

УДК 528.517

**А. Д. Федоровский, З. В. Козлов,
К. Ю. Суханов, В. Г. Якимчук**

Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі
Інституту геологічних наук НАН України, Київ

Комплексное использование космической информации дистанционного зондирования Земли и наземных наблюдений для прогнозной оценки залежей углеводородов

Представлено 25.06.07

Розглядаються методи прогнозування покладів вуглеводнів на основі комплексної оцінки космічної інформації дистанційного зондування Землі і наземних спостережень.

При комплексном использовании космической информации дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и наземных наблюдений для прогнозной оценки наличия залежей углеводородов в качестве источников информативных признаков выступают характеристики геологического строения, параметры геофизических полей и географические особенности территории исследуемого нефтегазоносного региона.

Совокупность признаков, которые уверенно дешифрируются на космических снимках и дополняются данными наземных измерений, позволяет прямо (сигналы от самой залежи, а также от водонефтяного контакта и других ее элементов) или косвенно (сопутствующая нефтегазоносности вторичная минерализация, лито- и гидрогеохимические аномалии, петрофизические неоднородности и т. п.) создать «портрет» нефтегазоносного участка в виде набора соответствующих информационных признаков. Такой обобщенный «портрет» (образ) при четком понимании природы составляющих его сигналов обладает рядом преимуществ перед традиционным представлением «аномалия типа залежь». В тоже время следует учитывать влияние различных процессов в нефтегазоносных комплексах, приповерхностных отложениях и в современных ландшафтах. Большую роль играют глубина залегания, стратиграфический уровень нефтегазоносности и возраст залежей. При этом близкие по

геологическим условиям нефтегазоносности участки могут быть представлены на поверхности совершенно различными ландшафтами, взаимодействие которых с геофизическими и геохимическими «сигналами» от залежей в зависимости от рельефа, гидрологии, состава почв и характера растительности может носить совершенно различный характер [5]. Все это позволяет рассматривать совокупность нефтегазопоисковых признаков в терминах системного подхода и применять для их обработки при прогнозе углеводородных скоплений методы системного анализа.

Метод многопараметрической оптимизации и нечетких множеств [6] используется, когда на исследуемой территории имеются разбуренные нефтегазоносные месторождения, которые могут быть приняты в качестве эталона. Задача оценки нефтегазоперспективности участка может быть сформулирована следующим образом: насколько по информативным признакам объект распознавания (участок исследуемый территории) сходен с эталоном (участком с промышленно освоенным месторождением).

Принципиальное отличие такого подхода от прямопоисковых методов выделения «аномалий типа залежь» состоит в том, что дискретная оценка принадлежности исследуемого участка к определенному классу заменяется на непрерывную функцию принадлежности. Именно она определяет меру

соответствия исследуемого участка эталонному, т. е. с установленной нефтегазоносностью и соответствующими геологическими и физико-географическими характеристиками.

Для решения таких задач используются алгоритмы, основанные на формировании совокупности дистанционных и наземных информативных признаков, введении функции близости сравниваемых признаков, вычислении их оценок — функций соответствия. Определение степени соответствия исследуемого участка эталону выполняется автоматически путем вычисления функции принадлежности, сформированной на основе функций соответствия.

На космических снимках по спектральным оптическим и пространственным характеристикам изображений растительности и грунтов определяются изменения физиологического состояния растений и структурные признаки (параметры Харалика) элементов ландшафта, находящихся над залежами углеводородов и остальной территории. По наземным измерениям и тематическим картам определяются информативные признаки геологических и геофизических полей для каждого элементарного участка исследуемой территории. На основе полученных комплексных информативных признаков проводится классификация выделенных элементарных участков и оценка их нефтегазоперспективности в соответствии с информативными признаками эталонов.

С помощью изложенного метода в ЦАКИЗ ИГН НАН Украины выполнялась классификация по нефтегазоперспективности участков фрагмента территории Днепровско-Донецкой впадины [4].

Метод анализа иерархий [7] применяется, когда для определения нефтегазоперспективности участков на исследуемой территории нет промышленно освоенных месторождений, которые могут быть приняты в качестве эталона.

Суть метода заключается в декомпозиции процедуры экспертной оценки нефтегазоносности участков на ряд последовательных оценок, распределенных по иерархическим уровням. В этом случае на каждом уровне проводится экспертная оценка влияния составляющих каждого иерархического уровня на предыдущий уровень и, в конечном счете, на конечный результат. Вычисляются частные и глобальные векторы приоритетов. Для получения указанных векторов строится множество матриц парных сравнений по каждой составляющей иерархического уровня, проводится оценка векторов приоритетов с точки зрения их влияния на предыдущий уровень.

В результате последовательной комплексной обработки полученной информации с учетом весовых коэффициентов, места информативных характеристик в иерархической системе и значений соответствующих векторов формируется целевая функция — обобщенный критерий. С помощью последнего оценивается степень приоритетности исследуемых участков для их классификации по определению наиболее перспективных из них.

Изложенный метод был использован в ЦАКИЗ ИГН НАН Украины при оценке нефтегазоперспективности участков шельфа Каспийского моря [2].

Метод системной динамики (адаптивного баланса влияний — ABC) [8] используется, когда на исследуемой территории выделены нефтегазоперспективные участки и требуется их детальная разведка. Метод адаптивного баланса влияний позволяет избежать многоуровневые экспертные оценки с привлечением специалистов высокой квалификации.

В течение многолетней практики дистанционных и геологических исследований установлены определенные причинно-следственные связи между наличием в геологических структурах углеводородных залежей (P) и, например, такими физическими характеристиками земной поверхности, как спектральные оптические (O), температурные (T), радио- (R), геофизические и геологические (G). Наиболее важным для рассмотренного случая является то, что с помощью ABC-метода можно оценить уровень P нефтегазоперспективности на основе известных процессов O , T , R , G . Если на определенных участках территории каждый из процессов P , O , T , R , G может быть выражен линейной комбинацией этих процессов, то формируется динамическая ABC-модель, используемая для моделирования и прогнозной оценки нефтегазоперспективности элементарных площадок внутри участка территории.

Метод был использован в ЦАКИЗ ИГН НАН Украины при детальной оценки нефтегазоносности выделенного участка шельфа Каспийского моря [1].

Метод количественного структурно-текстурного анализа [10] характеризует геологическое строение региона и позволяет перейти к геологической модели исследуемой территории, используемой для прогнозной оценки нефтегазоперспективности участков исследуемой территории.

При структурно-текстурном анализе применяются следующие преобразования:

- линейные ортогональные преобразования Фурье, Адамара и Хаара, которые в этом случае являются пространственно-частотными спектрами;
- автокорреляционное преобразование, текстурным спектром которого является автокорреляционная функция, а текстурной частотой — двумерный сдвиг;

- преобразование гистограмм, текстурным спектром которого является гистограмма яркости;
- преобразование матриц смежности, текстурным спектром которого является матрица смежности, а в трехмерную частоту входят значения яркости двух сопредельных элементов и угол, задающий направление смежности.

С помощью рассмотренного метода в ЦАКИЗ ИГН НАН Украины была выполнена обработка изображения космического снимка сенсора ASTER фрагмента территории ОАЭ. В результате была получена диаграмма пространственного распределения ориентации протяженных структур, используемая при классификации исследуемых участков территории по степени нефтегазоперспективности [9].

Мультиспектральный комплексный фитоиндикационный метод прогноза залежей углеводородов [3] применяется с целью оперативной оценки нефтегазоперспективности поисковых площадей, на которых нет разведанных нефтегазоносных участков и отсутствует необходимая информация о геологическом ее строении. Основой методики является комплексная технология дистанционного выделения спектральных характеристик малоинтенсивных оптических аномалий растительного покрова и грунтов над залежами углеводородов и их интерпретация с учетом геохимических информативных характеристик грунтов, полученных в результате наземных наблюдений. В этом случае растительный покров совместно с геохимическими характеристиками грунтов выступают в роли информативных признаков залежей углеводородов.

Гиперспектральный структурно-полевой способ прогнозирования залежей нефти и газа базируется на генетической связи ландшафтов с расположенным под ними залежами углеводородов. Он отличается тем, что с целью повышения уровня достоверности результатов оценки нефтегазоперспективности при сопоставлении контрастов исследуемых участков оптических аномалий на территории нефтегазоносного региона с оптическими признаками участков разбуренных нефтегазоносных месторождений (эталонов) в качестве сравниваемых информативных признаков принята совокупность коэффициентов корреляции между значениями спектральной яркости изображений исследуемых участков, полученных в разных каналах гиперспектрального космического снимка, и представленных как спектральные зависимости от сдвига по длине волн регистрируемого оптического спектра.

Рассмотренные методы прогноза залежей углеводородов на основе системного анализа позволяют выполнить предварительную оценку участков исследуемой территории на нефтегазоперспективность, что дает возможность снизить затраты на последующую геофизическую разведку, оценить перспективность участков на нефть и газ, уточнить внешние границы нефтегазоносной территории.

1. Архіпова Т. О., Товстюк З. М., Козлов З. В. и др. Оцінка нафтогазоперспективності територій з використанням системного підходу та космічної інформації для наступної геофізичної розвідки // Геоінформ. — 2006. — № 3. — С. 40–45.
2. Боднар О. М., Козлов З. В., Якимчук В. Г., Федоровський О. Д. Системний підхід до оцінки нафтогазоперспективності територій для наступної геофізичної розвідки // Доповіді Національної академії наук України. — 2006. — № 8. — С. 127–132.
3. Деклараційний патент на винахід UA № 63073A. Мультиспектральний структурно-польовий спосіб прогнозування покладів нафти і газу / Перерва В. М., Тепляков М. О., Архіпов О. І. та ін. — Опубліковано 15.01.2004.
4. Козлов З. В., Лукін А. Е., Федоровський А. Д. Прогноз залежей углеводородов в Дніпровско-Донецькій впадині на основі комплексної оцінки косміческої інформації ДЗЗ і наземних наблюдень // Доповіді Національної академії наук України. — 2007. — № 2. — С. 111–115.
5. Лукін А. Е. Прямі пошуки нафти і газу: причини неудач і пути підвищення ефективності // Геолог України. — 2004. — № 3. — С. 18–45.
6. Подіновський В. В., Ногін В. Д. Парето-оптимальні рішення многокритеріальних задач. — М.: Наука, 1982. — 328 с.
7. Сааті Т., Керніс К. Аналітическое планирование. Организация систем. — М.: Радио и связь, 1991. — 252 с.
8. Тимченко И. Е., Игумнова Е. М., Тимченко И. И. Системный менеджмент и АВС-технологии устойчивого развития. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофиз, 2000. — 225 с.
9. Федоровский А. Д., Архипова Т. А., Козлов З. В., Якимчук В. Г. Оценка нефтегазоперспективности участков морского шельфа // Сборник науч. тр. / НАН Украины. МГИ, ИГН, ОФ, ИнБЮМ. — Севастополь, 2006. — Вып. 14. — С. 314–318.
10. Янущ Д. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. — М.: Недра, 1991. — 240 с.

INTEGRATED UTILIZATION OF REMOTE SENSING INFORMATION AND GROUND-BASED OBSERVATIONS TO PREDICTIVE ESTIMATION OF HYDROCARBON ACCUMULATIONS

O. D. Fedorovsky, Z. V. Kozlov, K. Yu. Sukhanov,
V. G. Yakimchuk

Some methods for prediction of hydrocarbon accumulations on the basis of integrated estimation of remote sensing information and ground-based observations are considered.