

М.К. Шуваева (ОАО «ЛУКОЙЛ»)

Окончила Московский институт нефтехимической и газовой промышленности им. И.М. Губкина. В настоящее время – главный специалист ОАО «ЛУКОЙЛ». Кандидат геолого-минералогических наук.

В.Н. Евдокименков (МАИ)

В 1982 г. окончил Московский авиационный институт (МАИ). В настоящее время – профессор кафедры «Информационно-управляющие комплексы» МАИ. Доктор технических наук.

В.В. Малышев (МАИ)

В 1960 г. окончил Московский авиационный институт (МАИ). В настоящее время – заведующий кафедрой «Системный анализ и управление» МАИ. Доктор технических наук.

Результаты апробирования методики прогноза нефтегазоносности структурных ловушек по космическим данным (на примере Печоро-Кожвинского мегавала Тимано-Печорской провинции)

Многолетний опыт работ по использованию геофизических и аэрокосмических методов по оценке нефтегазоносности выявленных и подготовленных к поисковому бурению ловушек углеводородов до настоящего времени не давал однозначных результатов.

Появление принципиально новых данных ДЗЗ из космоса позволило получить более определенные результаты решения данной проблемы. Для этого использовались как данные космических съемок в различных диапазонах электромагнитного излучения (видимого, инфракрасного и др.), так и методы математико-статистической обработки получаемой информации. При этом соблюдались условия апробирования метода в пределах относительно близких геолого-ландшафтных условий (обычно структур второго порядка) и проверки его эффективности при разделении продуктивных и непродуктивных поднятий (к последним отнесены

разбуренные локальные поднятия, по которым не получены промышленные притоки нефти или газа). Анализ спектральных характеристик, получаемых по семи каналам со спутника Landsat-7, проводился в площадном (попискельном) и профильном вариантах, и заключался в определении корреляции со структурными показателями ловушек, а также вариаций отражающих характеристик во времени.

С целью практической проверки методики была выбрана региональная структура – Печоро-Кожвинский мегавал, характеризующийся, в основном, однотипными структурными ловушками нефти и газа, относительной выдержанностью ландшафта и разреза, различными нефтяными и газовыми месторождениями и некоторой представительностью использованной выборки анализируемых объектов. В качестве объектов исследования были взяты 42 локальные структуры, выявленные по данным сейсморазведочных работ, из них 14 месторождений

нефти и газа, 10 пустых структур и 18 не включенных в поисковое бурение. Первые и вторые использовались, соответственно, в качестве «эталонов» и «антиэталонов», на основании которых оценивалась перспективность структур, не введенных в бурение и оставленных для тестирования. Их спектральные и морфологические характеристики анализировались с помощью методов математической статистики.

С целью выявления закономерностей, которые могут быть использованы в качестве поисковых признаков в процессе интерпретации получаемой информации для оценки перспектив нефтегазоносности локальных поднятий, проведен статистический анализ корреляционных связей между значениями спектральных характеристик, соответствующих различным периодам космических съемок. В качестве исходных данных привлекались средние по площади значения спектральных характеристик по классам продуктивных и непродуктивных структур. Поскольку количество эталонных объектов, на основе которых рассчитывались коэффициенты корреляции ограничено, дополнительно была проведена проверка статистической значимости рассчитанных выборочных значений корреляции.

В таблице приведены значения коэффициентов корреляции в различные периоды времени для эталонных продуктивных и непродуктивных структур. То обстоятельство, что выборочный коэффициент корреляции статистически достоверно отличается от нуля, позволяет утверждать как объективный факт наличие взаимосвязи между значениями спектральных характеристик, несмотря на то, что оценка проводилась на ограниченной выборке эталонных объектов.

Из приведенной таблицы видно, что для нефтегазоносных структур обнаруживается устойчивая корреляционная связь между данными, полученными в период май – сентябрь во всех спектральных диапазонах. При этом для пустых структур такая связь проявляется менее очевидно, и присутствует, в основном, между данными, полученными в июне и сентябре. Можно предположить, что наличие залежей углеводородов является основным (эндогенным) фактором, который определяющим образом влияет на значения спектральных характеристик и

Значения коэффициентов корреляции между разновременными спектральными характеристиками продуктивных и непродуктивных (указаны в скобках) ловушек нефти и газа для различных каналов съемки

Спектральный диапазон 0,45-0,52 мкм			
	Май	Июнь	Сентябрь
Май	1,00	0,93 (-0,09)	0,94 (-0,09)
Июнь	0,93 (-0,09)	1,00	0,98
Сентябрь	0,94 (-0,09)	0,98 (1,00)	1,00
Спектральный диапазон 0,52-0,60 мкм			
	Май	Июнь	Сентябрь
Май	1,00	0,77 (-0,20)	0,84 (-0,20)
Июнь	0,77 (-0,20)	1,00	0,96 (0,99)
Сентябрь	0,84 (-0,20)	0,96 (0,99)	1,00
Спектральный диапазон 0,63-0,69 мкм			
	Май	Июнь	Сентябрь
Май	1,00	0,68 (-0,36)	0,80 (-0,29)
Июнь	0,68 (-0,36)	1,00	0,94 (0,98)
Сентябрь	0,80 (-0,29)	0,94 (0,98)	1,00
Спектральный диапазон 0,76-0,90 мкм			
	Май	Июнь	Сентябрь
Май	1,00	0,87 (-0,26)	0,85 (-0,36)
Июнь	0,87 (-0,26)	1,00	0,99 (0,97)
Сентябрь	0,85 (-0,36)	0,99 (0,97)	1,00
Спектральный диапазон 1,55-1,75 мкм			
	Май	Июнь	Сентябрь
Май	1,00	0,84 (-0,33)	0,31 (-0,28)
Июнь	0,84 (-0,33)	1,00	0,71 (0,98)
Сентябрь	0,31 (-0,28)	0,71 (0,98)	1,00
Спектральный диапазон 2,08-2,35 мкм			
	Май	Июнь	Сентябрь
Май	1,00	0,97 (-0,15)	0,95 (-0,30)
Июнь	0,97 (-0,15)	1,00	0,98 (0,97)
Сентябрь	0,95 (-0,30)	0,98 (0,97)	1,00
Спектральный диапазон 10,4-12,05 мкм			
	Май	Июнь	Сентябрь
Май	1,00	0,72 (-0,45)	0,64 (-0,49)
Июнь	0,72 (-0,45)	1,00	0,74 (0,97)
Сентябрь	0,64 (-0,49)	0,74 (0,97)	1,00

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения тех коэффициентов корреляции, которые статистически достоверно (с вероятностью не менее, чем 0,95) отличны от нуля.

на фоне которого сезонные колебания прочих (экзогенных) факторов не оказывают существенного влияния на эти значения. Именно поэтому для продуктивных структур сохраняется устойчивая, почти линейная связь между значениями спектральных яркостей, соответствующих различным периодам съемки. Для непродуктивных структур влияние подобного определяющего фактора не проявляется и, следовательно, значения яркостей формируются под влиянием большого числа экзогенных факторов, механизм воздействия которых абсолютно случаен и подвержен сезонным колебаниям.

Выявленный феномен можно использовать как дополнительный поисковый признак, особенно в ситуациях, когда отсутствуют данные по эталонным структурам, которые можно было бы привлечь для процесса «обучения» прогноза нефтегазоносности. В подобной ситуации достаточно использовать серию разновременных снимков по прогнозируемым структурам. Далее для каждой из них проводится оценка корреляций между значениями спектральных показателей, соответствующих различным перио-

дам съемки. Те структуры, для которых будет выявлена устойчивая, статистически достоверная корреляция, можно рассматривать как потенциально продуктивные.

Важным этапом процесса интерпретации информации, получаемой по космическим снимкам, является анализ наиболее информативных (в смысле дифференциации продуктивных и непродуктивных объектов) признаков и присущих им статистических закономерностей. Результатами подобного анализа должен стать набор признаков распознавания, обладающих наиболее выраженными дифференцирующими способностями с точки зрения оценки перспектив нефтегазоносности изучаемых поднятий. По нескольким региональным структурам Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (Печоро-Кожвинскому мегавалу, Косью-Роговской и Хорейверской впадин) проанализированы спектральные характеристики структурных ловушек в видимом и инфракрасном диапазонах. Полученные результаты показывают, что спектральные характеристики продуктивных поднятий выделяются превышением спектральных яркостей относительно непродуктивных структур практически во всех спектральных диапазонах (рис. 1). Применение метода кластеризации эталонных объектов по значениям их спектральных характеристик показало, что в 69% случаев наблюдается их правильная классификация.

Выявленные общие закономерности, подтвердившие возможность разделения структурных ловушек, на два класса: продуктивные и непродуктивные структуры и позволили перейти к их анализу с помощью данных, полученных в инфракрасном диапазоне спектра. При этом использовались средние площадные и профильные характеристики (рис. 2). Причем, в последнем случае на графике выводились не фактические значения спектральных характеристик, а их контрастность на уровне фона, что позволяет оценить истинную величину аномалии, соответствующую различным структурным ловушкам двух классов.

Анализ данных позволил сделать следующие выводы:

- во-первых, регистрируемые значения в трех зонах (ближней, средней, дальней) инфракрасного диапазона четко вписываются в границы поднятий;

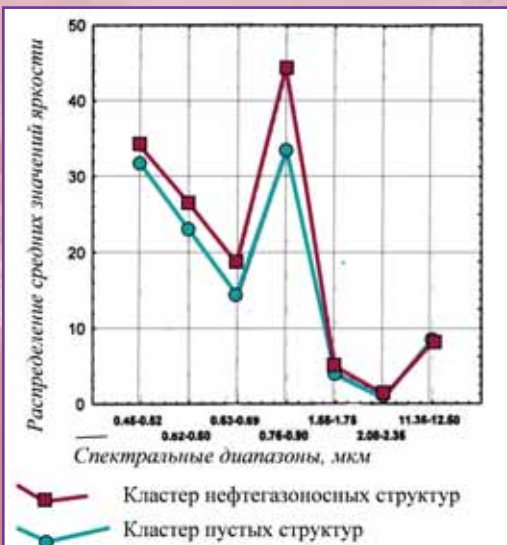


Рис. 1. Распределение средних значений яркости по кластерам прогнозируемых структур (без коррекции атмосферных искажений и по вегетационному индексу)

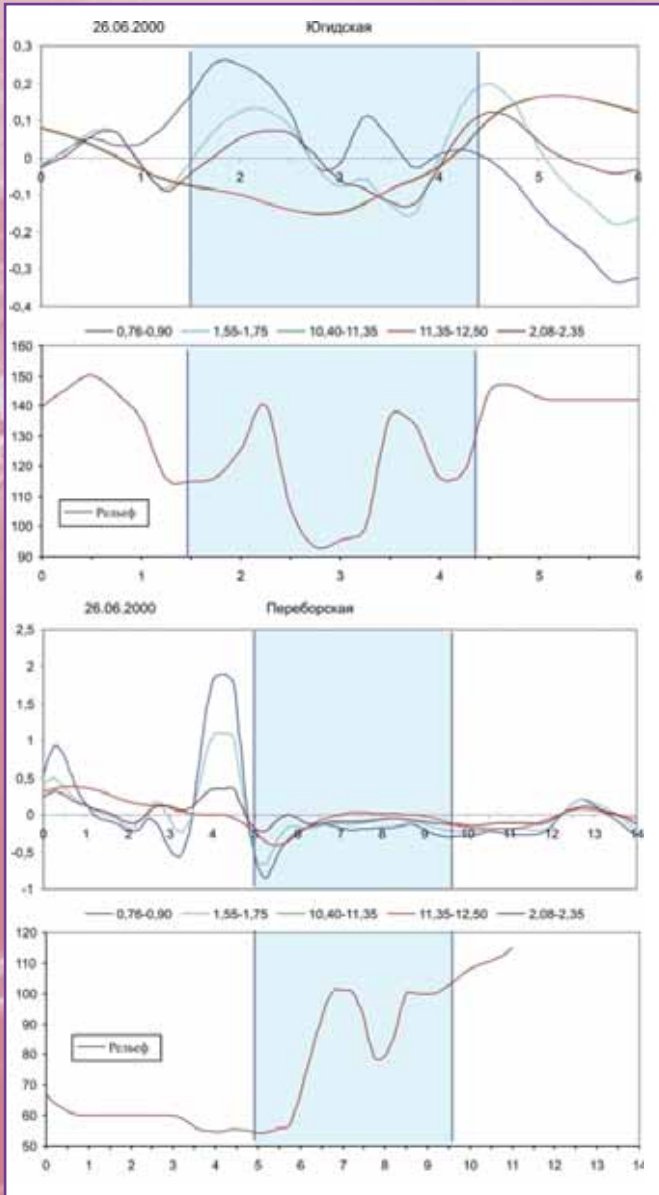


Рис. 2.
Графики значений контрастности спектральных показателей, полученных в инфракрасном диапазоне, для продуктивных и непродуктивных ловушек нефти и газа

- во-вторых, эти значения выделяются на уровне фона;
- в-третьих, при отсутствии аномальной ландшафтной ситуации (прежде всего заболоченности) продуктивные поднятия выделяются повышенными относительно фона значениями спектральных характеристик.

Дополнительно проводился анализ структурной информации с целью выявления закономерностей, которые могут быть связаны с региональным положением структурной ловушки нефти и газа.

Для выявления закономерностей, которые могут быть связаны с региональным положением структурной ловушки и ее морфологическими характеристиками, использовался другой метод обработки космической информации. Он основывался на оценке амплитуды локальных поднятий по основным отражающим горизонтам (разновозрастной поверхности ордовика-нижнего девона, подошве фоменского яруса девона, подошве визейского яруса карбона и кровле карбонатов карбона-нижней перми). Для месторождений характерна связь с формированием ловушек погребенного типа, расформированных уже по кровле карбонатов карбона-нижней перми.

Установленный комплекс поисковых и косвенных признаков, позволяющих разделять продуктивные и непродуктивные ловушки с вероятностью 0,75-0,80 (при совместном использовании спектральных и морфологических характеристик), в настоящее время делает возможным разработку методики оценки перспективности структурных ловушек нефти и газа перед включением в глубокое бурение.