

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

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА НИЗКОЧАСТОТНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (НСЗ)

Н.Я. ШАБАЛИН
Е.В. БИРЯЛЬЦЕВ
А.А. ВИЛЬДАНОВ
Е.В. ЕРОНИНА

ЗАО «ГРАДИЕНТ»

г. КАЗАНЬ

На перспективных разведочных площадях Татарстана ежегодно открываются 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», встреча 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 НИЗКОЧАСТОТНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Технология НСЗ состоит из трех 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 ТЕХНОЛОГИЕЙ 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 ГРП.

В отсутствии 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 (рис. 3).

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

Накопленный ЗАО «Градиент» за 2005-2008 годы опыт работ и достаточная разбуренность части исследованных участков позволили 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 ▶

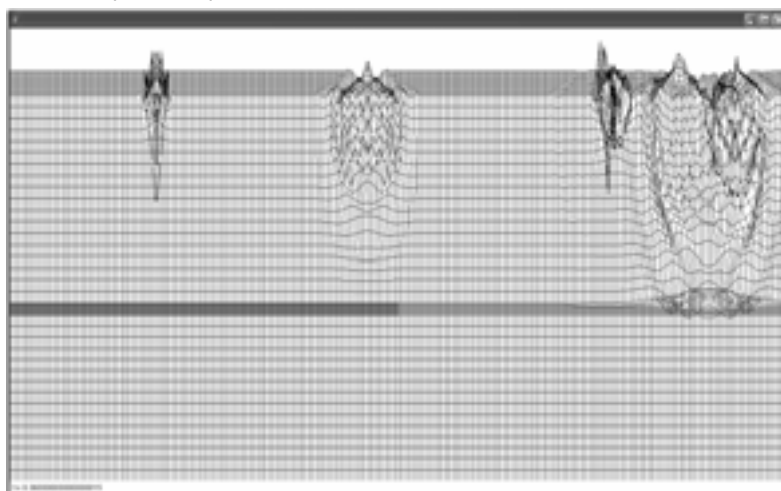


Рис. 1 Геометрия моделирования

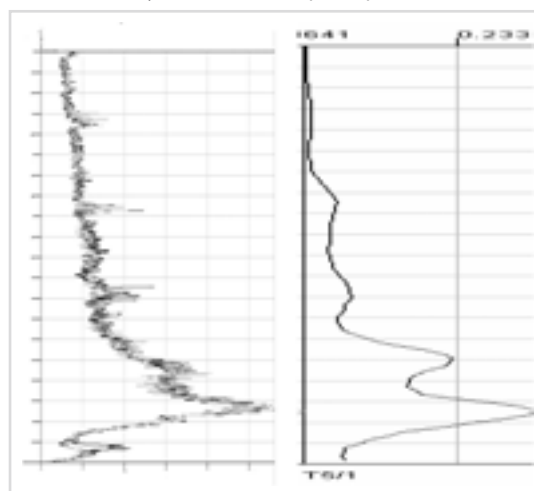


Рис. 2 Сопоставление экспериментальных данных

сигнал/шум» от нефтенасыщенной толщины и амплитуды аномалии от нефтенасыщенности пласта-коллектора (рис. 3).

3) зависимость параметра НСЗ «отношение сигнал/шум» от вязкости нефти (рис. 4).

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;
- прогнозирование пластов-коллекторов в разрезе и стратифицирование их по

комплексам;

- выявление сложнопостроенных ловушек углеводородов неструктурного типа;
- 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 км² по сети наблюдений 250 X 250 м занимают не более 2-х месяцев.

По состоянию на 01.01.2009 г. методом НСЗ в поисково-разведочных зонах исследовании были охвачены 105 нефтеперспективных объектов с общей площадью работ более 700 км², в том числе по Республике Татарстан – 435 км².

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 %. ■

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Графов Б.М. и др. Анализ геоакустического излучения низкочастотной залежи при использовании технологии АНЧАР//

Геофизика.—1996.—№5.— С.24-28.

2. Биряльцев Е.В., Рыжов В.А., Шабалин Н.Я. Особенности интерпретации спектральных характеристик природных микросейсм для локального прогноза нефтеносности в условиях Республики Татарстан. // Прием и обработка информации в сложных информационных системах: выпуск № 22. — Казань: 2005. — с.113-120.
3. Louise S. Durham, DHI Technology. Low Frequency, But High Hopes/ American Association of Petroleum Geologists; June 2007: http://www.aapg.org/explorer/2007/06jun/passive_seismic.cfm,
4. Гликман А.Г. Физика и практика спектрального сейсморазведки <http://newgeophys.spb.ru/ru/book/index.shtml>
5. S. Dangel et all. Phenomenology of tremor-like signals observed over hydrocarbon reservoirs // «Journal of Volcanology and Geothermal Research 128 (2003)135-158)»
6. Nakamura Y. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground // QR RTRI vol. 30, 1989.- P. 25-33
7. Тумаков Д.Н. Собственные колебания упругой полосы // Препринт ПМФ-05-02. Казанск. матем. об-во.- Казань: 2005.- 26 с.

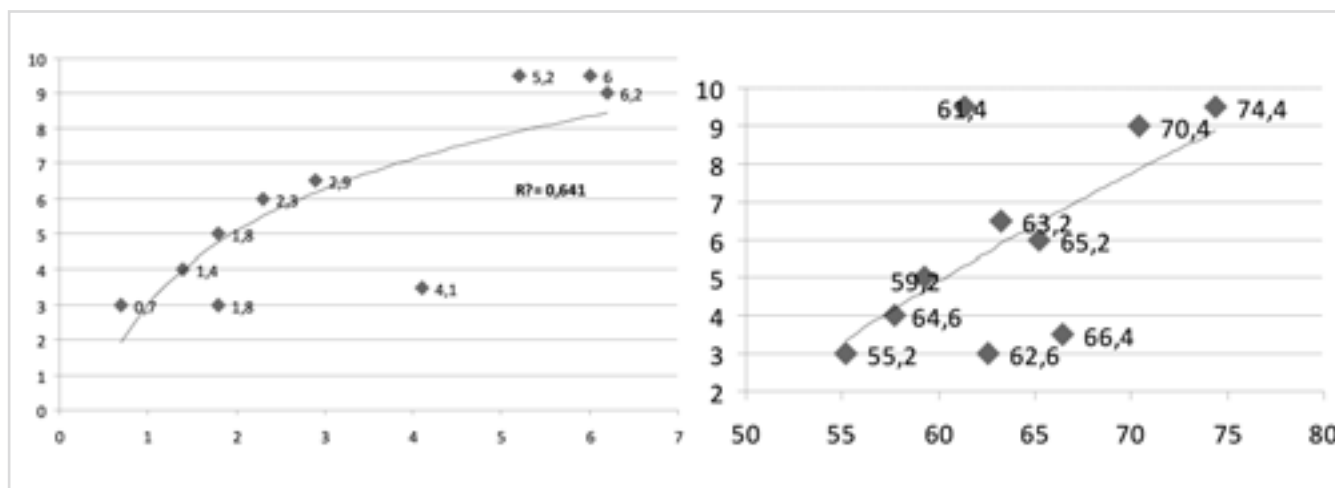


Рис. 3 Зависимость относительной амплитуды максимума (ось Y) от нефтенасыщенной толщины, м, (слева) и нефтенасыщенности, %, (справа)

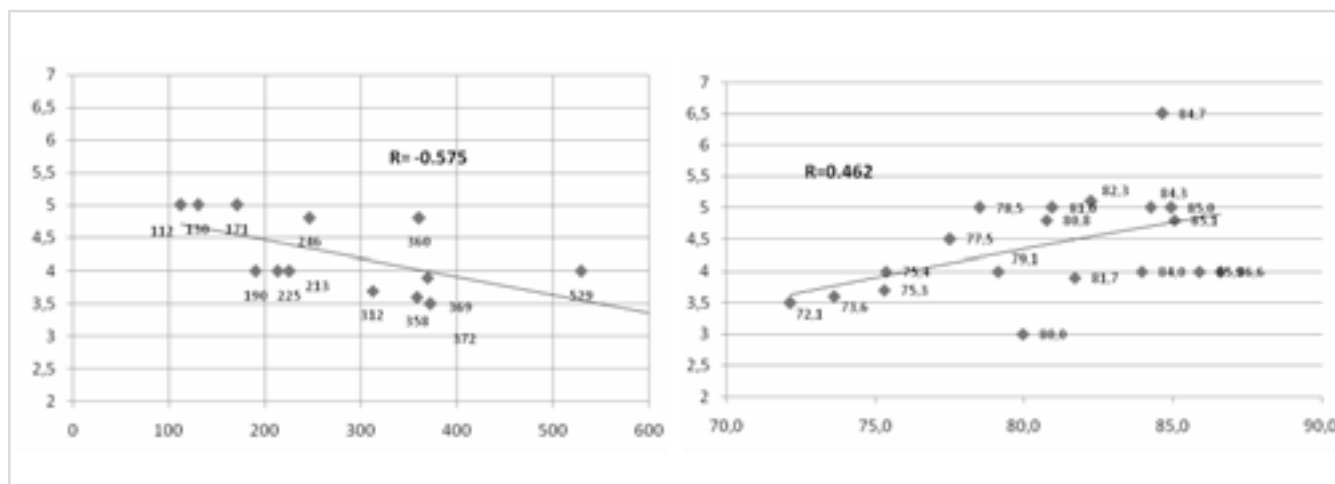


Рис. 4 Зависимость параметра НСЗ сигнал/шум (ось Y) от вязкости нефти мПа*с, (слева) и нефтенасыщенности коллектора, %, (справа)