



УДК 528

## Библиотека спектральных характеристик растительности на территории Туркменистана

**АННАНИЯЗОВ  
Какабай Оразович**

*Национальный институт пустынь,  
растительного и животного мира  
Министерства охраны окружающей среды  
Туркменистана, kakabay5211@mail.ru*

**ХУДАЙНАЗАРОВ  
Сердар Аманязович**

*Туркменский государственный университет имени  
Махтумкули, serdarhudaynazarov1989@gmail.com*

### Ключевые слова:

спектральная библиотека  
спектр  
космические снимки  
концепция  
растительный покров

### Аннотация:

В статье описывается механизм создания спектральной библиотеки природных объектов (основной растительный покров пустыни Каракумы). Сформулирована Концепция создания спектральной библиотеки растительности. Представлена пилотная версия спектральной библиотеки растительности Туркменистана (26 видов пастбищной растительности). Научно-исследовательские работы проводились в восточных районах страны, в Центральных Каракумах и в окрестностях Прикаспийской низменности. При гиперспектральном дешифрировании космических снимков функциональное значение спектральных библиотек заключается в определении типа, географического положения и распределения растительности по спектру. Библиотека содержит пакеты характеристик для каждого вида, включая: описание объекта, данные спектрометрических измерений в виде графиков, географические координаты, фотографию образца. Спектральная библиотека растительности Туркменистана может быть использована для систематического наблюдения за состоянием растительного покрова, получения оперативной информации о направлении и масштабах происходящих в них изменений, мониторинга окружающей среды, картирования растительности, разработки методов дистанционного зондирования Земли.

© 2025 Петрозаводский государственный университет

Получена: 12 апреля 2024 года

Опубликована: 02 апреля 2025 года

### Введение

Библиотека спектральных характеристик объектов на поверхности Земли – это ценный источник информации для обработки данных дистанционного зондирования. В ней собраны пространственные данные, такие как географическая основа, материалы дистанционного зондирования, результаты тематического дешифрирования и спектральные характеристики природных объектов, включая растительные культуры (Аншаков и др., 2013; Касимов и др., 2015). Они незаменимы при дешифрировании гиперспектральных космических снимков. Для повышения достоверности дешифрирования космических снимков спектральные библиотеки формируются из базы данных,

полученных из систематических наземных (полевых) спектрометрических измерений. В качестве пилотной версии нами разработана концепция создания спектральной библиотеки исследуемого природного объекта (растительных культур) на территории вокруг озера Алтын Асыр и Лебапского региона Туркменистана.

При создании данной концепции были поставлены и решались следующие задачи:

- разработка принципов формирования спектральной библиотеки исследуемого природного объекта;
- систематическое получение спектральных характеристик различных природных объектов и формирование банка данных в спектральной библиотеке из исследуемых регионов Туркменистана;
- создание пилотной версии спектральной библиотеки растительности Туркменистана.

## **Оригинальные методы исследований**

### **Принципы формирования эталонной спектральной библиотеки исследуемого природного объекта (растительных культур) Туркменистана**

Структурно формируемая спектральная библиотека состоит из наименования исследуемого природного объекта (1-я колонка) и банка данных (со 2-й по  $n$  колонку). На основе опыта работы в области дешифрирования космических снимков, получения, обработки и использования данных полевых спектрометрических измерений (Создание системы..., 2022) нами был разработан следующий ряд принципов:

- в полевых измерениях использовать высококачественное, калиброванное измерительное оборудование, которое обеспечит получение подробных и достоверных данных;
- применять обоснованную и хорошо документированную методику измерений;
- выбирать типичные виды (т. е. доминантные) растений и их состояния в основных фенологических фазах;
- библиотека создана в двух видах: 1) библиотека для общего пользования, может быть доступна через интернет и основана на использовании WEB-технологий; 2) библиотека с функциями услуг для частного пользователя, которая будет использоваться в режиме офлайн с функцией обновления с удаленного сервера;
- обеспечение удобного пользования спектральной библиотекой, в т. ч. возможностями поиска исследуемой территории через интернет, информации по типу объекта, времени измерений, просмотра данных онлайн, экспорта данных из библиотеки для просмотра и анализа в программном обеспечении пользователя (Программный комплекс..., 2014).

### **Спектральные характеристики исследуемого природного объекта (растительных культур)**

Спроектированная спектральная библиотека природного объекта (растительности) включает следующие основные элементы:

- описание объекта (географическое положение, рельеф и почвенный покров, флора и растительность, характер и степень антропогенного воздействия и др.);
- данные спектрометрических измерений (в текстовой и графической форме);
- условия проведения измерений и другая информация (табл. 1).

### **Пилотная версия спектральной библиотеки растительности**

Результатом проведенных исследовательских работ по созданию спектральных библиотек стала пилотная версия спектральной библиотеки растительности названных регионов Туркменистана, включающая следующие основные элементы для каждого типа растений:

- описание растительных культур (таксационные данные);
- географические координаты и фото образца;
- данные спектрометрических измерений в виде текстового файла и графика.

Разработанную концепцию спектральной библиотеки растительности мы рассматриваем как систему средств для взаимодействия пользователя (исследователя) с компьютерным устройством и основанную на представлении всех доступных пользователю (исследователю) спектральных данных и функций, описывающих процессы их взаимодействия. Формирование спектральной библиотеки мы проводим по технологии создания графического интерфейса при операционной системе Windows. Команды управления библиотекой скрываются за графическими элементами, которыми управляет пользователь (исследователь). Графический интерфейс иногда называют WIMP – аббревиатура от Windows, Icons, Menus, Pointer – «окна, иконки, меню, и указатель». WIMP-интерфейс позволяет управлять программными и аппаратными ресурсами компьютера через окна, иконки, меню и указатели. Для удобства пользования библиотекой спектров конечное ее оформление произведено в веб-формате и

представляет собой интернет-страницу (см. рис. 1), которую можно открыть в любом браузере.

Таблица 1. Спектральная библиотека пастбищной растительности Туркменистана (фрагмент)

№	Название растения	Характеристика	ASCII_ref	UV-NIR
1	<b>Boýalyç (çereten)</b> <i>Salvica arborea</i>	Характеристика	ASCII_ref	<a href="#">0.3-2.5 µm</a>
2	<b>Kemrud ýowsary</b> <i>Kemrudica</i>	Характеристика	ASCII_ref	<a href="#">0.3-2.5 µm</a>
3	<b>Ýarymgymsaly kemek</b> <i>Kemecum</i>	Характеристика	ASCII_ref	<a href="#">0.3-2.5 µm</a>
4	<b>Çöl saýmalazy</b> <i>Sesuvium dentatus</i>	Характеристика	ASCII_ref	<a href="#">0.3-2.5 µm</a>

При оформлении использовались стандартные средства веб-разработки: язык разметки HTML и таблица стилей CSS. Страница оформлена в табличном виде с названием растительной культуры и базы данных в zip-формате. База данных включает в себя краткую характеристику и снимок растения, скриншот графика спектра растения и сам спектр в формате asd (в цифровом виде) и интервал длин волн, в которых находятся спектры. При наведении и щелчке по картинкам в разделах таблицы (снимкам растений и графикам спектров) они открываются в новых окнах в увеличенном размере для более детального рассмотрения (рис. 1, 2). Для удобства пользования таблицей заголовки ее разделов при прокручивании сохраняют свое положение в верхней части окна просмотра браузера.

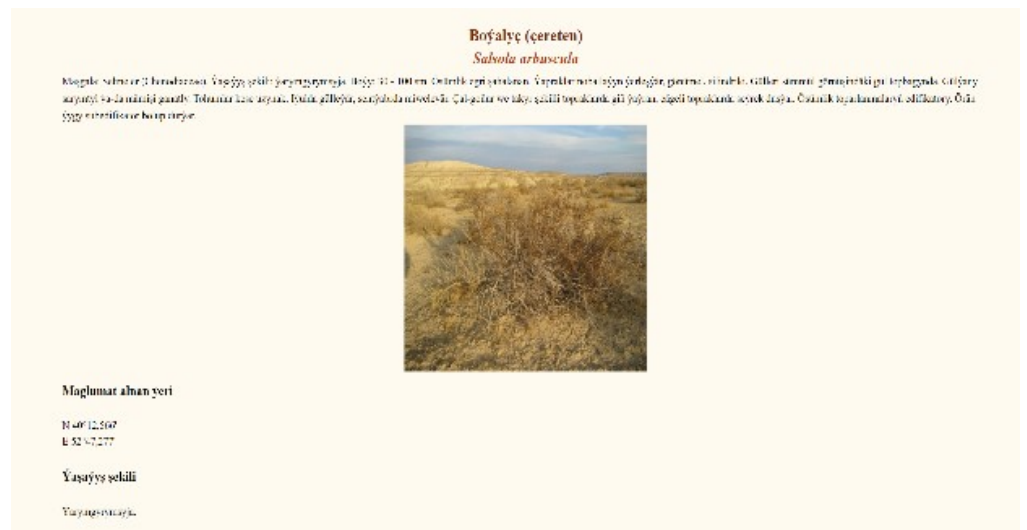


Рис. 1. Содержимое столбца «Характеристика» спектральной библиотеки  
Fig. 1. Contents of the "Characteristic" column of the spectral library

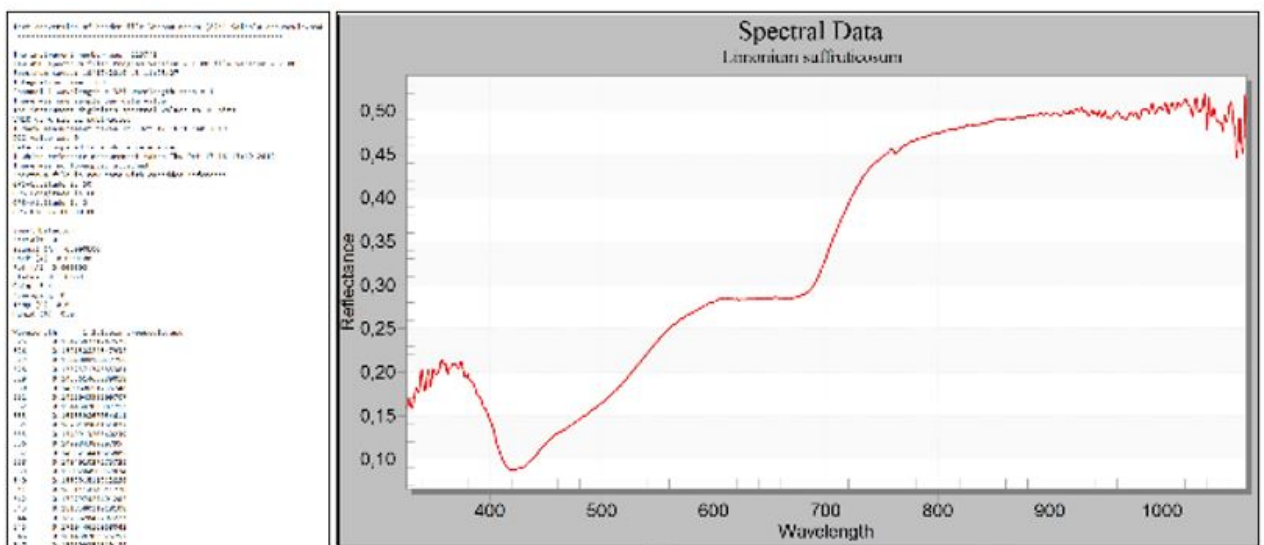


Рис. 2. Содержимое столбцов ASCII\_ref и UV-NIR спектральной библиотеки

Fig. 2. Contents of ASCII\_ref and UV-NIR columns of the spectral library

В качестве примера использования спектральных библиотек были проведены полевые работы по измерениям спектров нескольких видов растительности в районе туркменского озера Алтын Асыр и Прикаспийской низменности – около 26 видов растений. Собранные спектры растительности были объединены в спектральную библиотеку (рис. 3).

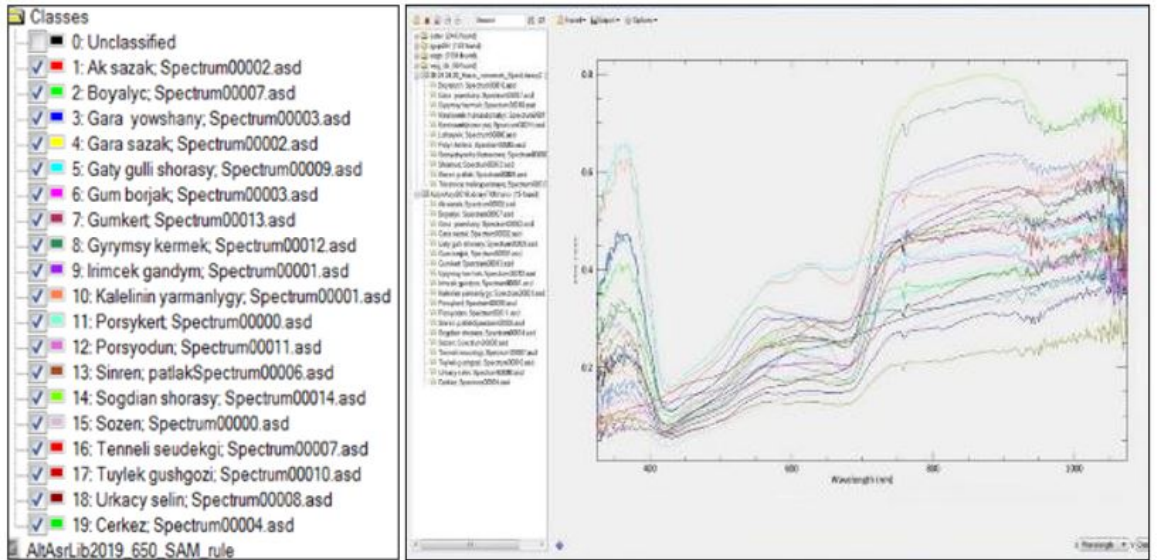


Рис. 3. Импортированные спектры растительных культур в спектральную библиотеку программного комплекса ENVI

Fig. 3. Imported plant crop spectra into the spectral library of the ENVI software package

По данным спектральной библиотеки были дешифрованы гиперспектральные космические снимки территории Туркменистана. На них удалось обнаружить совпадения по спектрам нескольких видов растений (черный саксаул, солянка деревцевидная, полынь Келлера и др.), тем самым подтверждая возможность обнаружения местоположения интересующих нас объектов на космических снимках (рис. 4).



Рис. 4. Дешифрированные космические снимки, на которых удалось обнаружить совпадение по спектрам нескольких видов растительных культур из представленного списка спектров: 1 – черный саксаул, 2 – солянка деревцевидная, 3 – полынь Келлера и др.

Fig. 4. Deciphered space images in which it was possible to detect a coincidence in the spectra of several types of plant crops from the presented list of spectra: 1 – *Haloxylon ammodendron*, 2 – *Salsola arbuscula*, 3 – *Artemisia Keller* and others

### **Заключение или выводы**

Исследования показали, что существуют различные перспективы использования спектральных библиотек для решения научных и прикладных задач. Предложенная концепция создания спектральной библиотеки и ее пилотная версия позволяют оптимизировать работу с данными дистанционного зондирования Земли разного уровня разрешения: результаты исследований показали существенную вариацию спектральных характеристик различных видов растений. Поэтому при создании спектральной библиотеки растений особое внимание необходимо обратить на их вариабельность в зависимости от фенологического состояния, условий произрастания (увлажнение, затененность, экспозиция и крутизна склонов и др.), степени и характера техногенного воздействия. Это предполагает формирование сложной структуры базы спектральных характеристик, данных о состоянии каждого вида растения и возможность ее пополнения.

Анализ отечественного и зарубежного опыта показал, что создание спектральных библиотек относится к задачам, решаемым мировым научным сообществом, и вклад нашей страны значим.

Функциональная значимость спектральных библиотек при гиперспектральном дешифрировании

космических снимков состоит в определении географического местоположения растительной культуры по ее спектру.

### **Библиография**

Аншаков Г. П., Егоров А. С., Ращупкин А. В., Скимунт В. К. Многоуровневая система оперативного гиперспектрального мониторинга Земли [Multilevel system of operational hyperspectral monitoring of the Earth] // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2013. № 4. С. 28–37. DOI: 10.18287/1998-6629-2013-0-4(42)-28-37

Касимов Н. С., Голубева Е. И., Лурье И. К., Зимин М. В., Самсонов Т. Е. Библиотека спектральных характеристик географических объектов в структуре геопортала МГУ имени М. В. Ломоносова [Library of spectral characteristics of geographical objects in the structure of the geoportals of M.V. Lomonosov Moscow State University] // Вестник Московского университета. Сер. 5: География. 2015. № 5. С. 3–8.

Создание системы многоуровневого мониторинга состояния природных объектов (растительность и почва) на примере территории вокруг озера Алтын асыр и Прикаспийской низменности [Creation of a multi-level monitoring system for the state of natural objects (vegetation and soil) using the example of the territory around Lake Altyn Asyr and the Caspian Lowland]: Отчет госбюджетной темы: 2017–2022 г. Лаб. ГИС Центра технологий АН Туркменистана. 58 с.

Программный комплекс ENVI 5.1: Руководство пользователя [ENVI Software package 5.1: User's Guide]. М.: Совзонд, 2014. 242 с.



# Library of spectral characteristics of vegetation in Turkmenistan

**ANNANIYAZOV  
Kakabay**

*National Institute of Deserts, Flora and Fauna Ministry of Environmental Protection of Turkmenistan,  
kakabay5211@mail.ru*

**HUDAYNAZAROV  
Serdar**

*Magtymguly Turkmen State University,  
serdarhudaynazarov1989@gmail.com*

**Keywords:**

spectral library  
spectrum  
space images  
concept  
vegetation cover

**Summary:**

The article describes the mechanism of creating a spectral library of natural objects that make up the main vegetation cover of the Karakum Desert. The concept of creating a spectral library of vegetation is formulated. A pilot version of the spectral library of vegetation of Turkmenistan (26 types of pasture vegetation of Turkmenistan) is presented. Research work was carried out in the eastern regions of the country, in the Central Karakum Desert and in the vicinity of the Caspian lowland. In hyperspectral decoding of satellite images, the functional significance of spectral libraries is to determine the type, geographical location and distribution of vegetation across the spectrum. The library contains packages of characteristics for each type, including: description of the object, data from spectrometric measurement in the form of graphs, geographical coordinates, and a photograph of the sample. The spectral library of vegetation of Turkmenistan can be used for systematic monitoring of the state of vegetation cover, obtaining operational information on the direction and scale of changes occurring in them, monitoring the environment, mapping vegetation, and developing methods for remote sensing of the Earth.

**References**