

# **Теоретические аспекты и опыт использования метода Низкочастотного сейсмического зондирования (НСЗ).**

**Н.Я. Шабалин, Е.В. Бирыльцев, А.А. Вильданов,  
Е.В. Еронина (ЗАО «Градиент»).**

В современных сложных геологических условиях по мере истощения крупных нефтяных месторождений все большую актуальность приобретает поиск и разведка малоразмерных и малоамплитудных, сложнопостроенных геологических объектов.

На перспективных разведочных площадях Татарстана ежегодно открывается до 10-12 новых месторождений нефти. Успешность открытия новых месторождений во многом зависит от степени изученности выявленных структур.

Стабильное развитие технологии низкочастотного сейсмического зондирования и положительные результаты ЗАО «Градиент» привлекли интерес, возникший к новой методике прямого поиска нефти со стороны аналогичных компаний в России и за рубежом, а также со стороны научных коллективов Российской академии наук и Берлинского университета (профессор С.А. Шапиро).

Значимым событием 2008 г. стало получение патента и создание методического руководства по применению технологии НСЗ на лицензионных участках ОАО «Татнефть».

Несмотря на отсутствие общепризнанного теоретического обоснования, ряд компаний успешно применяют методы прогноза нефтеносности, основанные на эффекте аномального низкочастотного спектра микросейсм. Одна из таких компаний за рубежом – швейцарская компания «Spectraseis» встречая, с представителями которой состоялась в Казани в июне 2009 года.

Известные теории возникновения эффекта основаны либо на гипотезах генерации аномальных микросейсм самой нефтегазовой залежью, либо на

механизмах фильтрации микросейсмического фона геологической средой, включающей нефтегазовую залежь как отражающую границу.

### **Методика низкочастотных сейсмических зондирований**

Технология НСЗ состоит из трех основных этапов:

1. Регистрация микросейсмических полей;
2. Обработка микросейсмических сигналов;
3. Интерпретация спектров и физических полей параметров аномалий.

В местах выявленных сейсмических структур шаг НСЗ по площади составляет 250 м, при первичном районировании площади без привязки к сейсмоструктурам возможно увеличение до 500 м. Длительность записи варьирует от 1 до 5 часов в зависимости от глубины исследований. Производится регистрация суточных наблюдений для анализа суточных флуктуаций и стационарности аномалий. Процедура обработки полевого материала включает анализ сейсмограмм с оценками эффектов искажения, фильтрацию ударных и узкополосных помех, преобразование Фурье для перехода к спектральным плотностям и расчет параметров спектральных максимумов итоговых спектров.

За период 2005-2008 г.г. ЗАО «Градиент» на лицензионных участках нефтяных компаний и ОАО «Татнефть» методом НСЗ были проведены исследования в пределах Республик Татарстан, Коми, Калмыкия, Оренбургской и Самарской областей. В 2008 году география объектов исследования расширилась, и метод НСЗ был опробован на перспективных объектах Республики Удмуртия.

### **Решаемые геологические задачи технологий НСЗ.**

- ☞ Выделение нефтеперспективных зон и объектов на малоизученных территориях (поисково-оценочные работы)
- ☞ Локальный прогноз нефтеносности перспективных объектов по комплексам (девон/карбон)
- ☞ Оптимизация мест заложения поисково-разведочных скважин
- ☞ Уточнение контуров нефтеносности выявленных залежей

## ☞ Рекомендации на дальнейшее проведение ГРР

По состоянию на 01.01.2009 г. методом НСЗ в поисково-разведочных зонах исследованием были охвачены 105 нефтеперспективных объектов с общей площадью работ более 700 км<sup>2</sup>, в том числе по Республике Татарстан - 435 км<sup>2</sup>.

В течение 2005-2008 г.г. в пределах нефтеперспективных зон, установленных по данным НСЗ, заложены 76 глубоких поисковых и эксплуатационных скважин, из этого числа подтвердили прогноз 67 скважин. Таким образом, успешность метода составила более 80 %.

В отсутствие адекватных аналитических моделей единственно возможным методом теоретического изучения поведения микросейсм является численное моделирование. Совместно со специалистами института НИИММ им. Н.Г. Чеботарева Казанского государственного университета проведено численное моделирование распространения микросейсм в геологической среде.

Моделируемая область отражала характерные условия залегания залежей в нижнем карбоне для условий Республики Татарстан и содержала зону малых скоростей (ЗМС), осадочный чехол мощностью 2 км, кристаллический фундамент и залежь с глубиной залегания 1100 метров.

Сопоставление модельных спектров и экспериментальных данных в соответствующих геологических условиях показывает хорошее совпадение эксперимента и модельных расчетов при условии поверхностного возбуждения микросейсм.

Результаты сопоставления моделирования с реально наблюдаемыми спектрами позволяют адекватно анализировать морфологическое сходство задаваемой модели с полученными данными в полевых условиях и более уверенно прогнозировать нефтеперспективность осадочного чехла.

Накопленный за 2005-2008 год ЗАО «Градиент» опыт работ и достаточная разбуренность части исследованных участков позволила провести статистический анализ и установить некоторые корреляционные зависимости:

1) зависимость частоты первого спектрального максимума от мощности осадочного чехла и рельефа местности;

2) зависимость параметра «отношение сигнал/шум» от нефтенасыщенной толщины и амплитуды аномалии от нефтенасыщенности пласта-коллектора.

3) зависимость параметра НСЗ «отношение сигнал/шум» от вязкости нефти.

Построенные графики зависимости низкочастотного сейсмического сигнала и коллекторских свойств продуктивного пласта указывают на то, что изменение спектра НСЗ происходит при различных фильтрационно-емкостных свойствах пласта-коллектора. А изменение физико-химических свойств нефти влияет на величину сигнала НСЗ, что необходимо учитывать при ранжировании нефтегазоперспективных объектов поиска.

Следовательно, при оценке нефтеперспективности территории исследований методом НСЗ появляется возможность ранжировать участки по фильтрационно-емкостным свойствам коллектора и учитывать физические свойства флюидов насыщающих продуктивные пласты.

#### **Преимущества технологии:**

- оптимизация затрат на ГРП и снижение риска при проектировании точек бурения

- возможность проведения работ в природоохранных зонах и в условиях сложного рельефа (деревня, лес, болото и т.д.)

- экономичность и оперативность: полевые и камеральные работы на объектах площадью порядка 10 км<sup>2</sup> по сети наблюдений 250 X 250 м занимают не более 2-х месяцев.

В компании «Градиент» в перспективе на 2009-2010 г.г. составлен план первоочередных мероприятий и программа научно-исследовательских работ по повышению успешности прогноза методом НСЗ, которые в себя включают:

- моделирование скоростных характеристик геологической среды для оценки возможности решения нефтепоисковых задач;

- подбор параметров регистрации на этапе полевых работ для конкретных геологических условий;
- совершенствование методики обработки и интерпретации сигнала;
- техническое перевооружение с использованием многокомпонентных и широкополосных датчиков;
- комплексирование НСЗ с другими технологиями прогноза нефтеносности, как традиционными, так и инновационными.