

# **Зависимость аномалии сейсмических волн в низкочастотном диапазоне от генезиса структур и петрофизических параметров пласта-коллектора.**

**Вильданов А.А., Рыжов В.А., Еронина Е.В. (ЗАО «Градиент»), Сафин А.Х., Ситдиков Н.Р. (ООО «Шешмаойл»)**

Информация о генезисе локальных структур конкретного региона очень важна для повышения точности сейсмических построений и оценки нефтегазоносности территории. Так, при выборе структур для первоочередного бурения, важно знать, что при одинаковых размерах структур более перспективным являются структуры постседиментационного механизма формирования. При их формировании происходит разуплотнение коллекторов в сводовой части структуры, что является благоприятным фактором для миграции и наполнение структурных ловушек нефтью и газом [1].

Изучение закономерностей изменения петрофизических параметров горных пород и учет изменения свойств геологического разреза является основой для оценки перспектив нефтегазоносности района исследований и прогноза коллекторских свойств, для выбора методов поиска, разведки и разработки залежей нефти.

Исследование закономерностей распределения параметров пласта-коллектора в пределах залежей с использованием новых нетрадиционных методов изучения нефтеперспективности геологического разреза по технологии НСЗ (низкочастотного сейсмического зондирования) позволяет увеличить степень успешности прогноза выявленных структур на нефть и газ.

Исследованиями авторов [2,3,4] показано, что в спектрах микросейсмических колебаний, зарегистрированными над залежами углеводородов проявляется модальная структура, обусловленная явлением резонанса между дневной поверхностью и нефтегазовой залежью. Анализируя модальную структуру спектра, авторы проводят сопоставление

аномалий с глубиной залегания целевого горизонта, обосновывают принципы различения аномалий, вызванных зонами ослабленного механического контакта, разломами. Изменение упругих свойств горных пород, а также коэффициента сжимаемости насыщающих их флюидов изменяет характер отражения продольных сейсмических волн, особенно в низкочастотном диапазоне (1-15 Гц).

Результаты проведенных работ в 2006 году на северо-восточной части Уратьминского месторождения в ООО «Шешмаойл» [5] показали высокую эффективность пробуренных 8 скважин в пределах выделенных нефтеперспективных зон по технологии НСЗ (Рис.1)

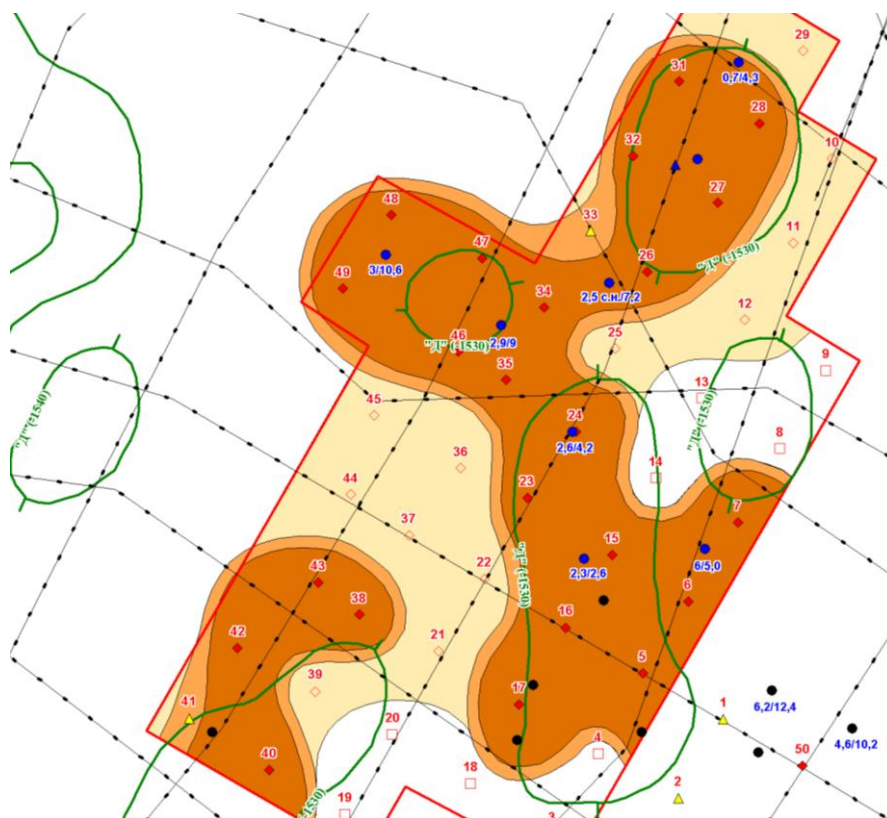


Рис.1 Результаты прогноза по технологии НСЗ в пределах Ямашинско-Черемшанской нефтегазоносной зоны

В структурно-тектоническом плане площадь исследований расположена в пределах северной части западного склона Южно-Татарского свода и относится к Уратьминско-Черемшанской зоне нефтегазонакопления.

Основной эксплуатационный объект представлен терригенными продуктивными отложениями верхнего девона кыновского горизонта (До). Пласты –коллекторы хорошо отсортированные мелкозернистые песчаники и крупнозернистые алевролиты залегают между глинистыми алевролитами и аргиллитами.

В отложениях кыновского горизонта выявлены пластовые сводовые залежи нефти. ВНК залежей установлены на абсолютных отметках от -1552,2 м до -1558,8 м, с погружением с юго-востока на северо-запад.

По разрезу кыновского горизонта отмечается тенденция увеличения пористости сверху вниз, которая в большей степени проявляется и по проницаемости (Табл.1) Средние пористость и проницаемость в целом по горизонту До, соответственно, 0,251 и 1,511 мкм<sup>2</sup>. Их значения для кровли пласта составляют 0,235 и 0,886 мкм<sup>2</sup>, а для подошвы пласта - 0,264 и 2,137 мкм<sup>2</sup>. Нефтенасыщенность изменяется от 58,2% в северной части района исследований до 76,1% в юго-восточной части месторождения.

№ п.п.	Номер скважины	Абс. отметка кровли пласта, м	Абс. отметка ВНК, м	Общая толщина пласта, м	Нефтенасыщенная толщина пласта, м	Фильтрационно-емкостные свойства пласта					
						Кп,% (кровля)	Кп,% (подошва)	Кпр, мД (кровля)	Кпр, мД (подошва)	К, % глинист.	К, % нефтенас.
1	10040	1552,5	1555,5	5,0	0,7	18,6	25,6	141	1220	3	58
2	1036	1548,8	1555,5	19,9	2,8	21,9	26,7	452	1980	5,3	60,9
3	10035	1551,2	1555,8	9,7	1,8	25	29,8	1069	4379	3,6	64,3
4	10042	1551,9	1556,5	10,9	2,9	23,5	24,5	1031	1283	2,4	64,5
5	10041	1554,0	1557,0	13,6	1,4	23,4	24,8	624	1565	1,6	64,6
6	10044	1552,0	1558,8	8,3	3,5	24,7	27,6	704	2590	2,6	70,9
7	10046	1549,5	1555,0	4,9	2,3	23,5	24,3	638	1126	2,1	64,3
8	10047	1546,8	1556,8	12,9	6,0	27,8	28,3	2431	2954	1,8	76,1
9	10050	1546,9	1552,2	14,8	4,6	18,5	19,7	328	500	1,5	63,1
10	305	1549,5	1555,6	18,8	6,2	21,4	17,5	668	332	1,5	70,9

Таблица 1. Параметры пласта-коллектора в пределах Уратьминского месторождения

Общая толщина горизонта в пределах площади колеблется от 4,9 до 19,9 м, и в среднем составляет 10,6 м. Значения нефтенасыщенной толщины

изменяются от 0,7 м (северная часть) до 6,0 м (юго-восточная часть) и в целом увеличиваются к югу месторождения.

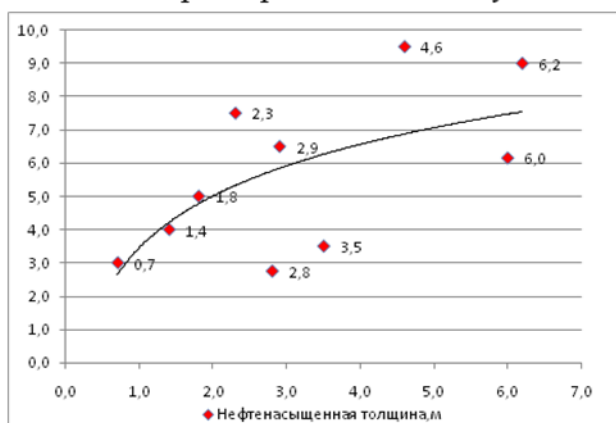
Особенности литолого-фациального и структурно-тектонического строения участка работ, а также выявленные нефтепроявления на Уратьминском месторождении обусловили благоприятные условия для выявления залежи углеводородов методом низкочастотного сейсмического зондирования. Особенно хочется отметить результаты бурения скважины №10047, которая заложена по аномалии НСЗ в нефтеперспективной зоне вскрыла по отложениям девона нефтенасыщенный пласт с толщиной 6 м, а по результатам сейсмических исследований расположена между положительными структурами по отражающему горизонту «Д».

Как показывает практика работ по технологии НСЗ на территории Республики Татарстан, хорошо наблюдаются аномалии в низкочастотном диапазоне сейсмических волн над нефтегазовой залежью с увеличением нефтенасыщенной толщины и нефтенасыщенности пласта коллектора. Это объясняется тем, что коэффициент отражения плотная порода – залежь уменьшается с увеличением частоты. Так же, в результате влияния акустических волн от близких поверхностных источников амплитуда более высоких частот оказывается погребенной в спектре близких источников.

На следующих графиках (Рис.2) показаны результаты сопоставления сигнала спектров НСЗ и коллекторских свойств пласта кыновских отложений верхнего девона на Уратьминском месторождении.

График зависимости параметра НСЗ сигнал/шум и нефтенасыщенной толщины показывает, что с увеличением нефтенасыщенной толщины пласта происходит усиление аномалии НСЗ. Второй график демонстрирует линейную зависимость амплитуды аномалии сигнала НСЗ от нефтенасыщенности пласта-коллектора. В результате построенных зависимостей представляется возможным оценить количественные параметры коллектора в конкретных геологических условиях.

### Зависимость нефтенасыщенной толщины пласта и параметра НСЗ сигнал/шум



### Зависимость нефтенасыщенности коллектора и амплитуды сигнала НСЗ

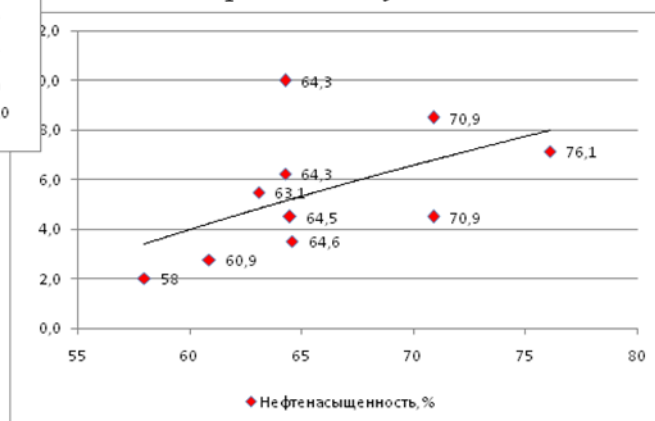


Рис.2 Зависимость аномалии спектров НСЗ от параметров пласта-коллектора

В результате обработки и интерпретации данных НСЗ и изменения фильтрационно-емкостных параметров коллектора по данным ГИС в скважинах в пределах Уратьминского месторождения между ними были выявлены следующие зависимости:

- происходит усиление аномалии НСЗ (параметр сигнал/шум) и с увеличением нефтенасыщенной толщины пласта.

- наблюдается линейная зависимость амплитуды аномалии сигнала НСЗ от нефтенасыщенности пласта-коллектора.

- изменение спектра аномалии НСЗ происходит с увеличением значений коэффициента нефтенасыщенности коллектора, так при коэффициенте нефтенасыщенности 58% в скв. №10040, кривая спектра имеет характер узкополосной малоамплитудной кривой (значение амплитуды сигнала 2 у.е.), а при значении коэффициента пористости 76,1% в скв. №10047 амплитуда аномалии возрастает в 3,6 раза (значение амплитуды сигнала 7,2 у.е.).

- отсутствует аномалия НСЗ при изменении эффективной нефтенасыщенной толщины продуктивного пласта менее 0,7 м.

- наблюдается обратная зависимость характера поведения кривых и значения параметра НСЗ сигнал/шум от водонасыщенной толщины пласта. С увеличением толщины водонасыщенной части коллектора, а также наклоном абсолютной отметки ВНК в северо-западном направлении характеризует изменение значений параметра сигнал/шум в сторону снижения сигнала. Данная зависимость может быть использована, как одним из критериев выявления границ распространения залежи (Рис.4).

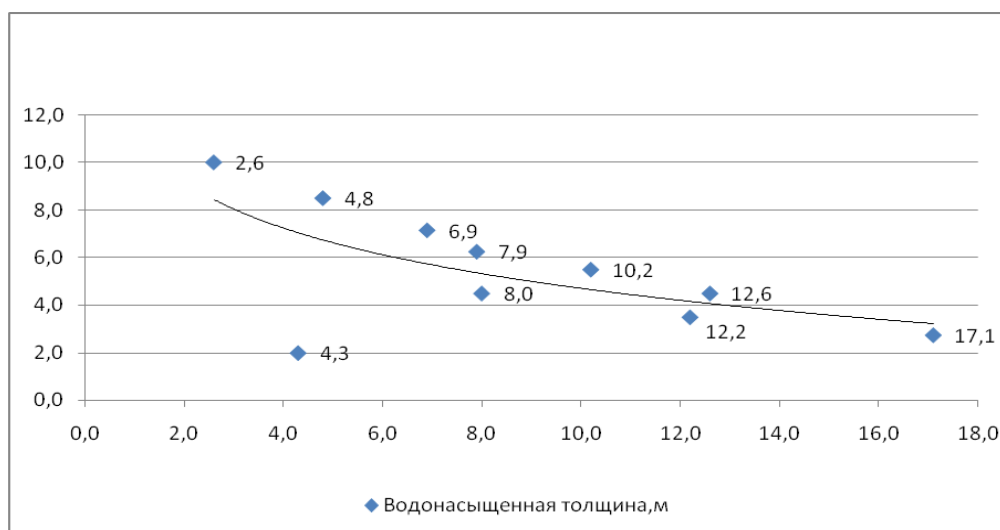


Рис.4 Зависимость параметра НСЗ сигнал/шум и водонасыщенной толщины пласта

- увеличение глинистости коллектора происходит в северном направлении и характеризуется ухудшением коллекторских свойств пласта (пористости и проницаемости), а также снижением аномалии НСЗ, но из-за незначительных изменений этого параметра прямой зависимости не обнаружено.

Таким образом, в результате построенных зависимостей сейсмического сигнала НСЗ и коллекторских свойств продуктивного пласта представляется возможным оценить количественные параметры пласта-коллектора в конкретных геологических условиях.

Изменение аномалии спектров НСЗ во времени в процессе эксплуатации залежи нефти представлены на следующем графике (Рис. 4). В

результате проведения повторных исследований в районе пробуренных по данным НСЗ скважин были получены спектры микросейсм, которые отличаются по параметрам сигнала от ранее проведенных измерений (в результате изменения пластовых условий: роста обводненности, изменение пластовых давлений и т.д.). Анализ данных результатов проведенных опытно-методических работ пределах Уратьминского месторождения показали, что спектры аномалии НСЗ в точках наблюдений проведенных ранее изменились и это дает новое представление о границах распространения залежи, создаются предпосылки для мониторинга процесса разработки месторождения.

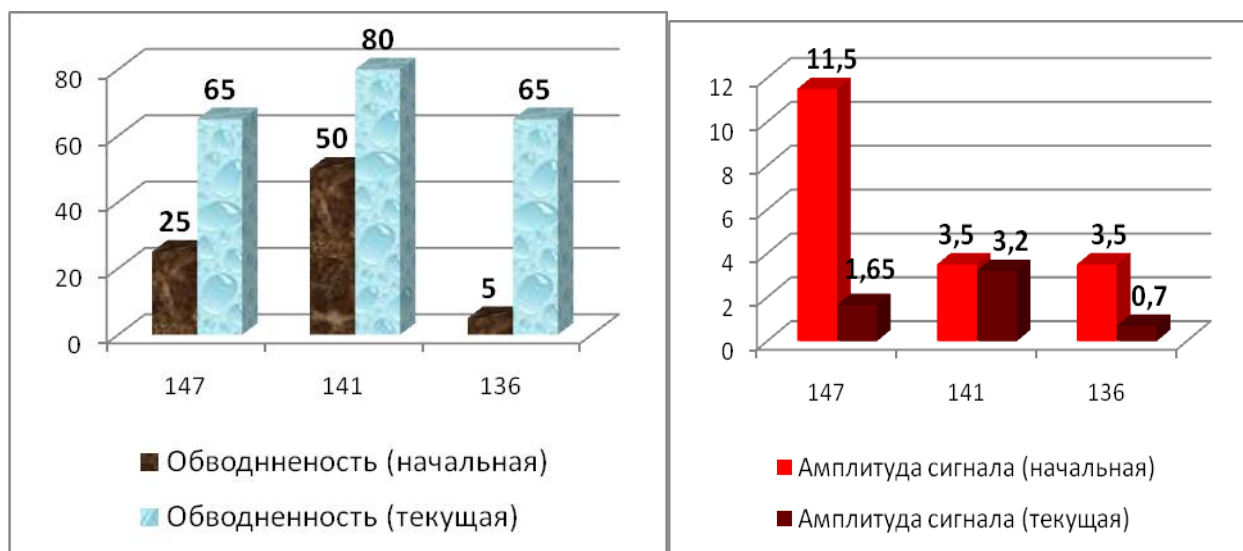


Рис.4 Анализ изменения обводненности продукции скважин в процессе эксплуатации и амплитуды сигнала НСЗ

Сопоставление режимов эксплуатации пробуренных скважин в пределах границ нефтеперспективности по технологии НСЗ (Табл.2) показало, что с увеличением обводненности продукции скважин морфология спектров НСЗ изменяется в сторону снижения аномалии НСЗ при общей техногенной загруженности сейсмического фона. Это возможно связано с изменениями пластовых условий в процессе эксплуатации месторождения (обводненность, снижение пластовых давлений и т.д.).

Номер скв.	Амплитуда, у.е.		Сигнал шум, у.е.		Обводн.,%		Пласт. давл. МПа		Заб. давл. МПа	
	2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008
10047	11,5	1,65	9,5	4,5	25	65	170	170	141	146
10041	3,5	3,2	4	6,5	50	80	170	150	134	99
1036	3,5	0,7	2,5	2,50	5	65	142	152	80	82

Таблица 2. Сопоставление сигнала НСЗ и режимов эксплуатации скважин во времени (через 2 года)

На примере другого месторождения показано (Рис. 5), как происходит изменение спектров сейсмической энергии на площади исследований на границе залежи нефти ограниченной тектоническим разломом, что позволяет дифференцировать зоны с различным геологическим строением, в частности выявлять нефтегазовые залежи и тектонические нарушения.

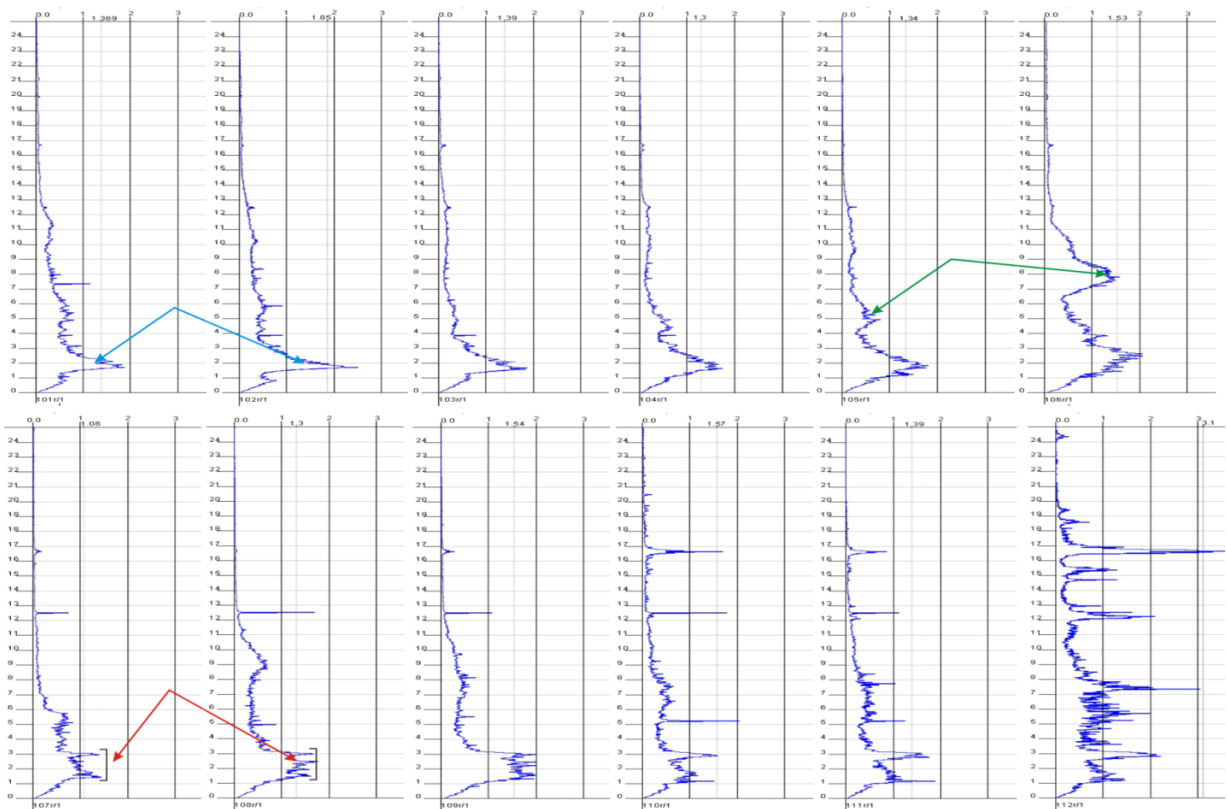


Рис.5 Результаты исследований по профилю точек наблюдений НСЗ на границе залежи нефти

В целом можно отметить, подтверждение результатов сделанного прогноза с данными бурения скважин в различных геологических условиях доказывает высокую эффективность применяемой методики.



Предоставление информации по данным низкочастотного сейсмического зондирования (НСЗ) на этапе поисков и разведки ловушек углеводородов, с выделением типов коллекторов, изучением морфологии неструктурных ловушек и свойств отдельных продуктивных пластов могло бы существенно повысить эффективность геологоразведочных работ.

### **Список литературы.**

- 1) М.Д. Белонин, В.И. Славин, Д.В. Чилигар. Происхождение, прогноз, проблемы освоения залежей углеводородов. Недра. Санкт-Петербург, 2005 с.68-75
- 2) Rizhov, V; Birialtsev, E. The microseism spectral analysis at the range from 1 to 20 Hz for the geology prospecting GI1-1MO5O-004; Oral: 14.4. 18:15 - 18:30 Lecture Room 2 ; 1607-7962/gra/EGU2008-A-05718
- 3) Е.В. Биряльцев, В.Л. Кипоть, В.А. Рыжов. Некоторые особенности спектров низкочастотных микросейсм над нефтегазовыми залежами. Поволжская региональная молодежная конференция «Волновые процессы в средах» КГУ. ISBN 978-5-98180-506-6. 2007г.
- 4) Е.В. Биряльцев, В.А. Рыжов. Некоторые характеристики аномалий низкочастотного сейсмоакустического поля над нефтегазовыми залежами в республике Татарстан. Геология, Геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений.. Москва, 2008, ВНИИОЭНГ ISSN 0234-1581.
- 5) Хабибуллин И.Р., Биряльцев Е.В., Шабалин Н.Я и др. Прогнозирование нефтеносности методом низкочастотного сейсмического зондирования на Уральминском месторождении //Отчет по договору с ЗАО «Геология», ЗАО «Градиент» -2006.