

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Давидович Ю.С.

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: seg98001@gmail.com*

В работе представлены результаты исследования по изучению связи спектральной отражательной способности сельскохозяйственных культур со степенью увлажнения почв и с их изображением на материалах дистанционных съемок. Целью исследования была верификация использования лабораторных спектрометрических измерений при изучении оптических свойств сельскохозяйственных культур (ячменя). Связь спектральной отражательной способности сельскохозяйственных культур с изображением их на материалах дистанционных съемок производилась с помощью анализа вегетационного индекса NDVI, вычисленного на основе космического мультиспектрального снимка Sentinel-2. Верификация лабораторных и наземных измерений спектральной отражательной способности природных объектов является актуальной научной проблемой аэрокосмических методов изучения Земли. На сегодняшний день решение обратной задачи дистанционного зондирования Земли все еще остается проблемным полем в дистанционном мониторинге природных ресурсов.

Ключевые слова: спектральная отражательная способность; лабораторное спектрометрирование; ячмень; материалы дистанционных исследований; NDVI.

RESEARCH OF SPECTRAL REFLECTIVE CAPACITY OF AGRICULTURAL CROPS

Davidovich Yu.S.

*Belarusian State University,
Minsk, Republic of Belarus, e-mail: seg98001@gmail.com*

The article presents the results of a study the relationship between the spectral reflectance of agricultural crops with the degree of soil moisture and their image on the materials of remote sensing. The aim of the research was to verify the use of laboratory spectrometric measurements in the study of the optical properties of agricultural crops (barley). The relationship between the spectral reflectance of crops and their images on remote sensing materials was carried out using the analysis of the vegetation index NDVI, calculated on the basis of the Sentinel-2 multispectral satellite image. Verification of laboratory and ground-based measurements of the spectral reflectivity of natural objects is an urgent scientific problem of aerospace methods for studying the Earth. Today, solving the inverse problem of remote sensing of the Earth still remains a problematic field in remote monitoring of natural resources.

Key words: spectral reflectance; laboratory spectrometry; barley; remote sensing materials; NDVI.

Спектрометрическая съёмка является одним из видов нефотографических съёмок. Её отличительной особенностью является то, что информация об объектах земной поверхности фиксируется не в виде видеоизображения, а кривых спектральной яркости [1].

Лабораторные спектрометрические наблюдения небольших по размеру объектов (образцов, отобранных при полевых исследованиях) выполняют для выявления зависимости спектральной отражательной способности, например, почвы от содержания гумуса, механического состава, влажности и т. д. [2].

Лабораторные исследования являются менее информативными, по сравнению с полевыми, воздушными или космическими из-за трудности интерпретации необходимых условий (природных и физических), необходимых для получения актуальных спектрометрических данных.

Среди аппаратуры для лабораторных измерений можно выделить как отечественные [3], так и зарубежные образцы [4]. В качестве лабораторных спектрометров могут быть использованы и полевые спектрометрические приборы, установленные на различные конструкции (например, гониометрические).

Объектом исследования, как уже было отмечено, являются сельскохозяйственные культуры (в данном случае ячмень).

В качестве основного был использован метод ключевых участков. Существующие в природе тесные взаимосвязи между различными компонентами ландшафта (рельеф, почва, растительность и др.) могут быть выявлены и зафиксированы на отдельном конкретном участке ландшафта, рассматриваемом в качестве ключевого. 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. При выборе ключевых участков необходимо учитывать тип ландшафта, особенности геоморфологии, растительного покрова, его распаханность, разнообразие почвообразующих и подстилающих пород и др. Количество ключевых участков в пределах одного ландшафта зависит от характера рельефа и разнообразия почвенно-растительного покрова. Каждый ключевой участок должен иметь географическую привязку. Метод ключевых участков используется наиболее эффективно при крупномасштабном и среднемасштабном картографировании почвенно-растительного покрова [5].

Исследуемый ключевой участок расположен северо-восточнее поселка «Щомыслица» (рисунок 1), между кольцевой и железной дорогой Минск–Брест. Рельеф холмисто-грядовый, характеризуется преобладанием высотных отметок от 250 до 300 м. Участок представляет собой поле, активно используемое в сельском хозяйстве.

На территории ключевого участка можно выделить 4 почвенные разновидности: дерново-подзолистые автоморфные, дерново-подзолистые временно-избыточно увлажненные, дерново-подзолистые глееватые и дерново-подзолистые глеевые почвы. Лабораторные исследования показали,

что со степенью увлажнения почв тесно коррелирует и их влажность. С увеличением степени увлажнения увеличивается и содержание влаги в почвах: если у автоморфных 13,3%, то у дерново-подзолистых глеевых – 22,4 %.



Рисунок 1 – Расположение ключевого участка «Щомыслица»

Предметом исследования является спектрометрическая съёмка. При проведении лабораторных спектрометрических исследований использовался прибор ССП-600Н [6], помещенный на гониометрическую установку.

При обработке полученных данных измерений использовались программные продукты MS Excel и Origin. Обработка космических снимков проводилась в программных продуктах ENVI 5.6, ArcGIS 10.7 и в интернет-сервисе EO-Browser [7].

Изучение влияния степени увлажнения почв на спектральную отражательную способность ячменя производилось в лабораторных условиях на технической базе НИУ «Институт прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко» БГУ. Образцы ячменя были отобраны на ключевом участке «Щомыслица», когда он находился в фенологической фазе колошения.

Как мы видим из лабораторных исследований, спектральная отражательная способность ячменя, произрастающего на дерново-подзолистых автоморфных почвах в зоне фотосинтетически активной радиации куда выше, чем у ячменя на временно-избыточно увлажненных и глееватых почвах (рисунок 2). Это можно объяснить тем, что в момент отбора образцов (начало июля) ячмень был в фенологической фазе колошения и его спектральная отражательная способность зависела от влияния влажности подстилаемых его почв. На временно-избыточно увлажненных и глееватых почвах ячмень созрел куда дольше и медленнее из-за избыточного увлажнения земной поверхности. Следовательно, у ячменя, произрастающего на автоморфных почвах, практически полностью исчез хлорофилл и растение

приобрело характерный желтый оттенок. Ячмень, произрастающий на дерново-подзолистых временно-избыточно увлажненных почвах, имеет характерную полосу поглощения хлорофилла в районе 450 – 470 нм, но в области 660 – 640 нм он эту полосу теряет. Кривая спектральной яркости ячменя, произрастающего на глееватых почвах, имеет форму, близкую к кривой спектральной яркости зеленой растительности с характерными полосами поглощения хлорофилла в районе красной и синей зоны спектра. В ближней инфракрасной зоне спектра спектральная отражательная способность выше у ячменя, произрастающего на глееватых почвах, т.к. он имеет более сложную мезофильную структуру, чем ячмень, произрастающий на временно-избыточно увлажненных и автоморфных почвах.

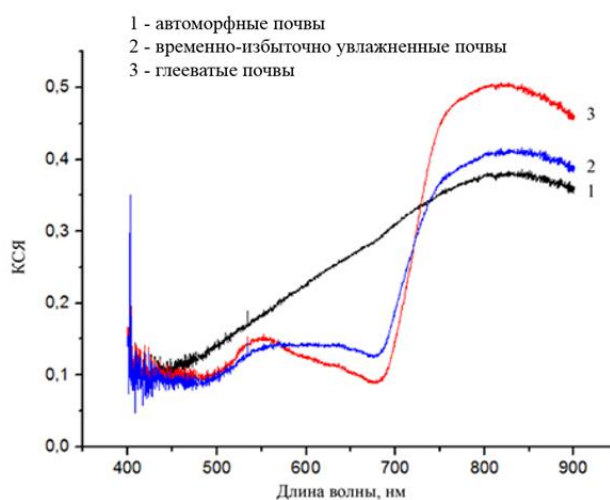


Рисунок 2 – Кривые спектральной яркости ячменя в фенологическую фазу колошения на почвах различной степени увлажнения

С использованием космического многозонального снимка Sentinel-2 на территорию ключевого участка была получена карта нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI. Анализ мультиспектрального изображения, составленной на его основе почвенной карты и карты NDVI показал, что растительность визуальна на космическом снимке в период колошения дифференцируется недостаточно. Однако контуры вегетационных индексов со значениями от 0.2 до 0.6 согласуются с отдельными контурами ячменя на почвах с различной степенью увлажнения. Для автоморфных почв соответствует вегетационный индекс 0.2, временно-избыточно увлажненных – 0.4 и глееватых – 0.6 (рисунок 3).

Изменение спектральной отражательной способности ячменя и тона изображения в фенофазу колошения позволяет дешифровать почвы в зависимости от степени увлажнения.

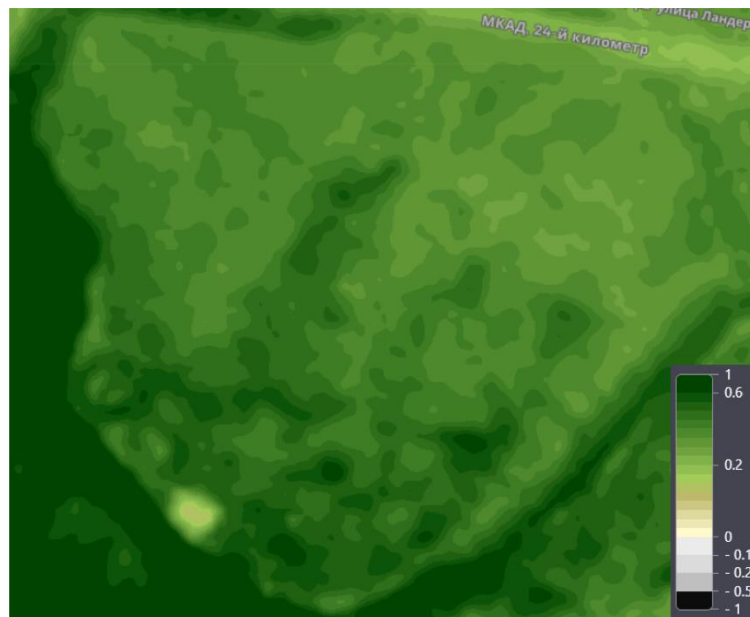


Рисунок 3 – Цветокодированное изображение NDVI

Лабораторные спектрометрические измерения согласуются с уже проведенными до этого собственными полевыми исследованиями [8 – 12], а также с исследованиями зарубежных и отечественных специалистов [4, 13 – 15]. Значения коэффициента отражения ячменя тесно коррелирует со степенью увлажнения почв. Было подтверждено что лабораторные измерения могут проводится для исследования спектральной отражательной способности не только почв, но и сельскохозяйственных культур. Преимуществом лабораторных измерений является независимость их от погодных условий. Так же они менее трудоемки и затратны, чем полевые исследования.

Библиографические ссылки

1. Давидович, Ю.С. Спектрометрическая съемка и ее возможности при изучении природных объектов / Ю.С. Давидович // 76-я научная конференция студентов и аспирантов Белорусского государственного университета: материалы конф. В 3 ч. Ч. 3, Минск, 13–24 мая 2019 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: В.Г. Сафонов (пред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2019. – С. 30–33.
2. Книжников, Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований: для студентов учреждений высшего профессионального образования / Ю.Ф. Книжников, В.И. Кравцова, О.В. Тутубалина.– М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 416 с.
3. Сизиков, А.С. Создание отечественного комплекса „Визир” для измерений двунаправленных спектрополяризационных коэффициентов отражения и яркости природных и искусственных объектов / А.С. Сизиков, Ю.В. Беляев, И.М. Цикман // ВіТР. Безопасность и Пожарная Техника – 2018. – Т. 50. – №2. – С. 28–37.
4. Geiger, B. Reflection properties of vegetation and soil / B. Geiger, M. von Shonermark, H.P. Roser. – Berlin: Wissenschaft und Technik Verlag, 2004. – 352 p.
5. Шалькевич, Ф.Е. Составление тематических карт на основе дешифрирования аэрокосмических снимков: учебн.-метод. пособие / Ф.Е. Шалькевич, Р.А. Жмойдяк, А.А. Топаз. – Минск: Изд-во БГУ, 2000. – 40 с.

6. Беляев, Б.И. Авиакосмические системы и технологии в дистанционном зондировании Земли / Б.И. Беляев, В.В. Сосенко, А.Д. Хомицевич // Геоматика: образование, теория и практика [Электронный ресурс]: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию каф. геодезии и космоаэрокартографии и 85-летию фак. географии и геоинформатики БГУ, Респ. Беларусь, Минск, 20–22 нояб. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: А.П. Романкевич (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Изд-во БГУ, 2019. – С. 87–90.

7. Sentinel-hub EO-Browser [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>. – Дата доступа: 01.02.2021.

8. Давидович, Ю.С. Изменение спектральной отражательной способности сельскохозяйственных культур в зависимости от степени увлажнения почв / Ю.С. Давидович, Г.С. Литвинович, Ф.Е. Шалькевич // Геоматика: образование, теория и практика [Электронный ресурс]: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию каф. геодезии и космоаэрокартографии и 85-летию фак. географии и геоинформатики БГУ, Респ. Беларусь, Минск, 20–22 нояб. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: А.П. Романкевич (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Изд-во БГУ, 2019. – С. 111–114.

9. Давидович, Ю.С. Связь спектральной отражательной способности сельскохозяйственной растительности с различными вегетационными индексами / Ю.С. Давидович // Сборник материалов участников XVI Большого географического фестиваля, посвященного 200-летию со дня открытия Антарктиды русской экспедицией под руководством Фаддея Беллинсгаузена и Михаила Лазарева. – СПб.: Свое издательство, 2020. – С. 563–566.

10. Давидович, Ю.С. Спектральная отражательная способность сельскохозяйственной растительности и ее изображение на материалах дистанционных съемок / Ю.С. Давидович // 77-я научная конференция студентов и аспирантов Белорусского государственного университета [Электронный ресурс]: материалы конф. В 3 ч. Ч. 3, Минск, 11–22 мая 2020 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: В.Г. Сафонов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Изд-во БГУ, 2021. – С. 15–18.

11. Давидович, Ю.С. Спектральная отражательная способность рапса и его изображение на материалах дистанционных съемок / Ю.С. Давидович // ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс]: материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 18 нояб. 2020 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: Н.В. Жуковская (гл. ред.), О.М. Ковалевская. – Минск: Изд-во БГУ, 2020. – С. 162–165.

12. Давидович, Ю.С. Изменение спектральной отражательной способности рапса в зависимости от степени увлажнения почв / Ю.С. Давидович // Материалы 18-й Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, ИКИ РАН, 16–20 ноября 2020 г. – М.: ИКИ РАН, 2020. – С. 313.

13. Бауэр, М.Е. Спектральные методы идентификации и оценки состояния зерновых культур / М.Е. Бауэр // ТИИЭР. – 1985. – Т. 73. – №6. – С. 185–201.

14. Беляев, Б.И. Оптическое дистанционное зондирование / Б.И. Беляев, Л.В. Катковский. – Минск: Изд-во БГУ, 2006. – 455 с.

15. Выгодская, Н.Н. Теория и эксперимент в дистанционных исследованиях растительности / Н.Н. Выгодская, И.И. Горшкова. – Л.: Гидрометиздат, 1987. – 245 с.