



УДК 502.521

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВЕ НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИДИМОГО И БЛИЖНЕГО ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНОВ



DETERMINATION OF OIL CONTENT IN SOIL BASED ON SPECTRAL CHARACTERISTICS OF THE VISIBLE AND NEAR INFRARED RANGES

Шерстобитов Данил Николаевич

студент-бакалавр,
Самарский государственный технический университет
sherstobitovdn@gmail.com

Ермаков Василий Васильевич

кандидат технических наук, доцент
Самарский государственный технический университет

Аннотация. Предложена технология для определения содержания нефти и нефтепродуктов в почве. В основе работы лежит эксперимент, проведенный в лабораторных условиях с предварительной подготовкой загрязненных образцов почвы для создания калибровочной модели. Приводятся схема лабораторной установки и используемых приборов. Представлены наиболее подходящие участки видимого и ближнего инфракрасного диапазона для определения содержания нефти и нефтепродуктов в почве. В дальнейшем представленная технология может использоваться в полевых исследованиях почвы.

Ключевые слова: спектральные данные, анализ многомерных данных, дистанционное зондирование, нефть, нефтяное загрязнение, загрязненная почва.

Sherstobitov Danil Nikolaevich

Bachelor Student,
Samara State Technical University
sherstobitovdn@gmail.com

Yermakov Vasily Vasilyevich

PhD, Associate Professor
Samara State Technical University

Annotation. The technology for determination of oil and oil products content in soil is proposed. The work is based on the experiment carried out in laboratory conditions with preliminary preparation of contaminated soil samples for creating calibration model. The scheme of laboratory unit and used devices is given. The most suitable areas of visible and near infrared range for determination of oil and oil products content in soil are presented. In the future, the presented technology can be used in field studies of soil.

Keywords: spectral data, multivariate data analysis, remote sensing, oil, oil contamination, contaminated soil.

В данной работе проводилось исследование спектральных характеристик предварительно обезвоженной почвы под искусственным источником света.

Главная задача работы – разработка спектрального индекса определения содержания нефти и нефтепродуктов в почве на основе видимого и ближнего инфракрасного области спектра. Разработка данного индекса позволит проводить мониторинг нефтезагрязненной почвы при помощи данных дистанционного зондирования Земли, а также при съемке на более близких расстояниях.

Вес каждого исследуемого образца загрязненной почвы составлял 30 грамм. Концентрация нефти и нефтепродуктов в каждом из образцов не превышает 21 % для более точного определения спектральных характеристик исследуемых образцов почвы. При более высокой концентрации информация, извлекаемая при спектральной съемке, является недостоверной за счет преобладания отражения нефти и нефтепродуктов.

Значения добавляемой нефти (нефтепродуктов) и воды для проведения калибровки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав образцов почвы

№ Образца	Вода		Нефть		Почва
	%	г	%	г	
1	2	3	4	5	6
1	2	0,6	20	6	23,4
2	3	0,9	3	0,9	28,2
3	4	1,2	18	5,4	23,4
4	5	1,5	5	1,5	27
5	6	1,8	16	4,8	23,4
6	7	2,1	7	2,1	25,8
7	8	2,4	14	4,2	23,4
8	9	2,7	9	2,7	24,6



Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
9	10	3	12	3,6	23,4
10	11	3,3	11	3,3	23,4
11	12	3,6	10	3	23,4
12	13	3,9	13	3,9	22,2
13	14	4,2	8	2,4	23,4
14	15	4,5	15	4,5	21
15	16	4,8	6	1,8	23,4
16	17	5,1	17	5,1	19,8
17	18	5,4	4	1,2	23,4
18	19	5,7	19	5,7	18,6
19	20	6	2	0,6	23,4
20	21	6,3	21	6,3	17,4

Эксперимент проводился под источником искусственного освещения – лампой накаливания (мощность – 95 ватт, световой поток – 1250 люмен) на расстоянии 15 см от поверхности исследуемой почвы.

Определение спектральных характеристик почвы проводилось при помощи 2 спектрометров – Ocean Optics (STS-NIR) и (STS-UV). Удаленность спектрометра от исследуемого объекта составляло 5 см.

Микроспектрометры Ocean Optics STS, в основе которого лежит ПЗС-детектор с 1024 элементами, имеет габаритные размеры 40 x 42 x 24 мм, площадь менее 50 мм² и весит всего 68 грамм. Для проецирования спектра на детектор спектрометр оснащен высококачественными коллимирующими и фокусирующими зеркалами, а также дифракционной решеткой с плотностью 600 штрихов/мм.

Характеристики применяемых спектрометров представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики спектрометров

Физические характеристики		
Модель спектрометра	STS-UV-L-50-400-SMA	STS-NIR-L-50-400-SMA
Габаритные размеры	40 мм x 42 мм x 24 мм	
Вес	68 г	
Детектор		
Тип, модель	линейный ПЗС, ELIS-1024	
Количество пикселей	1024	
Размер пикселя	7.8 x 125 мкм	
Диапазон длин волн	190–1100 нм (без покрытия)	
Емкость пикселя	800 000 электронов	
Оптический модуль		
Оптическая схема	асимметричная скрещенная Черни-Тернера	
Фокусное расстояние	28 мм (входное и выходное)	
Входная щель	100 мкм	50 мкм
Фильтр высших порядков дифракции	Да	Нет
Спектроскопические характеристики		
Спектральный диапазон	190–650 нм	650–1100 нм
Оптическое разрешение	6.0 нм FWHM	3 нм FWHM
Отношение сигнал/шум	1500 : 1 (при полном сигнале)	
Время интегрирования	10 мкс – 10 с	

Съемка спектральных характеристик проводилась при помощи программного обеспечения OceanView со следующими параметрами:

Параметры съемки спектральных характеристик с помощью спектрометров представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры съемки спектральных характеристик

Параметр	UV	NIR
Ширина полосы	5	
Время интегрирования	5 с	1 с
Количество сканирований (в среднем)	5	5



На каждый из 20 образцов загрязнённой почвы были отсняты по 10 спектров в ультрафиолетовом и ближнем инфракрасном диапазоне для последующего анализа и калибровки.

После определения спектральных характеристик были сделаны снимки образцов на USB-камеру с предварительно установленной на нее насадкой (дифракционной решеткой). Освещение и источник света аналогичны съёмке при помощи спектрометра, расстояние до образцов – 5 см. Схема лабораторной установки для съёмки спектральных характеристик при помощи насадки (дифракционной решетки) представлена на рисунке 1.

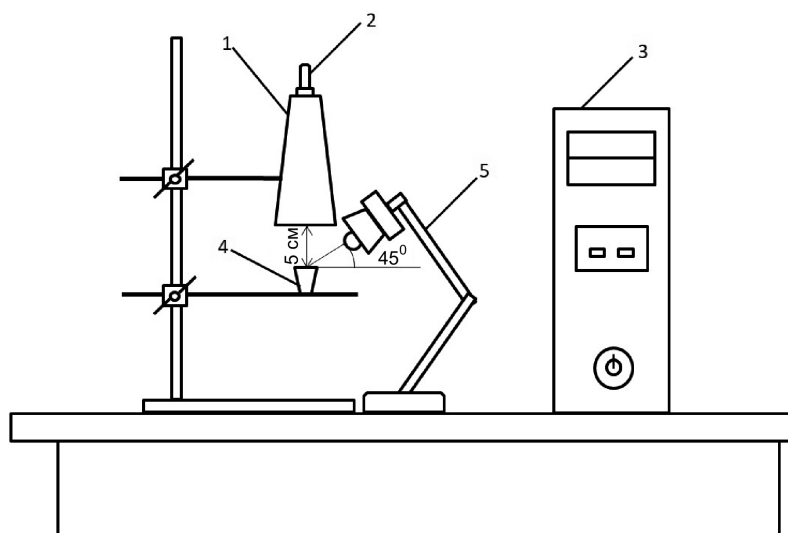


Рисунок 1 – Схема расположения оборудования для проведения съёмки с помощью насадки (дифракционной решетки): 1 – насадка (дифракционная решетка); 2 – USB-камера; 3 – компьютер; 4 – исследуемый образец почвы; 5 – источник света

Для определения характерных признаков загрязненной почвы использовались методы многомерной классификации и калибровки. Наиболее приемлемым способом определения таких неявных зависимостей являются хемометрические методы. Моделирование было выполнено с применением Метода главных компонент (МГК), при помощи которого в многомерном пространстве были выделены области, характерные для данного типа загрязнения. Выделенные паттерны были дифференцированно проанализированы для выделения подгрупп и поиска дополнительной информации.

Для каждого отдельного выделенного кластера проводилась калибровка методом Регрессии на главные компоненты (РГК) и Проекции на латентные структуры (ПЛС). В результате обработки качественных данных были найдены калибровочные зависимости внутри массивов данных, что в свою очередь позволило выделить наиболее ценные характеристики для создания спектрального индекса (рис. 3).

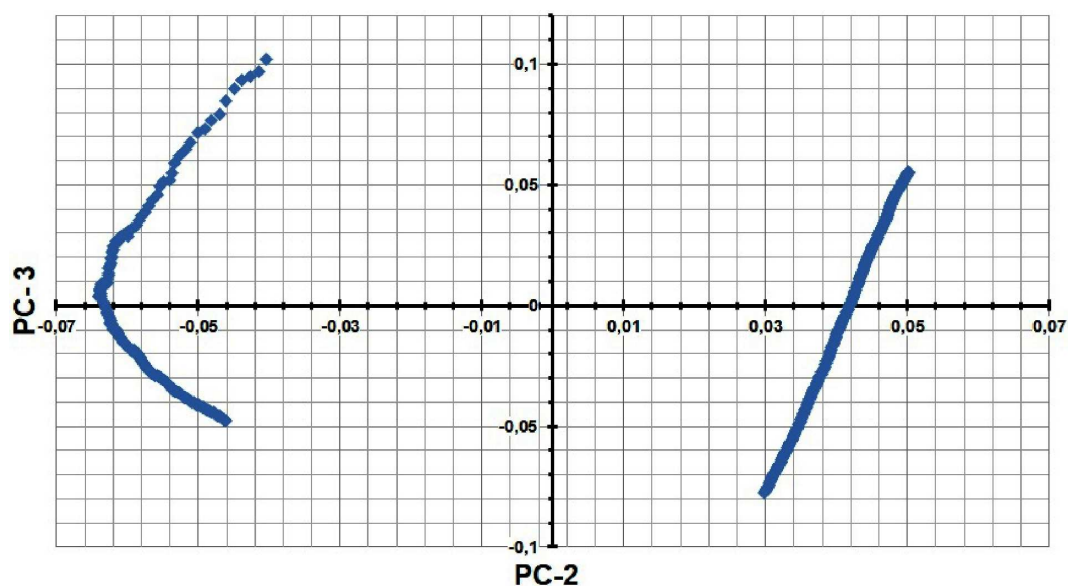


Рисунок 3 – График нагрузок, построенный на основе РГК

**Вывод**

В результате калибровки многомерных данных были выделены наиболее ценные диапазоны в видимой и ближней инфракрасной области для определения содержания нефти и нефтепродуктов с длинами волн (633–749 нанометров) и (1030–1114 нанометров) соответственно. Данная информация поможет для определения содержания нефтепродуктов при помощи камеры и установленной на нее дифракционной решетки. Снимки с данной камеры предполагается анализировать при помощи специального программного обеспечения, которое будет определять интенсивность излучения на основе яркости пикселей.