объектов и определения их характеристик дистанционными методами обусловлена тем, что поглощение, рассеяние, отражение и излучение электромагнитной энергии в различных зонах спектра специфичны для каждого участка земной поверхности. Анализ спектральных характеристик объектов, структурных и текстурных особенностей изображений позволяет получать информацию для их последующего дешифрирования и интерпретации [1, с. 81].

Одним из сложнейших природных объектов для дешифрирования является почва, особенно если она скрыта культурной растительностью. В данном случае почва будет дешифрироваться через спектральную отражательную способность растительности, на которую кроме технических факторов также влияет содержание пигментов (хлорофилл, каротиноиды, фикобилины и антоцианы), фенологическая фаза развития растений, подверженность болезням, и др. Однако для изучения почв и определения оптимальных сроков дистанционных съемок наибольший интерес пред-

ставляет взаимосвязь спектральной отражательной способности сельскохозяйственных культур со свойствами почв и, в частности, со степенью их увлажненности.

Изучению спектральной отражательной способности растительности посвящено ряд научных работ отечественных и зарубежных специалистов. В современных спектрометрических исследованиях растительности можно выделить ряд направлений: технические и методические аспекты спектрометрических измерений растительности; изменение спектральной отражательной способности растительности в зависимости от ее фенологической фазы и наземной массы; автоматизация процесса обнаружения растительности на космических снимках [2-4].

В исследовании использовался метод ключевых участков. Под ключевым участком следует понимать ограниченный по размерам участок территории, отражающий основное разнообразие и закономерности формирования почвенно-растительного покрова в пределах определенного ландшафта или района исследования. Данный метод широко используется как при крупномасштабном, так и среднемасштабном картографировании почвенно-растительного покрова [5, с. 32].

Ключевой участок расположен северо-восточнее поселка «Щомыслица», между кольцевой и железной дорогой Минск–Брест. Рельеф холмисто-грядовый, характеризуется преобладанием высотных отметок от 250 до 300 м. Участок представляет собой пашню, которая используется под различные сельскохозяйственные культуры.

Исследования на данном участке проводились в осенний период в условиях ясной безоблачной погоды.

Почвы ключевого участка сформированы на однородных почвообразующих породах – лессовидных суглинках. Основным типом почв участка являются дерново-подзолистые. На территории ключевого участка можно выделить 4 почвенные разновидности: дерново-подзолистые автоморфные суглинистые, дерново-подзолистые временно-избыточно увлажненные суглинистые, дерново-подзолистые глееватые суглинистые и дерново-подзолистые глеевые суглинистые почвы. Преобладающей почвенной разновидностью являются дерново-подзолистые автоморфные почвы (70,39 % участка). В полевых условиях для каждой почвенной разновидности были отобраны образцы для определения влажности (термостатно-весовым методом). Лабораторные исследования показали, что со степенью увлажнения почв тесно коррелирует и их влажность. С увеличением степени увлажнения увеличивается и содержание влаги в почвах, с 13,3 % у дерново-подзолистых автоморфных до 22,4 % у дерново-подзолистых глеевых.

Изучение спектральной отражательной способности сельскохозяйственных культур проводилось в полевых условиях при помощи спектрометров ФСР-02 (спектральный диапазон 400-900 нм, разрешение 4.3 нм). Съемка производилась в надир. В качестве эталонной поверхности, для получения коэффициентов спектральной яркости, использовалось молочное стекло с маркой МС-20.

Кроме того, на данную территорию использовались мультиспектральные космические снимки Sentinel 2 с пространственным разрешением 10 м. Была произведена их радиометрическая и атмосферная коррекция.

Значения коэффициента отражения ячменя в фенологическую фазу формирования 2-3 листьев тесно коррелирует со степенью увлажнения почв. Из коэффициентов спектральной яркости (табл. 1) видно, что ячмень, произрастающий на автоморфных почвах, имеет спектральную отражательную способность выше, чем ячмень, произрастающий на временно-избыточно увлажненных почвах.

Таблица 1

**Коэффициенты спектральной яркости озимого ячменя в фенологическую фазу формирования 2-3 листьев на почвах различной степени увлажнения, в %**

Почвы	Спектральный диапазон, мкм							NDVI
	0.40-0.45	0.45-0.48	0.48-0.50	0.50-0.56	0.56-0.59	0.59-0.62	0.62-0.75	
Автоморфные	7.5	9.4	10.4	19.8	23.7	20.5	33.7	0.35
Временно-избыточно увлажненные	4.3	4.8	5.2	7.7	9.0	8.7	11.8	0.30

На глееватых почвах съемка ячменя не проводилась из-за его малого проективного покрытия. Так же съемка не проводилась на глеевых почвах из-за сильной вымочки почвогрунтов. Наибольшие различия в коэффициентах спектральной яркости ячменя данной вегетационной фазы наблюдаются в диапазонах длин волн от 522 до 596 нм (зеленая и желтая цветовая зона) и от 693 до 750 нм (красная зона). Для автоморфных почв соответствует вегетационный индекс 0.3, а временно-избыточно увлажненных – 0.35.

Измерение озимого рапса проводилось недалеко от ключевого участка «Щомыслица» в пределах пашни, прилегающей к ул. Курчатова. Исследуемый участок представлен аналогичными почвенными разновидностями. Во время проведения спектрометрической съемки рапс был в фенологической фазе формирования третьего листа. Из коэффициентов спектральной яркости (табл. 2) видно, что наибольшие различия в них у рапса данной фенологической фазы наблюдаются в диапазонах длин волн от 522 до 571 нм (зеленая зона) и от 693 до 720 нм (красная зона).

Таблица 2

**Коэффициенты спектральной яркости озимого рапса в фенологическую фазу формирования третьего листа на почвах различной степени увлажнения, в %**

Почвы	Спектральный диапазон, мкм							NDVI
	0.40–0.45	0.45–0.48	0.48–0.50	0.50–0.56	0.56–0.59	0.59–0.62	0.62–0.72	
Автоморфные	10.1	12.6	13.7	26.0	30.4	24.3	33.9	0.4
Временно-избыточно увлажненные	4.0	4.4	4.4	9.8	10.5	7.4	13.0	0.35
Глееватые	2.6	2.8	2.8	5.3	5.7	4.6	6.1	0.3

Для автоморфных почв соответствует вегетационный индекс 0.4, временно-избыточно увлажненных – 0.35, а глееватых – 0.3.

Собственные полевые спектрометрические исследования сельскохозяйственной растительности на примере озимого ячменя и рапса показали зависимость спектральной отражательной способности его от влажности подстилаемых почв и значения нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI. Результаты исследований позволяют сделать вывод, что коэффициенты спектральной яркости и вегетационные индексы позволяют судить не только о состоянии сельскохозяйственных культур в различные стадии вегетации, но и о почвах, на которых они произрастают.

#### Библиографические ссылки

1. Шалькевич Ф. Е. Методы аэрокосмических исследований: курс лекций. Минск: Белорусский государственный университет, 2005.
2. Беляев Б. И., Катковский Л. В. Оптическое дистанционное зондирование. Минск: Белорусский государственный университет, 2006.
3. Выгодская Н. Н., Горшкова И.И. Теория и эксперимент в дистанционных исследованиях растительности. Ленинград: Гидрометеиздат, 1987.
4. Терехин Э. А. Оценка пространственно-временных изменений в зеленой фитомассе аграрной растительности с использованием спектрально-отражательных признаков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 1. С. 138–148.
5. Шалькевич Ф. Е., Жмойдяк Р. А., Топаз А. А. Составление тематических карт на основе дешифрирования аэрокосмических снимков. Минск: Белорусский государственный университет, 2000.