

УДК 553.98:528.85+681.785.235

А. И. Архипов¹, А. В. Кузнецова², О. В. Сенько³, С. А. Станкевич¹, О. В. Титаренко¹

¹ Научный центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук
Национальной академии наук Украины, Київ

² Институт биохимической физики им. Н. М. Емануэля РАН

³ Обчислювальний центр ім. А. А. Дородніцина РАН

РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО ВЫЯВЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА СУШЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ КОСМОСНИМКОВ И ДАННЫХ ПОЛЕВОГО СПЕКТРОМЕТРИРОВАНИЯ

Розглянуто можливості виявлення меж контурів нафтогазоносності за матеріалами багатоспектральної космічної зйомки, геолого-геофізичними даними та результатами польового спектрометрування рослинності з використанням сучасних методів розпізнавання.

Разработка новых методик и технологий для решения различных нефтегазопроисловых задач с использованием материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в комплексе с геолого-геофизическими данными и данными наземного спектрометрирования относится к приоритетным направлениям развития науки и практики.

Основными геологическими задачами, которые решались до недавнего времени в этом направлении, были: изучение разрывных нарушений, блоковых полей, оценка их неотектонической активности, выявление локальных неотектонических аномалий, с которыми связаны нефтегазоперспективные объекты разных морфогенетических типов [3]. Непрерывный процесс теоретического и технического усовершенствования дистанционных методов позволяет сегодня переходить к решению более сложных задач — разработке и усовершенствованию приёмов и методов прямого поиска промышленных скоплений углеводородов.

Важным преимуществом таких подходов является ориентация на количественную оценку изменений оптических характеристик расти-

тельного покрова над залежами углеводородов, что в значительной степени позволяет исключить субъективный фактор на разных этапах исследований, а также использовать возможности современных компьютерных технологий и эффективного математического аппарата.

Использование методов дистанционного зондирования для решения нефтегазопроисловых задач базируется на положении о корреляции между воздействием совокупности факторов окружающей среды над залежами углеводородов и реакцией на него растительного покрова, что отвечает принципу единства живых организмов и окружающей среды [5]. В настоящей статье предлагается использовать данные наземного спектрометрирования для уточнения границ известных залежей углеводородов. Такого рода исследования позволяют повысить экономическую эффективность и оперативность при решении нефтегазопроисловых задач на суше на стадии введения исследуемых площадей в эксплуатационное бурение [2]. Однако для корректной реализации данной методики требуются следующие подготовительные работы:

- сбор и анализ априорной информации в т. ч. геолого-геофизических, геохимических, структурно-геоморфометрических и других данных, которые используются для совместного

анализа с результатами дистанционных исследований;

- сегментация многоспектральных дистанционных изображений высокого или среднего разрешения («Ikonos/MSI», «Landsat/ETM+», EOS/ASTER, IRS/LISS, «Океан-О/МСУ-Э» и др.), позволяющая выделить однородные участки местности, в пределах которых влияние факторов, не связанных с залежью углеводородов, на спектральные характеристики растительного покрова сведено к минимуму [6];

- пересегментация снимков на основе интеграции дистанционных, геофизических, геохимических и структурно-геоморфометрических данных на едином регуляризованном геопространственном растре (рис. 1) [7].

Пересегментация позволяет выделить однородные участки местности таким образом, чтобы в пределах обозначенных сегментов находились однородные фации растительности в однородных геолого-геофизических и геохимических

условиях. Внутри выделенных сегментов для исследования выбираются маршруты, пересекающие границы предполагаемого нефтегазоносного участка.

Вдоль этих маршрутов проводятся наземные заверочные работы, основным содержанием которых является спектрометрирование образцов однородной (по видовому составу, возрасту и фитометрическим показателям) растительности и образцов грунта с использованием полевых спектрометров высокого спектрального разрешения (рис. 2) [8].

Так как маршрут, пересекающий контур нефтегазоперспективного участка, непрерывный, то между спектрограммами растительности над залежью и фоновым участком должен наблюдаться статистически ощутимый переход. Граница контура нефтегазоперспективности определяется путём последовательного оценивания спектрограмм во всех точках наблюдения и отнесения их к нефтегазоперспективному либо

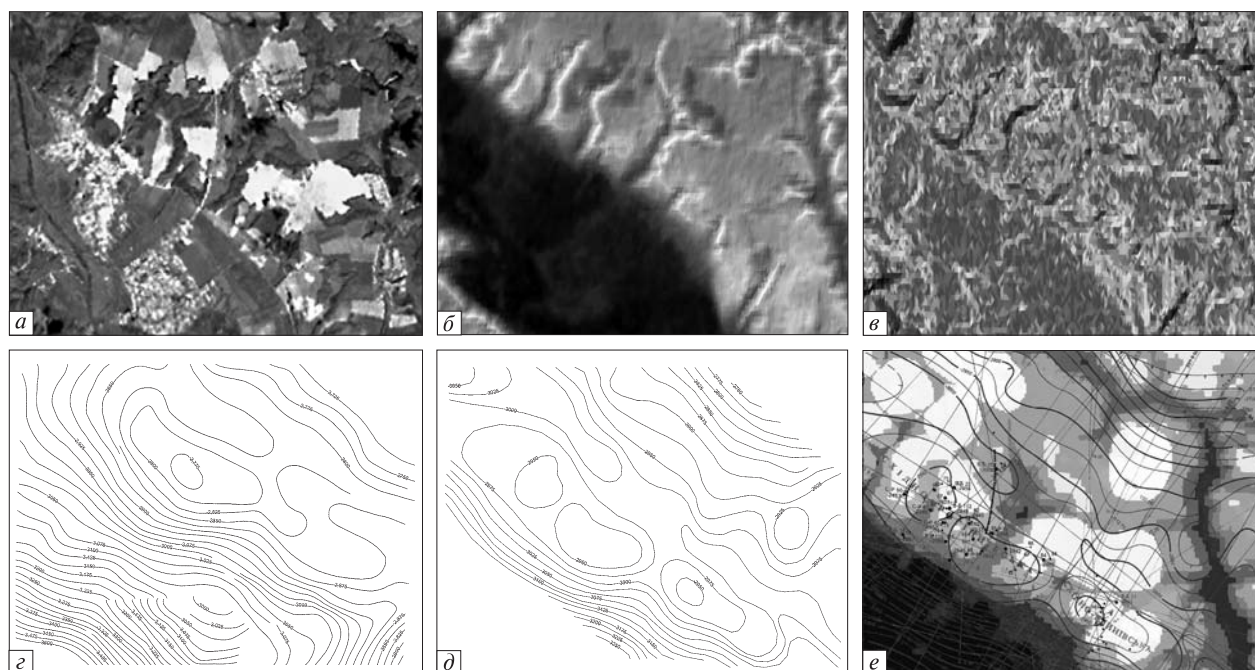


Рис. 1. Результаты интеграции дистанционных, геолого-геофизических и структурно-морфометрических данных: *a* — исходный космический снимок «Landsat/ETM+» (10.10.2007, пространственное разрешение 30 м); *b* — данные высот рельефа ASTER GDEM (пространственное разрешение 30 м); *в* — карта эрозионных проявлений; *г* — структурная карта по продуктивному горизонту В-26; *д* — структурная карта по продуктивному горизонту В-17; *е* — результирующая карта после интеграции данных

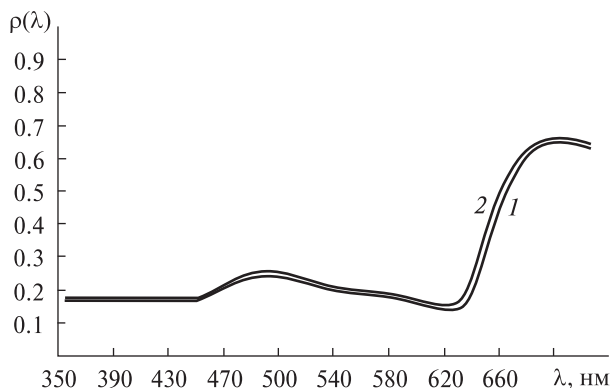
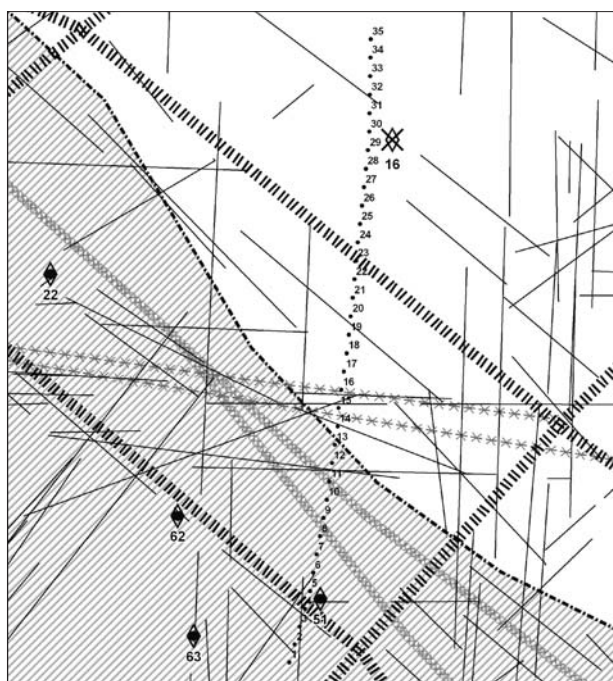


Рис. 2. Пример спектрограмм растительности на продуктивном (1) и непродуктивном (2) участках



- Точки где проводилось спектрометрирование
- Линеаменты
- ▨ Зоны линеаментов
- Разломы по данным сейсмических работ
- ⋯⋯⋯ Разломы по данным бурения
- ◆ Продуктивные скважины
- ⊗ Непродуктивные скважины
- ▨ Восточнорогинцевское месторождение

Рис. 3. Схема маршрута полевого спектрометрирования растительности

фоновому классу. Таким образом определяется точка перехода, соответствующая пересечению маршрутом границы залежи. Совокупность полученных точек перехода по всем маршрутам и даёт уточненный контур залежи углеводородов [1].

Апробация изложенной методики выполнена на Восточнорогинцевском нефтяном месторождении, расположенном на территории Роменского района Сумской области Украины. Маршрут отбора проб (листья берёзы в 35 точках) проходил по однородному участку ландшафта и пересекал геологическую структуру между продуктивной № 51 и непродуктивной № 16 нефтяными скважинами (рис. 3). Регистрация спектральных отражающих характеристик листьев берёзы выполнялась с помощью прецизионного лабораторного спектрофотометра СФ–18.

Была рассмотрена представительная коллекция методов распознавания образов, вошедших в программную систему «Распознавание» (разработка ВЦ РАН) [4]. Проведённые исследования показали, что наибольшую точность в режиме скользящего контроля обеспечивает метод «Линейная машина». Данный метод основан на построении линейной разделяющей поверхности в многомерном пространстве. Обучение сводится к поиску максимальной совместной подсистемы системы неравенств с помощью релаксационного алгоритма.

Распознавание выполнялось в режиме распространённого метода скользящего контроля, который позволяет получить несмещённую оценку точности распознавания. Используется следующая простая схема: один из объектов удаляется из исходной выборки, обучение производится по оставшимся объектам. Затем удалённый объект распознаётся обученным алгоритмом и возвращается в выборку. Процедура повторяется с удалением другого объекта и завершается после перебора всех объектов.

После проведения скользящего контроля в результаты распознавания для каждого объекта исходной выборки входят номер класса, к которому был отнесён объект, и оценки за каждый из классов — действительные скаляры. Метод скользящего контроля позволяет оценивать

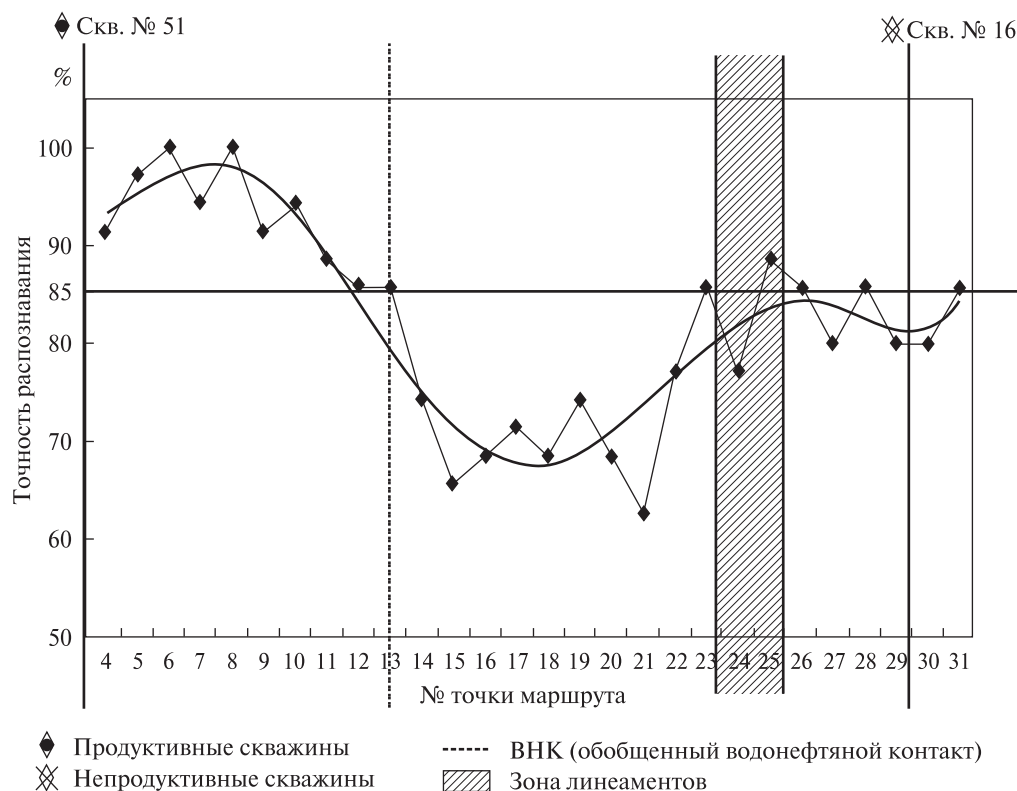


Рис. 4. График зависимости средней по двум классам точности распознавания от номера граничной точки маршрута. Результаты обработки данных полевого спектрометрирования растительности вдоль маршрута рис. 3

точность распознавания. Достоверность различий классов может быть рассчитана с помощью стандартных статистических тестов. В данной работе использовался Mann–Whitney U Test.

Результаты распознавания для предполагаемых граничных точек тестового маршрута представлены на рис. 4.

Анализ результатов обработки спектрограмм с использованием программной системы «Распознавание» позволяет сделать следующие выводы.

1. Продемонстрирована принципиальная возможность статистического разделения спектрограмм растительности над залежами углеводородов и фоновыми участками. Максимальная точность распознавания достигается для восьмой точки маршрута (100 %). Для исследований в геологии точность разделения не ниже 85 % считается высокой. Таким образом, спектрограммы растительности в точках 1–13

могут быть отнесены к продуктивному классу, а в точках 14–35 — к непродуктивному. Спектрограммы первой группы однородны и сильно отличаются от спектрограмм второй группы. Положение выделенной оптической аномалии растительности хорошо согласуются с имеющимися данными сейсмических и геолого-геофизических исследований, а также с данными бурения (рис. 3).

2. Учитывая, что Востчнорогинцевская структура имеет достаточно высокую неотектоническую активность, о чём свидетельствуют интенсивные современные флюидогеодинатические процессы внутри отдельных её блоков, аномальный всплеск в районе точки 23–25, совпадающий с зоной линеаментов, может быть объяснён наличием зоны повышенной трещиноватости в породах фундамента и осадочной толщ (является участком высокой флюидопроницаемости).

Таким образом, совместный анализ результатов обработки материалов многоспектральной космической съемки, геолого-геофизических данных и полевого спектрометрирования растительности с использованием современных методов распознавания образов позволяет выявлять закономерное изменение их спектрограмм при переходе от нефтегазоносных участков к фоновым. Это позволяет повысить оперативность и экономическую эффективность нефтегазопоисковых работ за счёт сокращения затрат на разведочное бурение.

1. Архипов А. И., Станкевич С. А., Титаренко О. В. Определение границы контура залежи углеводородов по признаку статистической делимости спектрограмм растительного покрова // Матер. Всероссийской конф. «Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы». — М., 2008. — С. 33–36.
2. Архипов О. И., Станкевич С. А., Титаренко О. В. Картирование границ нефтегазоносных участков за данными наземного спектрометрирования // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. — Київ: Всеукраїнська асоціація геоінформатики, 2009. — С. 123–131.
3. Архипов О. И., Товстюк З. М., Попов М. А. и др. Практична реалізація методології пошуку покладів вуглеводнів на суходолі на базі аерокосмічної інформації // Тези доп. 7 міжнар. конф. «Крим–2007». — Миколаївка, 2007. — С. 33–38.
4. Журавлёв Ю. И., Рязанов В. В., Сенько О. В. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения. — М.: Фазис, 2006. — 176 с.
5. Мовчан Я. И., Каневский В. А., Семичаевский В. Д. и др. Фитоиндикация в дистанционных исследованиях. — Киев: Наук. думка, 1993. — 310 с.
6. Станкевич С. А., Сахацький О. І., Козлова А. О. Класифікування покриттів ландшафту з використанням повного набору нормалізованих міжканальних індексів і додаткових контекстуальних ознак // Космічна наука і технологія. — 2008. — 14, № 2. — С. 28–31.
7. Станкевич С. А., Титаренко О. В. Методика інтеграції дистанційних та геолого-геофізичних даних при пошуку нафти та газу // Уч. зап. Таврического нац. ун-та им. В. И. Вернадского. — 2009. — 22 (61), № 1. — С. 105–113.
8. Stankevich S. A., Arkhipov A. I., Titarenko O. V. Registration of the spectral phyto-indicative anomaly over oil and gas fields // Proceedings of the 10 International Conference on Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2009). — Minsk, 2009. — P. 368–370.

Надійшла до редакції 16.10.09

A. I. Arkhipov, A. V. Kuznetsova, O. V. Senko,
S. A. Stankevich, O. V. Titarenko

STATISTICAL DETECTION OF HYDROCARBON DEPOSIT BOUNDARIES ON LAND USING MULTISPECTRAL IMAGERY AND FIELD SPECTROMETRY DATA

We consider capabilities of oil and gas deposit outlines mapping by multispectral remote sensing, geological and geophysical data and vegetation field spectrometry with modern recognition methods.