

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОИСКА ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

## (НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)

В данной работе предлагаются пути создания универсальной технологии прогнозирования потенциальной нефтеносности территорий, позволяющей оптимизировать поисково-разведочные работы на нефть и газ. Суть заключается в использовании всего комплекса имеющихся геолого-геофизических материалов как конкретно относящихся к текущему объекту исследования, так и более общие идеи, на основе которых возможна более глубокая формализация (интерпретация) получаемых геофизических данных. Главное в этом подходе, по мнению авторов, представление залежей как динамичных объектов, формирование и разрушение которых продолжается в настоящее время или происходило недавно.

*Ключевые слова:* возраст залежи, зоны нефтеобразования, геотектонические движения, макроскопическая проницаемость осадочного чехла.

Проблема прогнозирования нефтегазоносности крупных территорий все еще остается чрезвычайно актуальной для России. Огромные регионы в Восточной Сибири и, как ни парадоксально, в Центральной Европейской части России, остаются слабо исследованными. И можно говорить только о региональном прогнозировании и определении направлений поисково-разведочных работ на этих территориях. Первые реалистичные оценки объемов извлекаемых запасов углеводородов там будут проведены нескоро, и для этого придется вложить огромные средства – как на проведение самих исследований, так и на создание первичной инфраструктуры (для восточной Сибири). Поэтому прирост запасов продолжается вполне естественным путем – за счет расширения известных нефтегазоносных территорий и их более детального изучения. Однако, даже на уже неплохо изученных территориях проблема поиска залежей оказывается непростой задачей. Ярким примером являются территории западнее известных месторождений нефти и газа в Волго-Уральской нефтегазоносной области. Территории огромны, а их потенциальная нефтеносность очень проблематична. Естественно, что прежде чем выходить на территории с достаточно дорогим комплексом геофизических методов, необходимо ранжировать территории по потенциальной нефтеносности. К сожалению, до сегодняшнего дня нет достаточно полных методик и технологий оценки потенциальной нефтеносности крупных территорий и выделения в их пределах наиболее перспективных участков.

В данной работе предлагаются пути создания достаточно универсальной технологии прогнозирования потенциальной нефтеносности территорий, позволяющей оптимизировать поисково-разведочные работы на нефть и газ на примере западной части РТ.

Совершенно очевидно, что такая технология должна базироваться на фундаментальных результатах нефтегазовой геологии – закономерностях развития осадочных бассейнов в связи с формированием и разрушением залежей нефти. С другой стороны, очень важно использовать весь комплекс имеющихся геологических материалов как конкретно относящихся к текущему объекту исследования, так и более общие идеи, на основе которых

возможна более глубокая формализация имеющихся геофизических данных.

Мы полагаем, что источники нефти – зоны нефтеобразования априорно присутствуют в нефтегазоносных бассейнах. Наличие таких зон свидетельствует как о наличии необходимой массы органического вещества (ОВ), термобарических и каталитических условий, необходимых для формирования сложных углеводородов (УВ), составляющих нефть, а также – условий для накопления и сохранения залежей нефти. Т.е. задача прогнозирования зон вероятного нефтегазоаккумуляции распадается на целый ряд мелких проблем, которые и составляют суть всей проблемы как целого. Задачи эти следующие:

1. Прогнозирование участков наиболее интенсивного нефтеобразования.
2. Прогнозирование причин, путей и направления миграции УВ в залежи.
3. Прогнозирование потенциальных ловушек.
4. Прогнозирование участков в осадочном чехле, в которых залежи могли сохраниться.

Прежде чем перейти к рассмотрению в тезисном виде основных пути использования геофизических данных для решения каждой из задач, хотелось бы рассмотреть некоторые новые представления о формировании и разрушении залежей нефти, полученные в Казанском университете за последние годы. В основе этих представлений лежит идея о молодости залежей нефти и газа, существующих в осадочном чехле в настоящее время. Эта идея не бесспорная и, несомненно, могут существовать залежи, имеющие существенно более древний возраст.

Оценка возраста залежей нефти может быть сделана множеством методов, среди которых радиометрический (по расчету равновесного соотношения урана и продуктов его распада), минералогический (по возрасту минералогических изменений в области залежи), событийный (по возрасту события, приведшего к формированию данной залежи), палеомагнитный (по возрасту намагниченности, сформированной при химических изменениях минералов железа) методы. Достаточно очевидным является метод оценки времени разрушения залежи по оценке скорости диффузии УВ через покрывку. Последний ме-

год применялся многими исследователями (Krooss et al., 1992; Leythaeuser et al., 1982). Оценки диссипации залежей (диффузия летучих компонентов УВ из залежи нефти) при следующих параметрах:

- расчет производился на основе уравнения диффузии  $dc/dt = Dd^2c/dx^2$ ;
- использованные коэффициенты диффузии через покрывку для  $C_1$ - $C_7$  от  $2.12 \cdot 10^{-6}$  (метан) до  $6.08 \cdot 10^{-9}$   $cm^2/c$  (н-декан);
- полученное время потери половины компонентов  $C_1$ - $C_7$  в залежи составило от 4.5 до 70 млн.лет.

Это, по-видимому, верхние оценки возраста по следующим причинам. Во-первых, проницаемость покрывки принята очень малой. Реальные покрывки имеют существенно большие проницаемости. Во-вторых, в цитированных выше работах учитывалась только микроскопическая проницаемость, в то время как макроскопическая проницаемость осадочного чехла (за счет наличия зон трещиноватости осадочного чехла) на порядки выше. В третьих, сейсмическая активность, приводящая к существенному усилению диффузии, очень высока даже на стабильных участках земной коры. Например, вероятность землетрясений с  $M=8$  составляет порядка  $10^{-5}$ , т.е. один раз в  $10^5$  лет такое землетрясение наблюдается на платформах. А землетрясения с  $M=3$  происходят в среднем 1 раз в несколько лет. Можно себе представить, какая сейсмическая энергия выделяется за  $10^6$  лет! Несомненно, что макроскопическая трещиноватость и влияние быстрых тектонических (сейсмических) событий приводит к существенному ускорению диссипации залежей нефти. В особенности это касается крупных залежей, вероятность сохранения которых в осадочном чехле существенно меньше, чем мелких.

Нами были проведены исследования возраста минералогических изменений пород в пределах нескольких залежей нефти и битумов. При миграции УВ в осадочные породы в них происходят минералогические изменения. В некоторых случаях в процессе этих изменений возникают ферримагнитные минералы. Чаще всего это сульфидные минералы, среди которых встречается низкотемпературная ферримагнитная модификация – грейгит. Реже на границе окислительной и восстановительной обстановок (выше залежи) формируется аутигенный магнетит. В породах при этом формируется химическая остаточная намагниченность, запоминающая направление магнитного поля в момент формирования агрегатов данного минерала. Магнитная чистка позволяет выделить указанную компоненту намагниченности в породах и идентифицировать ее с направлением геомагнитного поля той или иной эпохи. Таким образом, для одной залежи (древний ВНК) Бавлинского месторождения и целого ряда битумных залежей в пермских отложениях западного борта Южно-Татарского свода и восточного склона Мелекесской впадины был оценен возраст минералогических изменений. Аналогичные данные были получены для пород кристаллического фундамента в скважине 20009, что свидетельствует о молодости процессов протекавших (протекающих) и, вероятно, оказавших влияние на формирование УВ, размещенных в современные залежи.

Полученные данные позволяют констатировать следующее:

1. Последняя миграция нефти в исследованные залежи произошла недавно – не более чем 700 тыс. – 2 млн. лет назад.
2. Возраст битумных залежей в Мелекесской впадине

уменьшается с запада на восток.

3. Последняя миграция восстанавливающих флюидов в породах кристаллического фундамента Южно – Татарского свода (ЮТС) происходила не более чем 700 тыс. лет назад.

Приведенные выше данные свидетельствуют в пользу существенной молодости современных залежей. Некоторые аргументы молодости Ромашкинского месторождения будут также приведены ниже.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о следующем:

- залежи нефти не могут существовать длительное время в осадочном чехле,
- залежи ЮТС и прилегающих территорий сформировались не ранее  $10^6$  лет назад, и вероятно, продолжают формироваться и разрушаться в настоящее время,
- на формирование и размещение залежей значительное влияние оказали новейшие тектонические движения, которые сформировали современный рельеф земной поверхности.

Представленные выводы имеют принципиальное значение для прогнозирования зон нефтегазоаккумуляции в осадочной толще, с другой стороны – они позволяют по-новому взглянуть на процесс интерпретации геофизических материалов. Например, геофизические технологии, регистрирующие вторичные изменения пород под действием УВ (магниторазведка, ЕП, ВП), а также геохимические методы поисков залежей нефти должны быть пересмотрены как с методической точки зрения (проведение полевых исследований), так и интерпретации полученных полевых данных.

Важнейшей задачей является подтверждение гипотезы о существовании участков интенсивного нефтеобразования в пределах осадочного бассейна. Предлагаются следующие принципы выявления подобных зон в пределах осадочных бассейнов:

- подобные зоны располагаются в непосредственной близости от скоплений существующих залежей,
- точное местоположение подобных зон можно реконструировать по предположительным путям миграции нефти в современные залежи (см. ниже),
- наиболее вероятно, что подобные зоны приурочены к впадинам осадочного чехла, а также зонам резкого увеличения мощности осадочного чехла,
- в случае пониженных в целом современных температурных градиентов подобные зоны должны находиться в областях повышенного теплового потока, местоположение которых оценивается по наличию магнитных аномалий на глубинах 40 – 50 км, обусловленных поднятием изотермы Кюри,
- в некоторых случаях зоны интенсивного теплопереноса могут отмечаться магнитными аномалиями на глубинах от 15 до 5 км, источники этих аномалий возникают при вторичных изменениях пород.

Предложенные критерии не являются абсолютными, скорее, они свидетельствуют в пользу обнаружения зон наиболее интенсивного нефтеобразования.

Следующая проблема – проблема выявления причин, путей и направления миграции флюидов, содержащих углеводородные компоненты, из которых в последующем формируются залежи нефти. Исходя из того, что залежи, существующие в настоящее время, являются молодыми,

мы предполагаем, что на их формирование и разрушение огромную роль оказали новейшие тектонические движения. Известно, что амплитуда поднятий-опусканий в новейшее время могла достигать нескольких сотен метров. Это очевидно как по наблюдениям современного рельефа, так и по мощности неогеновых отложений во врезях (долинах). В результате морфометрических исследований в пределах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции нами установлено, что все крупные неотектонические структуры практически полностью совпадают с крупнейшими структурами, ранее выделенными по поверхности кристаллического фундамента. Это свидетельствует об унаследованности основных структур земной коры, но главное – о том, что большинство крупнейших структур имеет неотектоническое происхождение. Таким образом, можно утверждать, что неотектонические движения, несомненно, контролируют размещение залежей нефти и газа на территории Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Таким образом, анализ характера неотектонических движений позволяет, с одной стороны – проследить пути миграции УВ в современные залежи (т.е. выявить зоны нефтегазообразования), с другой стороны – прогнозировать вероятное местоположение зон нефтегазоаккумуляции.

Следующая задача, задача выявления потенциальных ловушек неплохо решается с использованием сейсморазведки, и мы не будем подробно останавливаться здесь на этой проблеме. Важно только отметить, что большее внимание необходимо уделять литологическим ловушкам, которые выглядят как антиклинальные структуры на временных разрезах. Еще один тип перспективных объектов – локальные поднятия кристаллического фундамента.

Один достаточно важный фактор прогноза ранее практически не рассматривался геологами-нефтяниками. Это оценка степени сохранности залежей. Этот аспект проблемы возник из предположения о молодости залежей нефти и того факта, что залежи нефти в осадочном чехле диссипируют довольно быстро. Главным фактором разрушения залежей является высокая макроскопическая проницаемость осадочного чехла, обусловленная наличием множества трещин и проницаемых зон, большинство из которых «живут» в настоящее время. Плотность этих трещиноватых зон на площади может быть оценена специальной обработкой космических снимков высокого разрешения в комплексе с анализом цифровых моделей современного рельефа. Очень часто мы сталкиваемся с тем, что в областях высокой макроскопической проницаемости осадочного чехла залежи отсутствуют (вероятно, что они уже разрушены). Интересно, что область Ромашкинского месторождения отмечается максимальной макроскопической проницаемостью по сравнению с окружающими территориями. Это еще раз свидетельствует о том, что это молодое скопление нефти интенсивно разрушается в настоящее время. Об этом свидетельствуют многочисленные проявления вертикальной миграции УВ в верхней части разреза (многочисленные признаки вторичного изменения пород). Интересен также тот факт, что над Ромашкинским месторождением отсутствуют значительные залежи битумов, как, например, на западном борту ЮТС, где залежи несколько древнее, чем Ромашкинское месторождение. В центральной части ЮТС только сейчас идет формирование битумных залежей в пермских отложениях.

Краткий обзор современных критериев прогноза зон нефтегазоаккумуляции, применительно в основном к Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, приведенный выше, необходимо использовать в практике интерпретации геофизических исследований. Главное в этом подходе – представление залежей как динамичных объектов, формирование и разрушение которых продолжается в настоящее время или происходило совсем недавно. Такой подход оказывается чрезвычайно плодотворным, в особенности для интерпретации геофизических данных (для оценки масштабов ореолов рассеяния и эпигенетических изменений пород под действием углеводородов).

Также необходимо коснуться вопроса о механизмах разрушения залежей, а это направление раскрывает комплекс совершенно новых геофизических методов поиска залежей нефти и газа.

Подводя итог необходимо отметить, что предложенные принципы и подходы позволяют получать практические результаты по оценке потенциальной нефтеносности западной части Республики Татарстан, а также – заложить основы создания технологии поиска и разведки залежей нефти и газа с использованием современных геоинформационных технологий, новейших достижений в области использования космической деятельности, оптимизировать и в десятки раз повысить эффективность геофизических (сейсморазведочных) и геохимических исследований, включенных в данную технологию.

## Литература

- Krooss B., Leythaeuser D., Schaefer R. The quantification of diffusive hydrocarbon losses through cap rocks of natural gas reservoirs – a reevaluation. *AAPG Bull.* 1992. V.76. № 34. 403-406;  
Leythaeuser D., Schaefer R., Yukler A. Role of diffusion in primary migration of hydrocarbons. *AAPG Bull.* 1982. V.66. № 4. 408-429.

### **D.K. Nourgaliev, I.U. Chernova. Advanced hydrocarbon exploration technologies (a case study from western Tatarstan).**

This paper suggests a way to create a universal technology for optimising oil and gas exploration. The key point in this approach, in the authors' view, is that deposits are considered ever-active bodies with their formation and decomposition occurring at present or in the recent past.

*Key words:* age of deposit, oil formation areas, geotectonic movements.

*Нургалiev Данис Карлович*, проректор по научной работе КГУ, зав. кафедры геофизики  
*Чернова Инна Юрьевна*, доцент кафедры геофизики  
420008, г.Казань, Казанский государственный университет, ул. Кремлевская, 18. Тел.: (843)2927288.

Казань, «Идел-пресс», 2007

### **О перспективах разработки карбонатных коллекторов и новые технологии увеличения коэффициента извлечения нефти**

ОАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина

Материалы конференции, посвященной добыче 3-миллиардной тонны нефти Республики Татарстан

НГДУ «Лениногорскнефть»