

УДК: 550.814:553.98(575.16/.172)

<https://doi.org/10.70769/2181-4732.ITJ.2026-3.02>

ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРАЛЬНО-ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОН МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЧАРДЖОУСКОЙ СТУПЕНИ)

Бикеева Луиза Равкатовна, заведующий лабораторией, E-mail: Luizabikeyeva@mail.ru,
ORCID: 0009-0001-2122-8114, Science ID: FTN-0826-0073

Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений (ГУ ИГИРНИГМ),
г. Ташкент, Узбекистан

Аннотация. Во всех нефтегазоносных районах Узбекистана, заслуживающих первоочередного внимания, нефть и газ связаны с юрскими и меловыми образованиями. В них залежи могут быть приурочены к антиклинальным поднятиям, включающих целый ряд локальных структур, к зонам регионального выклинивания отдельных секций разреза (нижне-средне- и верхнеюрских, в пределах Бухарской тектонической ступени неокон-аптских. Также установлена роль разломов, которые прямо или косвенно контролируют месторождения, активное развитие которых связывается с новейшим этапом активизации тектонических движений. В статье, на основе исследований особенностей спектрально-отражательных характеристик путем использования мультиспектральных цифровых космоснимков Landsat 7 ETM+, Sentinel и программного продукта Erdas Imagine и Erdas ER Mapper выявлены геоинформационные аномалии, в формировании которых проявляется и фиксируется энергия, участвующая в преобразовании рельефа. В зонах линеаментов (разрывов, зон разуплотнения, трещиноватости) и кольцевых структур происходит разрядка напряжений и как следствие происходят различные биогеохимические и гидродинамические процессы. Рекомендованы к доизучению прилегающих зон месторождений Акназар, Шим.Акназар, Чилькувар, Бешикент, Ханабад, Феруза, Янги Каратеп, Шакарбулак, Илим.

Ключевые слова: спектральное отражение, материалы ДЗЗ, КФС, линеаменты, неотектоника, месторождение, нефть, газ, локальная структура.

УОДК: 550.814:553.98(575.16/.172)

CHORDJO'Y POG'ONASI MISOLIDA UGLEVODOROD KONLARI ZONALARINING MASOFADAN ZONDLASH TADQIQOTLARI ASOSIDA SPECTRAL-QAYTARISH XUSUSIYATLARI

Bikeyeva Luiza Ravkatovna, laboratoriya mudiri

Neft va gaz konlari geologiyasi hamda qidiruvi instituti ("IGIRNIGM" DM),
Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya. O'zbekistonning ustuvor ahamiyatga ega barcha neft va gazli hududlarida uglevodorod to'planishlari yura va bo'r davri yotqiziqlari bilan bog'liqdir. Ushbu konlar bir qator mahalliy tuzilmalarni o'z ichiga olgan antiklinal ko'tarilmalarga yoki muayyan stratigrafik qatlamlarning (quyi, o'rta va yuqori yura, shuningdek, Buxoro tektonik zinapoyasi doirasidagi neokon-apt qatlamlari) mintaqaviy tugash zonalariga to'g'ri kelishi mumkin. Shuningdek, konlarning shakllanishini bevosita yoki bilvosita boshqaradigan hamda faol rivojlanishi eng so'nggi tektonik faollik bosqichi bilan bog'liq bo'lgan uzilmalarning o'rni ham aniqlangan. Ko'p spektrli raqamli sun'iy yo'ldosh tasvirlari (Landsat 7 ETM+, Sentinel) va dasturiy ta'minot (Erdas Imagine, Erdas ER Mapper) yordamida spektral qaytarish xususiyatlarini tahlil qilish asosida ushbu maqolada relyef shakllarining o'zgarishi jarayonidagi energiya bilan bog'liq bo'lgan geoinformatsion anomalialar aniqlangan. Kuchlanishning bo'shashishi lineamentlar (uzilmalar, bosim pasayishi zonlari va yoriqlar tarmoqlari) hamda doirasimon tuzilmalar zonalarida yuz berib, turli biogeokimyoviy va gidrodinamik jarayonlarni qo'zg'atadi. Aknazar, Shim-Aknazar, Chilkuvor,

Beshkent, Xonobod, Feruza, Yangi Karatepa, Shakarbuloq va Ilim konlari atrofidagi hududlarni qo'shimcha o'rganish tavsiya etiladi.

Kalit so'zlar: *spektral qaytarish qobiliyati, masofadan zondlash ma'lumotlari, KFS, lineamentlar, neotektonika, kon, neft, gaz, mahalliy struktura.*

UDC: 550.814:553.98(575.16/.172)

SPECTRAL REFLECTIVE CHARACTERISTICS OF HYDROCARBON DEPOSITS BASED ON REMOTE SENSING (USING THE CHARDZHOU STEP AS AN EXAMPLE)

Luiza Bikeyeva, Head of the Laboratory

Institute of Geology and Exploration of Oil and Gas Fields (SI IGIRNIGM),
Tashkent, Uzbekistan

Abstract. *In all oil- and gas-bearing regions of Uzbekistan warranting priority attention, oil and gas accumulations are associated with Jurassic and Cretaceous formations. These deposits may be confined to anticlinal uplifts comprising a series of local structures, or to zones of regional pinch-out of specific stratigraphic sections (Lower, Middle, and Upper Jurassic, as well as Neocomian-Aptian strata within the Bukhara tectonic step). The role of faults-which directly or indirectly control the fields and whose active development is linked to the most recent phase of tectonic activity-has also been established. Based on an analysis of spectral-reflectance characteristics using multispectral digital satellite imagery (Landsat 7 ETM+, Sentinel) and software (Erdas Imagine, Erdas ER Mapper), this article identifies geoinformation anomalies associated with the energy involved in landform transformation. Stress release occurs within zones of lineaments (faults, decompression zones, and fracture networks) and circular structures, triggering various biogeochemical and hydrodynamic processes. Further study is recommended for the areas surrounding the Aknazar, Shim-Aknazar, Chilkunar, Beshkent, Khanabad, Feruza, Yangi Karatepa, Shakarbulak, and Ilim deposits.*

Key words: *spectral reflectance, remote sensing materials, CFS, lineaments, neotectonics, field, oil, gas, local structure.*

Введение

На сегодняшний день, наиболее частое обоснование перспективности выявленной площади для глубокого поискового бурения используется – близость к уже выявленному месторождению, что в целом можно отнести к научно обоснованным критериям. Поскольку объекты, выявленные на современной стадии поисково-разведочных работ в прилегающих зонах уже выявленных месторождений, обладают как генетически, так и геологически, вероятнее всего, единство процессов генерации и аккумуляции углеводородов. Также близок по смыслу фактор – приуроченность к единой тектонической зоне с доказанной региональной нефтегазоносностью определенного стратиграфического комплекса (для территории Чарджоуской ступени – наличие рифового тела на участках сокращения суммарной мощности нижних ангидритов и нижних солей, либо аномалии типа «залежь» и др.). К не менее важному условию можно отнести – расположение площади на возможных путях продвижения насыщенных углеводородами пластовых вод из зоны аномально высоких пластовых давлений в центральной части Чарджоуской ступени, включая Бешкентский прогиб в северном-северо-западном направлении к Бухарской тектонической ступени. Также необходимо учитывать при выборе первоочередных площадей под поисково-детальные сейсморазведочные работы показатель группированности – т.е. наличие нескольких, находящихся рядом друг с другом ловушек и рассматривать участки, в которых площадь межструктурных зон меньше или соизмерима с площадью ловушек, располагающихся в непосредственной близости, в которых амплитуда ловушек больше амплитуды разделяющих их мульд (синклиналей).

Несмотря на большой объем геофизических исследований, проведенных в регионе, и достаточно высокую опосредованность, вспомогательным видом выявления структур может

служить дешифрирование КФС и топокарт, определенными преимуществами которого являются относительная дешевизна исследований и быстрота подготовки структурной основы для размещения сейсмо-профилей и определения объема сейсморазведочных работ.

Анализ фактических данных и публикаций по проблеме поиска перспективных объектов территории исследований дал возможность автору расширить комплекс прогнозных критериев. Дополнив их спектральным анализом цифровых космофотоснимков.

Целью работы является исследование особенностей спектрально-отражательных характеристик в зонах крупных и мелких месторождений путем использования мультиспектральных цифровых космоснимков Landsat, TerraLook (ASTER), Sentinel, SRTM.

Методология

В руководимой автором лаборатории «Дешифрирования материалов аэрокосмической съемки и прогноза нефтегазоносности недр» ИГИРНИГМ разработана и постоянно совершенствуется методика применения материалов дистанционного зондирования Земли. При проведении научных исследований автора, дешифрированию подвергались космоснимки (КФС), как ретроспективные (фотопланы, фотопланшеты), так и широкое применение получили цифровые спектрозональные (различных диапазонов электромагнитного спектра), синтезированные и прочие. Среди различных видов дешифрирования, применяемых при космогеологических исследованиях, основное внимание, для решения задач нефтяной геологии, уделялось структурному дешифрированию, основная задача которых заключалась в выделении потенциально перспективных зон вероятного скопления УВ на основе комплексного анализа космогеологических результатов и данных ранее проведенных геолого-геофизических исследований [1].

По мере совершенствования спутниковых технологий, сенсорных возможностей спутников, компьютерных программ обработки расширяется и диапазон применения данных (ДДЗ, космоснимков). Автором в исследовательской работе предпринята попытка выявления прямых и косвенных зависимостей между зафиксированными (снятым в определенном диапазоне излучений) на снимке, и спектральному отражению (отклику). В результате работ, выделяется перспективный объект в виде геоинформационных аномалий, затем проводится сопоставление с априорной геолого-геофизической информацией.

На основе взаимосвязи в размещении разломов и ловушек путем детального изучения непосредственно участков и зон установленных, либо предполагаемых разрывных нарушений, сконцентрировав исследования на наиболее перспективных по спектрально-отражательным и структурно-тектоническим параметрам [2]. Проведенный анализ показал прямую связь между плотностью размещения ловушек и месторождений и плотностью размещения разрывных нарушений (особенно нарушений северо-восточного простирания).

С появлением цифровых снимков и компьютерных программных продуктов, которые были использованы автором, открылась возможность изучения линеamentной трещиноватости с использованием уникальных свойств, как программных технологий, так и цифровых снимков - различные модификации спектральных диапазонов, максимальное использование пространственной разрешающей способности снимка и т.д.

Основной метод, на котором базировались исследования - проведение спектрометрического анализа в пределах выявленных объектов, на основе измерений отражательной способности (длина электромагнитной волны) с определением относительной спектральной чувствительности выявленных аномальных зон.

Главная задача спектрального анализа заключается в изучении спектрально-отражательных характеристик растительного покрова и почв в зонах углеводородных аномалий. Природные объекты, по спектральной отражательной способности условно разделены на классы: литологические комплексы горных пород, растительные компоненты ландшафта, гидрология ландшафта, комплексы касающиеся инфраструктуры. Ранжирование на классы обеспечивает унификацию объектов путем перевода в условные цвета, определяя

площадные контуры распространения на земной поверхности. Эта операция позволяет максимально получить необходимую ландшафтную и геоморфологическую информацию. Главная задача – наметить возможный набор ландшафтных или иных индикаторов объектов (т.е. получение дисперсной картины районирования). Подобная систематизация объектов позволят выполнить затем спектральный анализ.

Впервые, фундаментальные исследования по спектрометрированию в видимой зоне электромагнитного спектра природных объектов, путем проведения многочисленных экспериментов в лабораторных и естественных условиях, выполнены еще в 40-х годах прошлого двадцатого столетия (рис.1). Первая спектрометрическая классификация (библиотека, атлас гистограмм) природных образований была составлена советским ученым [3]:

1. Характерным увеличением коэффициента спектрального отражения (яркости) обладают литологические образования – горные породы и почвы различного состава. Коэффициент спектральной яркости увеличивается по мере приближения к инфракрасной зоне (IR) спектра;

2. Резкое увеличение с характерным максимумом отражения в ближней инфракрасной зоне (NIR) обладает растительный покров - в зеленой 0,55 мкм до 0,66мкм в красной;

3. Максимальным уменьшением отражательной способности обладают водные поверхности, т.е. самые низкие значения от сине-фиолетовой к красной зоне спектра. Длинноволновое излучение практически поглощается водой.

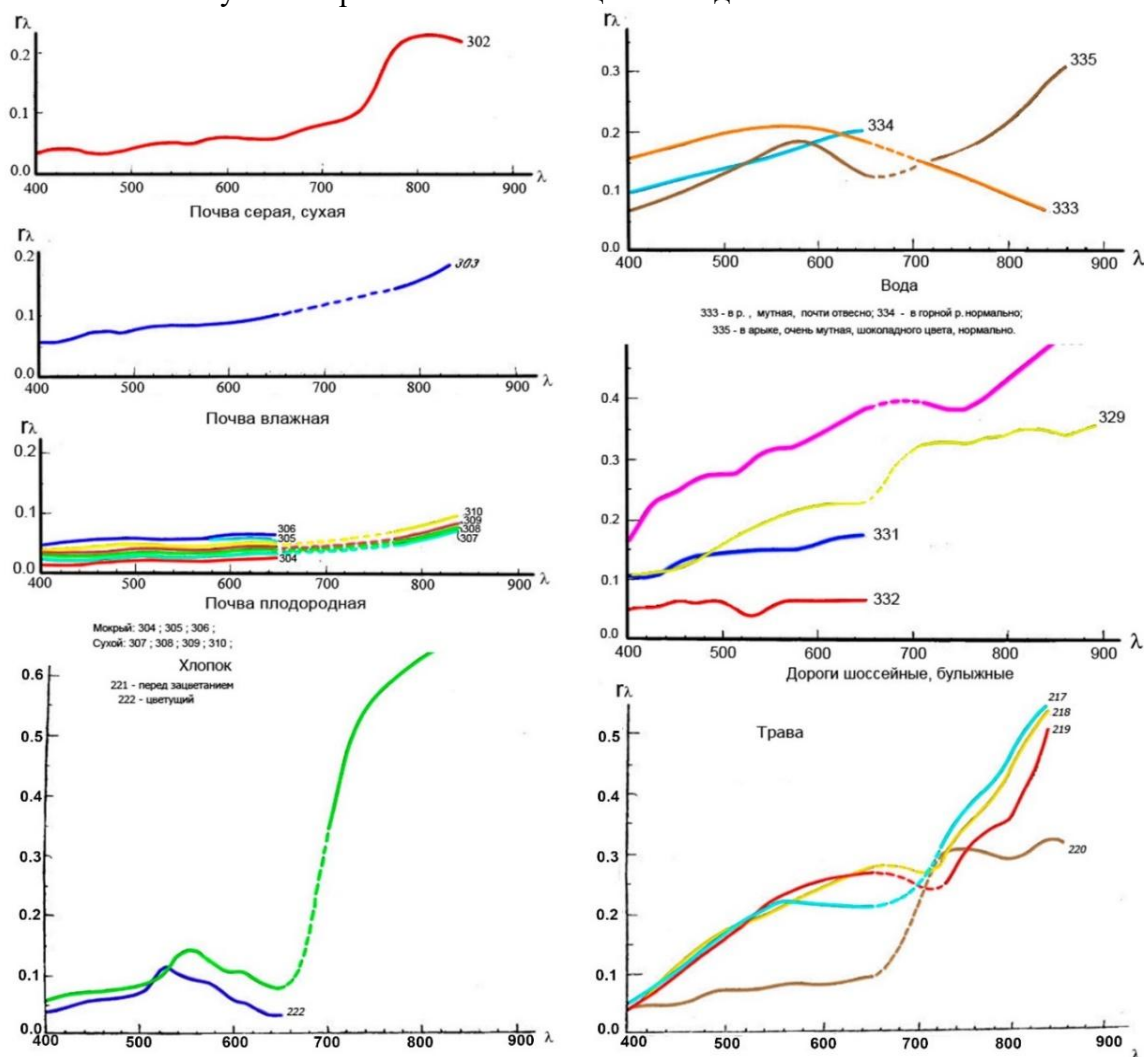


Рис.1. Формат гистограммы спектральной отражательной способности объектов (из библиотеки Кринова Л.Е.)

Автором, в определенной степени использованы данные спектрального атласа Кринова Л.Е., но учитывая, что для выполнения работ использована компьютерная технология Erdas Imagine и ENVI, цифровые спутниковые снимки Landsat 7 ETM+, Sentinel при проведении спектрального анализа, в большей степени, использована Digital Spectral Library разработанная американскими геологами Spectroscopy Lab's USGS [4].

Эта библиотека содержит данные о спектральной отражательной способности, порядка 2300 спектральных кривых в диапазоне от 0,2 до 150 микрометров, эталонов практически всех известных минералов, горных пород, грунтов, жидкостей, газообразных летучих соединений, криогенно законсервированных образцов летучих соединений, растительности, искусственных материалов.

Графики спектральной кривой (далее спектральная кривая) представляют собой графическое отображение связи между длиной волны и значениями коэффициентов отражения целевого объекта [4].

По оси X – значения длин волн, с единицами измерений в микрометрах или нанометрах. По оси Y – значение коэффициента отражения в рассматриваемых зонах спектра, измеряемых в долях единиц. Для определения коэффициентов спектральной яркости используют как абсолютные значения яркости, так и относительные, получаемые на основе сравнения яркости объекта, выделенного на спектральнональном снимке и эталоном. (рис.2).

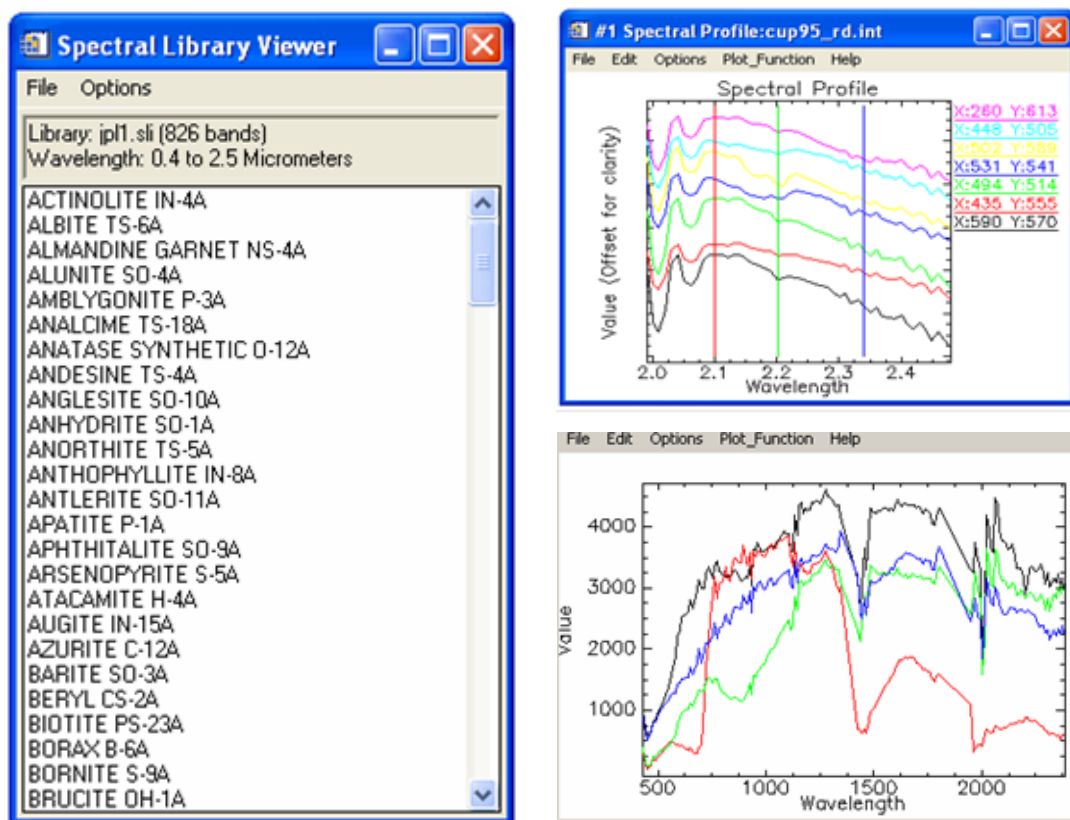


Рис.2. Формат спектральной библиотеки USGS Digital Spectral Library

К важному этапу проведения исследований необходимо отнести следующее - для корректного определения спектрального отражения, скажем по снимку Landsat-7 ETM+, спектральное разрешение многозональных съемочных систем 1,2,3,4,5,7 каналов, диапазон 0,45-2,35 микрометра, разрешение 65-270 нанометров, необходимо провести пересчет яркостей пикселей в коэффициент отражения (значения 0-1). Этот пересчет позволяет устранить прежде всего влияние атмосферы (atmospheric correction) и приведение измерений в единую унифицированную систему определений (рис.3).

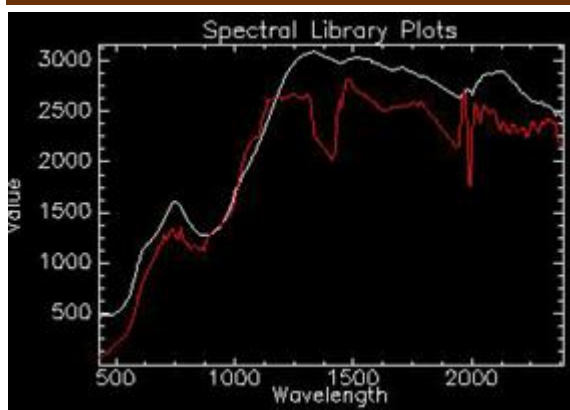


График спектральной кривой в единицах измерения $\eta\mu$

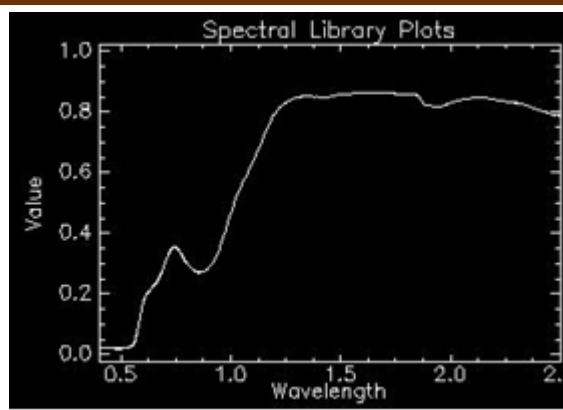


График спектральной кривой в единицах измерения $\mu\mu$

Рис.3. Графики спектральной библиотеки в пересчете коэффициента отражения (0-1)

Синтезирование зон электромагнитного спектра и классификация проведены (рис.4) для обеспечения максимальной цветовой гаммы объектов различного происхождения.

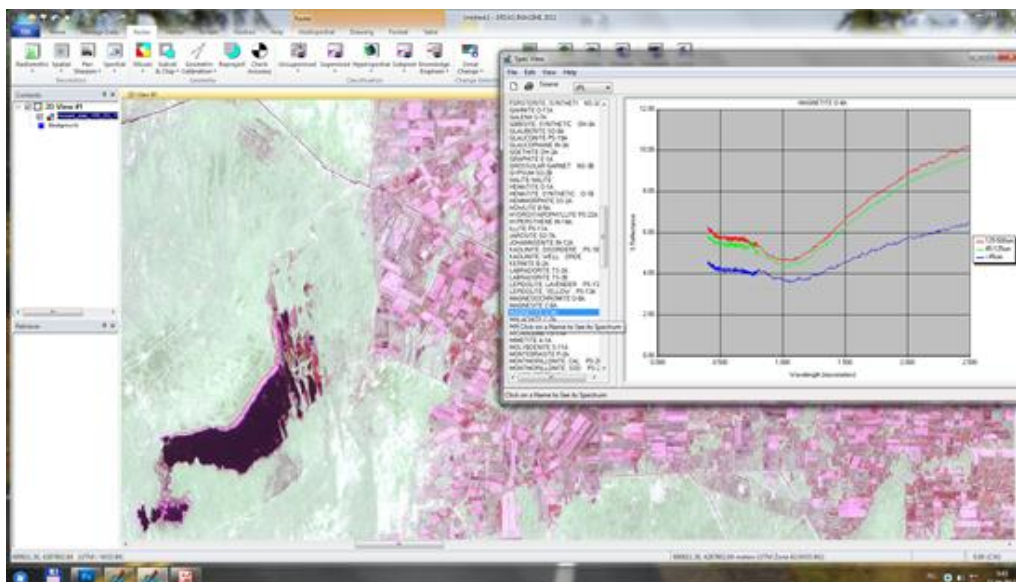


Рис.4. Классифицированный цифровой космический снимок

Система цветовых дешифровочных признаков, позволила выявить специфические особенности природных объектов, представленных на спектрально-отражательных характеристиках (рис.5). На основе исследований особенностей спектрально-отражательных характеристик путем использования мультиспектральных цифровых космоснимков Landsat, TerraLook (ASTER) впервые выполнена попытка выявления геоинформационных спектральных аномалий.

Результаты

Спектральный метод применялся для обнаружения и определения аномальных зон, связанных возможно с залежами УВ. Общеизвестно, что месторождения нефти и газа, за счет, в некоторой степени, дегазации влияют на почву и растительный покров (рис.5).

Наиболее эффективны в этом случае снимки, снятые в инфракрасном и термальном диапазонах. Подобные детальные спектрометрические исследования были проведены в Johns Hopkins University (JHU), Jet Propulsion Laboratory (JPL), CalTech, и United States Geological Survey (USGS) [5].

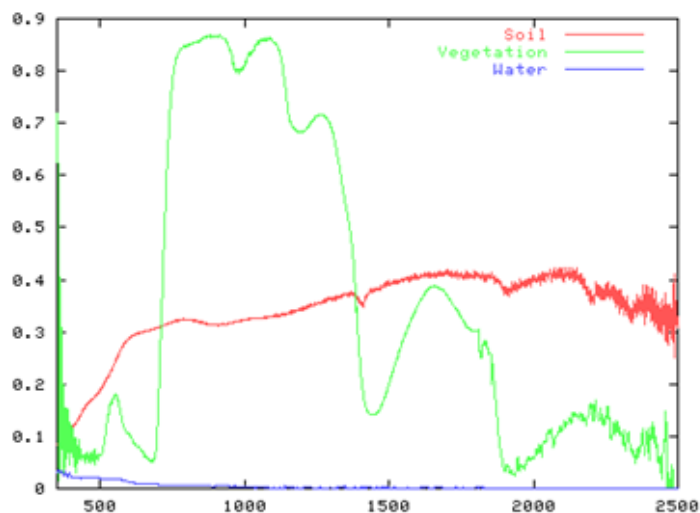


Рис.5. Гистограмма спектрального отражения (яркости) воды, растительности, почвы

Основная функция спектральной библиотеки – визуальное или автоматическое сопоставление кривых спектрального отражения для выявления характерных энергетических признаков поглощения и отражения искоемых объектов [6].

Наиболее предпочтительно проводить измерения спектрально-отражательных характеристик с выделением аномальных зон по снимку, на базе программной технологии Erdas Imagine, ENVI, eCognition, с сопоставлением и заверкой затем мобильным спектрометром (рис.6).

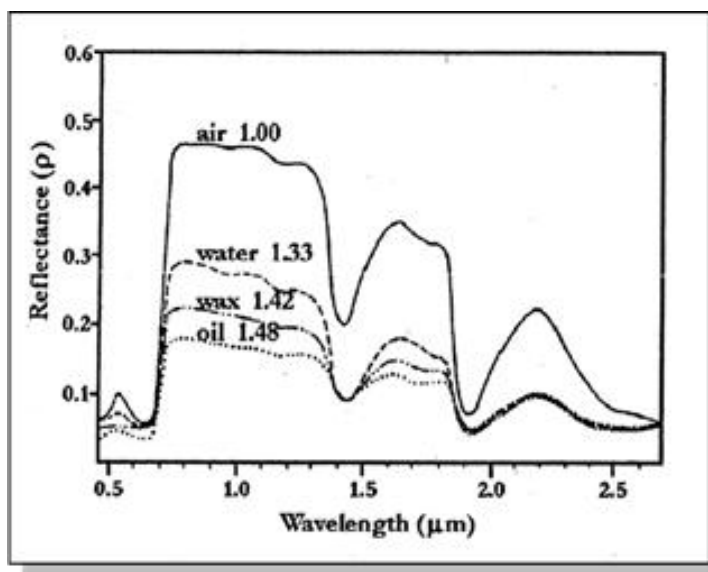


Рис.6. Гистограмма отражения электромагнитной волны природных компонентов (воздуха, воды, нефти)

Опубликованные данные интегральных коэффициентов яркости различных объектов на земной поверхности показывают, что геоботанические, геоморфологические, литологические и другие ландшафтные критерии не могут играть решающей роли, так как они не обнаруживают большой контрастности спектрально-отражательных параметров [7]. Значительные колебания величин оптической яркости устанавливаются в зависимости от степени увлажнения объектов, коэффициент влажности которых меняется в 2-3 раза.

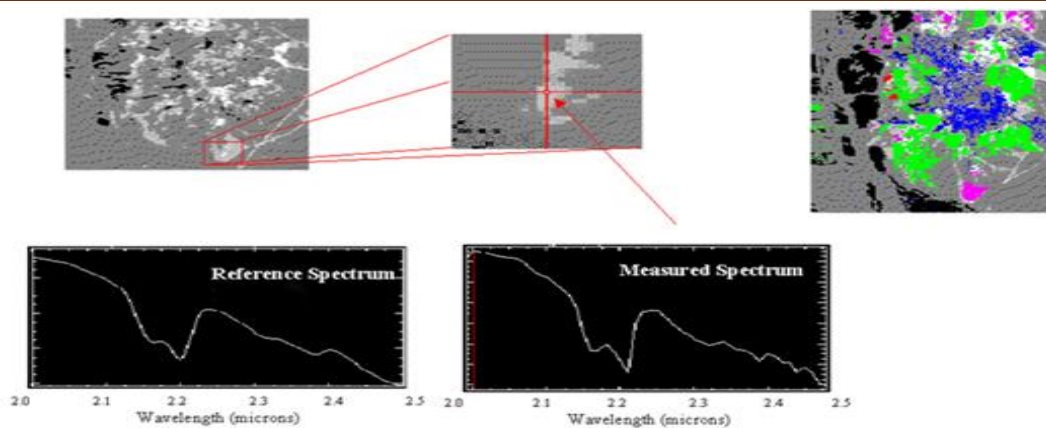


Рис. 7. Классификация космofотоснимка с учетом спектральной отражательной способности

Спектральная отражательная способность отдельных природных образований была измерена как в сухом, так и во влажном виде, используя при этом разновременные (temporal resolution) космические снимки. В результате оказалось, что влажная поверхность обладает меньшей яркостью по сравнению с сухим состоянием. Действительно, выполненные измерения по спектру длин электромагнитных волн λ 0,4; 0,5; 0,6; 0,65 мкм выявили незначительные изменения.

Основная форма поисковых объектов в нефтегазовой геологии связана с антиклинальными структурами. На участках тектонических поднятий при формировании элементов пликативной тектоники при неотектонических движениях положительного знака происходит механическая деформация осадочного чехла [8]. За счет сформированных мелких дизъюнктивов формируются зоны трещиноватости обеспечивая проницаемость, что в свою очередь способствует вертикальному перемещению флюидов и тем самым к увеличению влажности пород. Благодаря этому в пределах платформенных областей на КФС проявляются структуры глубинных частей земной коры, почти не отраженные на топографической карте современной земной поверхности в каких-либо отличительных компонентах ландшафта. Для градации и фиксации даже самых незначительных изменений в рельефе использована высокоточная радарно-топографическая съемка, представленная как цифровая модель рельефа [9]. Эти методические задачи спектрального анализа и дешифрирования КФС и определили специфику технологических приемов анализа снимков.

Заключение

В результате проведенной классификации установлено, что:

- понижение коэффициента спектральной яркости в зоне 2—3 мкм и наличие двух минимумов у кривых при длинах волн 1,43 и 1,93 мкм наблюдается в зонах тектонических разрывов, трассируемых в виде линеаментов, т.е. для увлажненных зон характерно некоторое поглощение электромагнитной волны;
- растительный покров вероятнее всего, реагирует на изменение условий (уровень грунтовых вод, наблюдается интенсивное засоление, часто наблюдается ожелезнение и др. показатели изменений). В зеленой зоне электромагнитная радиация, ее отражение резко меняется-почти исчезает. Наблюдается резкое падение отражательной способности растений и в ближней инфракрасной части спектра. Следовательно, растительность реагирует на изменения химического состава почв, что и проявляет себя на космическом снимке.
- нефтегазоносные объекты обладают собственным спектральным фоном излучения в относительно узких зонах спектра, отдельные участки в разных частях спектра имеют различную яркость, изменяется фототон почвы, растительного покрова (в зоне углеводородной аномалии в диапазонах (0,63-0,69 и 0,75-0,9) отмечено наличие характерного смещения спектральной кривой band 3red; band 4 Near IR, т.е. УВ влияют на состояние

растительного покрова – наиболее заметное изменение спектральной кривой пораженной растительности про-исходит в диапазоне 0,68-0,70 мкм. Такая реакция обнаружена в зонах уже известных месторождений Мирмирон, Янги Каратепа, Шакарбулак, Илим, Сев.Нишан, Бешкент, Чилькувар, Акназар, Шим.Акназар.

Аномальные участки выделены: находящиеся в бурении (Авазчуль, Хаппан, Туйгу); выведенные из бурения (Уракбай, Джамбулак, Хамал, Каракуз); подготовленные к глубокому бурению (Наистан, Янги Наистан (сев.купол)); намеченные Янги Капали, Урта Алан, Узунова, Карабет, Джаралаш, Совлигар, Калсикум; намеченные впервые блоки (участки) расположенные: (сев-зап. месторождения Чилькувар, юго-зап. месторождения Бешкент; сев.-вост. месторождения Бешкент; сев.-вост. месторождения Янги Каратепа.

Не вызывает сомнения необходимость дальнейшего совершенствования существующих критерий и выявления новых, чтобы с достаточной уверенностью прогнозировать продуктивность вводимых в бурение объектов либо доопрашивать зоны крупных и мелких месторождений, расширяя контур поиска.

Литература

- [1] Bikeyeva L.R, Umarov Sh.A., Hakimjanov I.N. Relationship of penetrating zones of vertical discharge of deep fluids with structures of the earth's crust extension (decompaction zones) Charjou Step of Bukhara-Khivin region. Neftyanaya Provinsya. № 3(43), 2025. с.55-68. DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2025.3.55-68> EDN:EJOIOL
- [2] Бикеева Л.Р. (2026). Структурно-тектонические особенности юго-западных отрогов Гиссара по данным дешифрирования космических снимков (Адамташская зона локальных поднятий).//Нефтегазовая геология. Теория и практика.-Санкт-Петербург. Т. Т.21. - №3. - https://www.ngtp.ru/rub/2026/19_2026.html EDN: HBIBZK
- [3] Кринов Е.Л. Спектральная отражательная способность природных образований. — Л.; М.: Изд-во АН СССР, 1947.
- [4] Johns Hopkins University (JHU) Spectral Library. https://speclib.jpl.nasa.gov/documents/jhu_desc
- [5] Martin Schlerf Hyperspectral Remote Sensing Applications for Vegetation Studies International Institute Geo-Information Science and Earth observation, 2008
- [6] Jet Propulsion Laboratory (JPL), CalTech, и United States Geological Survey (USGS).
- [7] Asadzadeh, S., Filho, C.R.S., Spectral remote sensing for onshore seepage characterization: a critical overview. Earth-Science Reviews. 2017.168, 48-72. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.03.004>.
- [8] Бикеева Л.Р. (2023). Геодинамические условия формирования и размещения нефтегазовых месторождений по комплексу геолого-геофизических и дистанционных материалов центральной части Чарджоуской ступени. //Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли», 4-6 октября 2023 года, г. Новосибирск «Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук». Том 10, №3 с.18-24 https://old.misd.ru/fpvgn2023_3.pdf
- [9] Бикеева Л.Р. (2024). Оценка возможной зависимости фазового состояния УВ от характера и интенсивности неотектонических движений Чарджоуской ступени Бухаро-Хивинского региона./ Материалы Шестой Всероссийской тектонофизической конференции «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле», приуроченная к 300-летию Российской академии наук, 7-12 октября 2024 г., г. Москва (Россия). с.81-85 https://tph.ifz.ru/wp-content/uploads/2025/05/tph_2024.pdf.