

УДК 911:528.855

**Владислав Малышев**, к. геогр. н., с. н. с.

e-mail: vmalyshev@list.ru

**Ирина Жемерова**, н. с.

e-mail: zhemerova\_iren@mail.ru

Институт географии РАН, г. Москва



## МЕТОДИКА СБОРА ФИТОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ И ПРЕДМЕТНО-СПЕЦИФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕОСИСТЕМ

В статье представлены методики по сбору фитометрических данных на экспериментальных площадках и при маршрутных исследованиях спектральных и фитометрических характеристик растительного покрова.

Сбор фитометрических данных и других предметно-специфических характеристик объекта исследований проводится с целью максимально точно описать состояние объекта и условий проведения съёмки. Предметно-специфические характеристики включают: географические особенности объекта, координаты, описание почвенно-растительного покрова, климатические особенности, погодные условия на момент съёмки.

В статье предложен оригинальный подход к созданию базы данных спектральных и предметно-специфических характеристик объектов земной поверхности.

**Ключевые слова:** геосистема, фитометрические данные, дистанционное зондирование Земли, спектрометрические исследования, база данных, предметно-специфические характеристики наземных объектов, трансект.

Владислав Малышев, Ирина Жемерова

### МЕТОДИКА ЗБОРУ ФІТОМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ СТВОРЕННЯ БАЗИ ДАНИХ СПЕКТРОМЕТРИЧНИХ І ПРЕДМЕТНО-СПЕЦИФІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕОСИСТЕМ

У статті представлено методики збору фітометричних даних на експериментальних майданчиках і при маршрутних дослідженнях спектральних і фітометричних характеристик рослинного покриву.

Збір фітометричних даних та інших предметно-специфічних характеристик об'єкта досліджень проводиться з метою максимально точно описати стан об'єкта та умов проведення зйомки. Предметно-специфічні характеристики включають: географічні особливості об'єкта, координати, опис ґрунтового-рослинного покриву, кліматичні особливості, погодні умови на момент зйомки.

У статті запропоновано оригінальний підхід до створення бази даних спектральних і предметно-специфічних характеристик об'єктів земної поверхні.

**Ключові слова:** геосистема, фітометричні дані, дистанційне зондування Землі, спектрометричні дослідження, база даних, предметно-специфічні характеристики наземних об'єктів, трансект.

Vladislav Malyshev, Irina Zhemerova

### METHODS OF COLLECTING THE PHYTOMETRIC INFORMATION TO CREATE A DATABASE OF SPECTROMETRIC AND SUBJECT-SPECIFIC CHARACTERISTICS OF GEOSYSTEMS

The article deals with methodological basis for the organization and carrying out of field work in the aerospace polygon to collect spectral and ground-based metadata. The methods for gathering phytometric data at the experimental sites and with the route studies of spectral and phytometric characteristics of vegetation have been presented. The work was carried out on the test area of the Kursk aerospace polygon in 2015-2016. The methodology developed on the test area is used at other polygons while collecting ground-based metadata when performing spectrometric research of Earth covers.

Collection of the phytometric data and other subject-specific characteristics of the research object, aims to accurately describe the state of the object and the conditions of the shooting. Subject-specific characteristics include: geographical features of the object, the coordinates, description of land cover, climate, weather conditions at the time of shooting.

Areas with different vegetation types are allocated at the landfill site. The research routes are arranged to cover the maximum diversity of plant communities. Experimental platforms, on which phytometric measurements take place and samples are collected, are located along the lines of the planned routes. Flight spectral shooting and the route ground-based measurements are taken on the same routes.

The information obtained at points and on the routes is processed in laboratory conditions. Metadata in digital form are stored in a database in a specific format. The article proposes an original approach to the creation of a database of spectral and object-specific properties of objects on the Earth's surface. The storage structure of the spectral and subject-specific geosystems' characteristics in the database has been highlighted.

**Keywords:** geosystem, phytometric data, remote sensing of the Earth, spectrometry research, database, subject-specific characteristics of ground objects, transect.

**Введение.** Дистанционные методы изучения земной поверхности, как правило, являются косвенными, так как с их помощью измеряют не конкретные параметры объектов, а некоторые связанные с ними величины. Спектрометрическая аппара-

тура регистрирует лишь интенсивность светового потока от этих объектов в нескольких участках оптического диапазона. Чтобы «расшифровать» такие данные, требуются предварительные исследования, включающие в себя различные эксперименты

по изучению состояния геосистем и их элементов контактными методами; по изучению фитометрических показателей разных видов растительности в различных участках спектра и при различном взаимном расположении источника света (солнца), элементов растений и измерительного прибора. Далее необходимо определить, как выглядят те же объекты непосредственно в момент проведения съёмки (in-situ). Таким образом, работы по контактному описанию наземных объектов при ДЗЗ необходимо разделить на два этапа:

1. Определение географических координат объекта; его предварительное географическое и ботаническое описание.

2. Проведение наблюдений и измерений фитометрических и других показателей непосредственно в момент спектральной съёмки (подполётные исследования).

**Цель** настоящей работы – представить методики сбора фитометрической информации при проведении наземной и полётной спектрометрической съёмки на контрольно-калибровочных полигонах для создания базы данных спектрометрических и предметно-специфических характеристик.

**Изложение основного материала.** Изучение фитометрических показателей разных видов растительного покрова проводилось на территории тестового участка Курского аэрокосмического полигона при проведении спектрометрической съёмки территории. Курский аэрокосмический полигон включает Стрелецкий участок Центрально-Чернозёмного государственного природного биосферного заповедника имени профессора В.В. Алёхина, участок Курской биосферной станции ИГ РАН и территорию агропредприятия ООО «Панино».

При проведении фитометрических измерений мы фиксировали следующие показатели:

- видовое разнообразие;
- высоту растительного покрова;
- проективное покрытие;
- площадь листовой поверхности;
- фитомассу биоценоза.

Ряд показателей рассчитывался в камеральных условиях при обработке укусов с учётных площадок.

Перед началом полевых работ нами были собраны и проанализированы: картографический материал, данные о структуре посевных площадей, входящих в состав Курского тестового полигона, структуре растительного покрова Стрелецкого участка. На основе изученного материала было проложено четыре маршрута (трансекта), по которым и проводились исследования.

При проведении полевых исследований нами был использован общепринятый метод пробных и тестовых площадок [1, 2]. Площадки расположены вдоль линии трансекта через каждые 300 м. На сельскохозяйственных полях и участках степи учётные площадки имеют размеры 50 см на 50 см. Площадки

располагаются в наиболее характерных участках фитоценоза.

Существует также маршрутный метод сбора информации [2]. В маршрутном методе используется, в основном, глазомерная съёмка, и лишь некоторые характеристики фиксируются инструментально, что даёт менее точные результаты. Этот метод нами использован в дальнейшей работе на тестовом полигоне как дополнительный.

Важной характеристикой травянистых сообществ являются количественные показатели обилия каждого вида. Однако, подсчитать количество растений на площадке практически невозможно, так как количество экземпляров может достигать тысяч. Поэтому, в некоторых случаях, мы использовали другой показатель – встречаемость [2]. Для определения встречаемости видов используется метод Раункиера. На территории пробной площадки закладывается 20-25 площадок (раункиеров) площадью 0,25 м<sup>2</sup>. Раункиеры закладываются по всей площади равномерно или случайным образом. Частота встречаемости оценивается в баллах от 100 до 5: вид попал во все заложенные раункиеры – 100, не попал в один – 95, отмечен в одном раункиере – 5 и т. д.

На каждой учётной площадке при помощи мерной линейки измерялась высота растительного покрова и, при наличии, высота каждого яруса. В полевом журнале отмечается состав растительного яруса.

Одним из основных показателей, формирующих спектральный образ фитоценоза, является проективное покрытие. Проективное покрытие – это площадь горизонтальных проекций частей растений всех видов, встреченных на площадке, по отношению к величине учётной площадки. Данный параметр выражается в процентах или баллах. Проективное покрытие – показатель, который сильно варьирует по сезонам и годам. Мы использовали два способа определения проективного покрытия для травостоев.

1. *Определение площади на глаз.* Проективное покрытие определяется по визуальной шкале с 10 градациями – от 10 до 100%. Глаз человека может определить степень проективного покрытия с точностью 10%. Так обычно определяется общее проективное покрытие. Этот метод использовался нами на степных и луговых участках, где проективное покрытие достигало 90-100%.

2. *Определение площади при помощи сеточки Раменского.* Сеточка Раменского – это прибор, представляющий собой небольшую пластинку, в которой вырезано прямоугольное отверстие размером 5 см на 5 см. Затем рассматривают травостой через этот прибор и мысленно сгущают пространство, покрытое растениями, к одному концу сеточки, а непокрытое – к другому, определяя покрытую площадь. Этот метод позволяет добиться достаточной точности определения проективного покрытия.

В зависимости от целей исследования, кроме общего проективного покрытия и покрытия опре-

делённых видов, нередко отдельно фиксировалось проективное покрытие различных групп (например, проективное покрытие сорняков в культурных посевах).

После проведения описанных замеров на площадке размером 50x50 см делается укос всей растительности. Проба пакуется в специальный мешок и маркируется (дата, время, номер трансекта, номер поля, номер площадки). В камеральных условиях пробы взвешиваются. Сырой вес фиксируется в полевом журнале. Затем каждый укос разбирается на фракции (листья, стебли, колосья, цветы), каждая из которых тоже взвешивается. После этого материал высушивается и опять взвешивается. Таким образом, мы фиксируем не только общую фитомассу на площадке, но и долю каждой из фракций.

При разборе укосов на фракции проводились измерения и расчёт площадных показателей растений. К площадным мы относим все характеристики, определяемые на основе подсчёта площади элементов растительности, соотношения их к площади пробной площадки.

Для определения площади листьев мы отбираем листья растений случайным методом до получения большого статистического ряда. В зависимости от размеров и конфигурации листьев, нами использовались три метода подсчёта площади. Метод квадратной сеточной палетки использовался для определения площади листьев гречихи, клевера, гороха, люцерны, так как их листья имеют простую округлую форму. Для определения площади листьев зерновых и других узколистных культур мы использовали метод линейных замеров, при котором площадь листа рассчитывается, как площадь геометрической фигуры.

Для определения площадей листьев сложной конфигурации (кукурузы, подсолнечника) мы использовали метод насечек, так как другие методы оказываются очень трудоёмкими. Для подсчёта площади листьев этим методом всю выборку листьев предварительно взвешивают. Затем складывают стопкой черешками в разные стороны.

Специальным приспособлением с известной площадью сечения делают насечки сквозь стопку листьев в нескольких местах так, чтобы захватить не только края листовой пластины, но и центральные прожилки. Затем насечки взвешивают и находят среднее значение, определяя, таким образом, вес одной площадной единицы. Вес всех листьев делят на средний вес одной площадной единицы и получают суммарную площадь листьев.

После определения площади листьев проводится расчёт индекса листовой поверхности. Индекс листовой поверхности — показатель фотосинтезирующей биомассы, равный площади освещённых листьев, приходящейся на единицу поверхности почвы. Индекс определяется как отношение площади листьев (одной их сторон) к площади почвы биоценоза. Выражается показатель в квадратных сантиметрах. Результаты расчётов фиксируются в полевом журнале.

Все фитометрические замеры и укусы проводятся после проведения на учётных площадках спектрометрической съёмки. Съёмка проводилась аппаратными комплексами ФСР и ФСС-М1, разработанными НИИ прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко (Белорусский государственный университет). Все аппаратные комплексы — высокого разрешения, снабжены цифровой покадровой видеосистемой, синтезом изображений и спектров и предназначены для измерения спектральных отражательных характеристик всех типов природных поверхностей полигонов.

Одна из спектральных характеристик и фотоизображение, полученные системой ФСС-М1, представлены на рис.

Вся информация, полученная при спектрометрических исследованиях, а также метаданные и предметно-специфические характеристики объектов заносятся в Базу данных спектральных сигнатур. Структура базы данных предоставляет удобный и понятный пользователям визуальный интерфейс для поиска и извлечения информации. Для обеспечения качества данных и эффективного поиска в

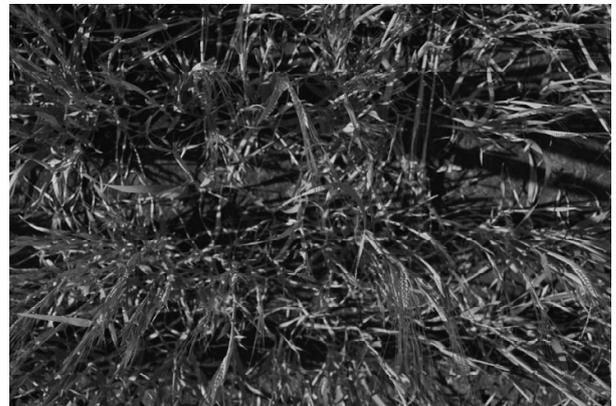
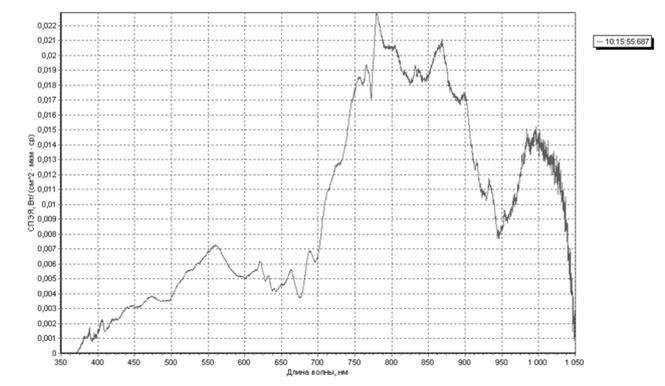


Рис. Спектральная характеристика и фотоизображение площадки поля ячменя в стадии кущения

Базе данных спектральных сигнатур спектральные данные сопровождаются метаданными и хранятся упорядоченным способом [3].

Для всех видов зондируемых объектов в атрибуты включены географические координаты, описывающие место сбора данных. В базе данных спектральных сигнатур каждая группа однородных объектов (например, вид растительности: степь, сельскохозяйственные посевы) помещается в отдельную таблицу. Каждая такая таблица содержит колонки, описывающие атрибуты объекта – его спектротрические, географические и фитометрические характеристики, включая координаты объекта, где проводились измерения. Одна строка таблицы описывает один объект.

Данные по разным объектам и регионам хранятся с указанием дополнительных атрибутов: географические координаты измерительных полигонов, время года, характеристики влажности почвы, химические свойства почвы и др. Такие показатели необходимо фиксировать, поскольку отражательные свойства растительности значительно меняются в зависимости от состава почв, влажности, фазы вегетации и других показателей [3].

Метаданные, сопровождающие спектральную сигнатуру, содержат информацию об объекте и данные об окружающей среде на момент их сбора,

а также информации и параметров измерительной аппаратуры. В базу данных внесены результаты измерений спектротрических сигнатур наземных объектов, фитометрические показатели и метаданные, полученные на полигонах в разных географических зонах, разными спектральными аппаратно-программными комплексами на протяжении ряда лет.

**Выводы.** Проведённые работы позволили выработать методику оценки фитометрических показателей растительности при проведении спектральных исследований территории в режиме in-situ. Разработаны методы и проведена оценка параметров объектов при натурных исследованиях ряда сельскохозяйственных культур, а также естественной степной и луговой растительности. Полученные результаты внесены в Базу данных спектральных сигнатур для дальнейшей обработки. Результаты работы имеют не только научное значение. Они могут использоваться в учебных целях, в частности, при изучении биометрических методов исследований геосистем и при изучении курсов «Дистанционные методы исследования земной поверхности», «Комплексные изучения геосистем».

**Рецензент – доктор географических наук,  
профессор Б.И. Кочуров**

#### Список использованных источников:

1. Александрова В.Д. Классификация растительности. Обзор принципов классификации и классификационных систем в различных геоботанических школах / В.Д. Александрова. – Л.: Наука, 1969. – 277 с.
2. Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике / В.И. Василевич. – Л.: Наука, 1969. – 232 с.
3. Малышев В.Б. Разработка и создание базы данных спектральных и предметно-специфических характеристик объектов земной поверхности / В.Б. Малышев, И.К. Жемерова // Проблемы непрерывного географического образования и картографии. – 2014. – Вып. 20. – С. 76-80.

#### References:

1. Aleksandrova, V.D. (1969). Klassifikacija rastitel'nosti. Obzor principov klassifikacii i klassifikacionnyh sistem v razlichnyh geobotanicheskikh shkolah [Classification of vegetation. An overview of the classification principles and systems in different geobotanical schools]. Leningrad: Nauka, 277.
2. Vasilevich, V.I. (1969). Statisticheskie metody v geobotanike [Statistical methods in geobotanic]. Leningrad: Nauka, 232.
3. Malyshev, V.B., Zhemerova, I.K. (2014). Razrabotka i sozdanie bazy dannyh spektral'nyh i predmetno-specificheskikh harakteristik ob"ektov zemnoj poverhnosti [Database development and creation of spectral and subject-specific characteristics of objects on the Earth's surface]. The problems of continuous geographical education and cartography, 20, 76-80.