

B016

The Analysis of Microseisms Spectrum at Prospecting of Oil Reservoir on Republic Tatarstan

E.V. Birialtsev* (NIIMM im. Tchebotareva), I.N. Plotnikova (Ministry of Ecol. and Nat. Resour. of R. Tatarstan), I.R. Khabibulin (Gradient, Inc.) & N.Y. Shabalin (Gradient, Inc.)

SUMMARY

Are represented the results of the analysis of a microseisms spectrum, which is received at prospecting of small oil reservoirs on territory of Republic Tatarstan. For this analysis it is used the method based on revealing of peak abnormal high amplitude in a range of 1-10 Hz. Are discussed two alternatives hypothesis about nature of this peak over oil reservoirs. Based on experimental data it is shown, that the hypothesis of resonant amplification of microseisms in the resonator between daylight surface and oil reservoir is more adequate. It is shown, that it is can observe oil reservoirs, the border a sedimentary cover - the crystal and of other geological structures, such as active fault, as a peak on microseism spectrum.

Анализ спектра микросейсм при разведке нефтяных месторождений в Республике Татарстан.

Биряльцев Е.В., Плотникова И.Н., Хабибуллин И.Р., Шабалин Н.Я.

Резюме. Излагаются результаты анализа спектра микросейсм при разведке малых нефтяных месторождений на территории Республики Татарстан, методом, основанным на выявлении выбросов аномально высокой амплитуды в диапазоне 1-10 Гц. На основе экспериментальных наблюдений показано, что из двух альтернативных гипотез, объясняющих происхождение таких выбросов более адекватна гипотеза резонансного усиления микросейсм в резонаторе дневная поверхность – залежь. Показано, что на спектрах микросейсм выявляется также граница осадочный чехол – кристаллический фундамент. Показано, что основываясь на данной гипотезе, возможно решение других геологических задач, связанных с выявлением существенных неоднородностей в разрезе, в частности активных тектонических нарушений.

В настоящее время все более широко начинает применяться анализ микросейсм как метод геофизического изучения в геологоразведке. В частности, в российской практике геологоразведки на месторождения природных углеводородов известен метод АНЧАР [1], аналогичные исследования проводились некоторыми зарубежными авторами исследователями [2].

Явление аномального низкочастотного спектра, лежащее в основе указанным и некоторых других методов, было впервые обнаружено в 1989 году на Братском газоконденсатном месторождении [1]. Сущность явления заключается в наличии над нефтегазовыми месторождениями выбросов на спектре микросейсм в диапазоне 1-10 Гц, существенно (в 2-5 раз) превышающих уровень белого шума, и отсутствующих вне контура нефтеносности. Таким образом, регистрируя спектры микросейсм по некоторому профилю или площади можно сделать вывод о наличии или отсутствии перспектив на нефтегазоносность данного района.

Известно несколько теоретических объяснений данного явления, которые, в основном, сводятся к гипотезам о генерации шума непосредственно залежами природных углеводородов [1,2]. Таким образом, методы, использующие данное явление, позиционировались как прямые методы поиска залежей углеводородов, не зависящие от типа ловушек и типа коллектора, и ограниченно зависящие от размеров ловушки и мощности пласта-коллектора. Методы данного типа особенно актуальны для Республики Татарстан, где в условиях истощения крупных месторождений значительная часть запасов содержится в средних и малых месторождениях-спутниках. Незначительные геометрические размеры (1-2 км. по простиранию), малая амплитуда (10-30 метров) структурных ловушек, обилие неструктурных ловушек и другие геологические факторы резко снижают эффективность бурения только по результатам структурной сейсморазведки.

Для апробации эффективности методов анализа микросейсм при разведке на малые нефтяные месторождения в 2003 году по инициативе Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан компанией «ГеоТОН» совместно с компанией «Поиск» на ряде площадей Западного склона Южно-Татарского свода был опробован метод анализа микросейсм DISCH. В результате проведенных исследований было выявлено, что аномальная амплитуда спектра микросейсм в диапазоне 2-3 Гц наблюдается во всех точках наблюдения, в том числе за границами ранее оконтуренных сейсмикой поднятий [3]. Информативность метода оказалась минимальна, что ставило под сомнение возможность применения данной группы методов на территории РТ.

С целью адаптации метода к условиям РТ в 2003-2005 году на территории Республики Татарстан компанией «Градиент» были проведены опытно-промышленные работы по разведке и доразведке нефтяных залежей более чем на 10 площадях в районах Южно-Татарского свода и Мелекесской впадины, а также проведены отдельные наблюдения на других территориях [6]. В результате проведенных работ было выявлено, что аномальная амплитуда спектра микросейсм в диапазоне 2-3 Гц наблюдается практически повсеместно, в том числе в точках отсутствие нефтеносности в которых подтверждено бурением (изучено более 500 точек наблюдения, из которых 10-12 случаях аномалия не наблюдалась или наблюдалась очень слабо). Типичный вид спектральной плотности микросейсм приведен на Рисунке 1.

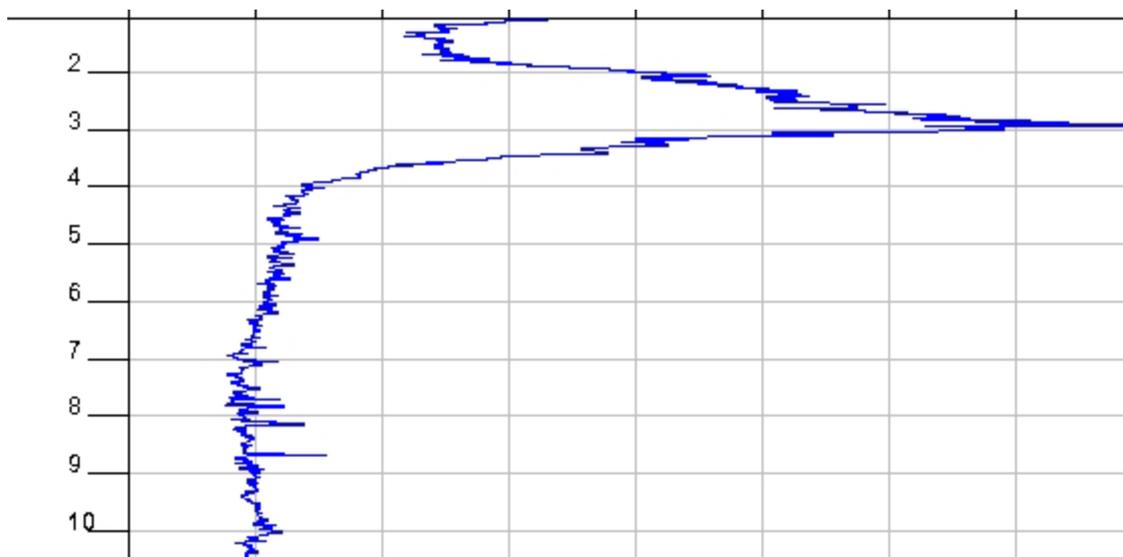


Рисунок 1 Типичный спектр микросейсм на территории Республики Татарстан

Для объяснения данного факта авторами была предложена гипотеза, согласно которой anomальная амплитуда в низкочастотной части спектра является следствием резонансного усиления естественных шумов в резонаторе, образованном дневной поверхностью и существенными неоднородностями в разрезе. В частности, данная гипотеза объясняла повсеместное присутствие anomальной амплитуды спектра в диапазоне 2-3 Гц резонансным усилением естественных шумов в резонаторе дневная поверхность – кристаллический фундамент. В Республике Татарстан, в отличие от нефтеносных провинций Западной Сибири, Нижнего Поволжья, Тимано-Печерского бассейна, фундамент залегает на аномально малой глубине в диапазоне 1700-2200 метров. Как показано в [5], частотный максимум нулевой моды для волновода дневная поверхность – кристаллический фундамент с глубиной залегания фундамента 2000 метров и упругими постоянными, характерными для терригенных и карбонатных пород, находится в диапазоне 1.8-3.2 Гц, что очень хорошо совпадает с экспериментально наблюдаемыми величинами.

Для дальнейшего подтверждения гипотезы резонансного усиления было проанализировано распределение азимутальных углов прихода микросейсм. Данный параметр является селективным для гипотезы генерации низкочастотного шума залежью и гипотезы резонансного усиления, так как в первом случае микросейсм должен приходить от залежи, во втором случае – от ближайшего источника ударных воздействий. Анализ направлений прихода, проведенный более чем по 20-ти точкам показал отсутствие корреляции между местоположением залежи и направлением прихода микросейсм и подтвердил корреляцию между направлением прихода и источниками ударных воздействий. При движущихся источниках (транспорт и сельскохозяйственная техника) направление прихода микросейсм несколько раз существенно менялось (до 100 градусов) в течение времени наблюдения (Рисунок 2). Спектр микросейсм при этом качественно не менялся, все anomальные максимумы сохраняли свое положение.

Сравнительный анализ спектра микросейсм от движущихся интенсивных ударных источников (транспорт, стада домашних животных) показал, что по мере возрастания интенсивности ударных воздействий величина anomалии возрастала как в случае только сигнала от фундамента, так и при наличии залежи. Этот факт плохо объясним в рамках гипотезы о генерации anomального сигнала непосредственно залежью, так как техногенные воздействия в этом случае являются помехой. Напротив, гипотеза о резонансном усилении спектра микросейсм предсказывает именно такой результат.

Проведенные эксперименты убедительно свидетельствуют об адекватности гипотезы резонансного усиления сигнала микросейсм как причины аномально высокой амплитуды выбросов в низкочастотной части их спектра.

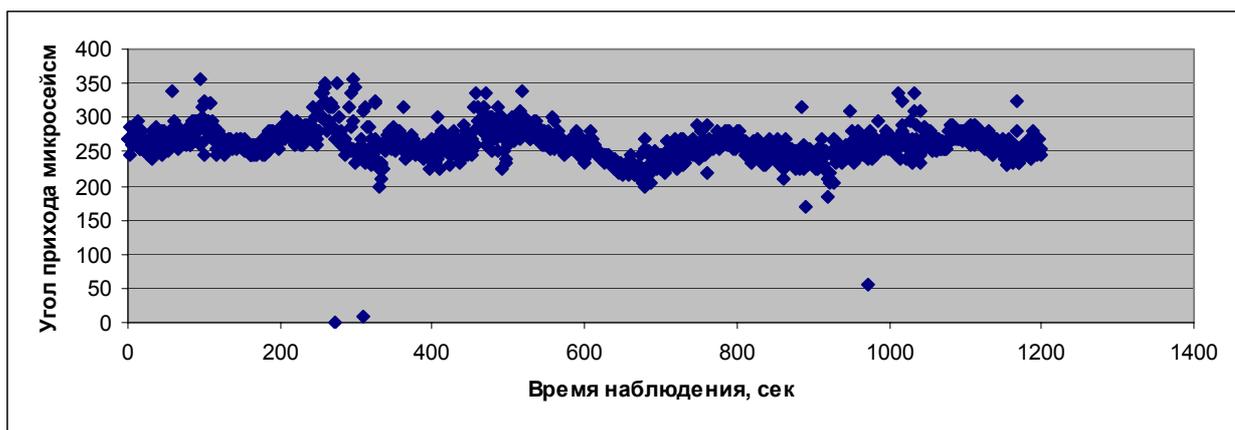


Рисунок 2 Изменение направления прихода микросейсм в районе залежи

На основе данной гипотезы было сделано предположение, что частотный максимум амплитуды микросейсм, вызванный отражением от залежей нефти, зависит от глубины залегания и должен располагаться по спектру выше, чем максимум, вызванный резонансом с фундаментом. Для характерных для Татарстана глубин залегания залежей в среднем карбоне (1 км) над залежами должен наблюдаться еще один аномальный максимум частотной характеристики микросейсм в диапазоне 4-6 Гц. Проведенные исследования на залежах такого типа выявили устойчивое появление данного максимума над центром залежей, его постепенное спадание по амплитуде к ее краям и отсутствие второго максимума вне залежи. Прогнозы нефтеносности на карбон, сделанные на основе анализа наличия/отсутствия максимума 4-6 Гц на спектре микросейсм, подтвердились бурением в 8 случаях из 9. В 1-м случае неподтвержденного прогноза был получен слабый приток в зоне с очень низкоамплитудным максимумом в анализируемом диапазоне. Типичный спектр микросейсм в контуре залежей в карбоне приведен на Рисунке 3.

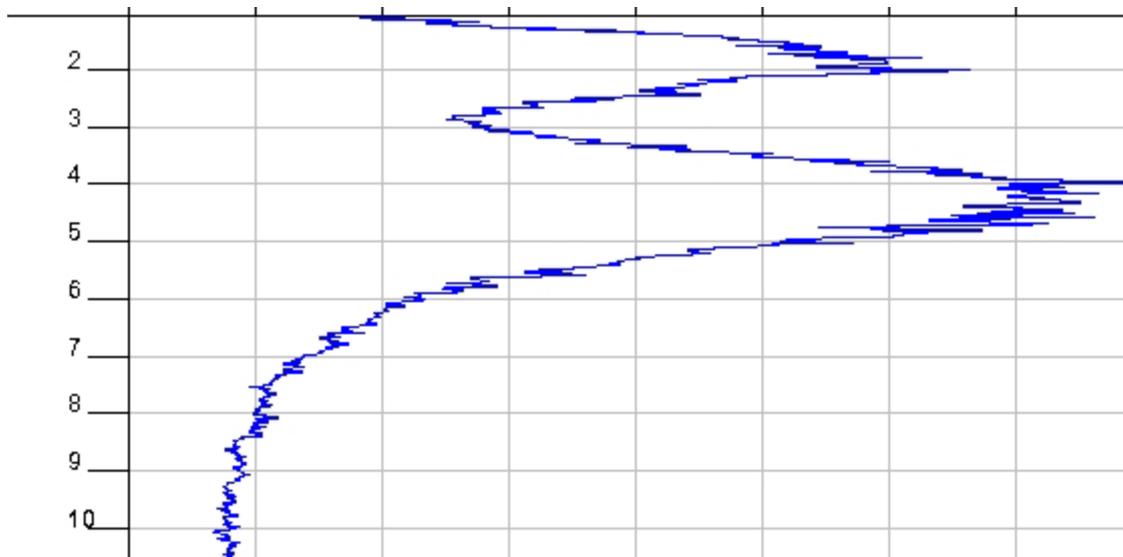


Рисунок 3 Типичный спектр микросейсм над залежью в карбоне

При дальнейшем анализе спектров микросейсм было выявлено, что в некоторых случаях в близко расположенных точках наблюдения (в пределах 50-100 метров) аномальный максимум спектров микросейсм в них резко различается по местоположению (Рисунок 4). Зоны с такими аномальными спектрами группировались в линейные структуры шириной до 500 метров и проходили через всю площадь наблюдения. Анализ имеющейся геологической информации, в частности гравиразведки на данной площади показал, что данные структуры качественно совпадают с прогнозируемыми тектоническими нарушениями. Исследования [6], проводимые по сходной технологии в верхней части разреза для решения задач инженерной геологии также

показали, что для зон тектонических и других субвертикальных нарушений характерно резкое изменение положения частотного максимума.

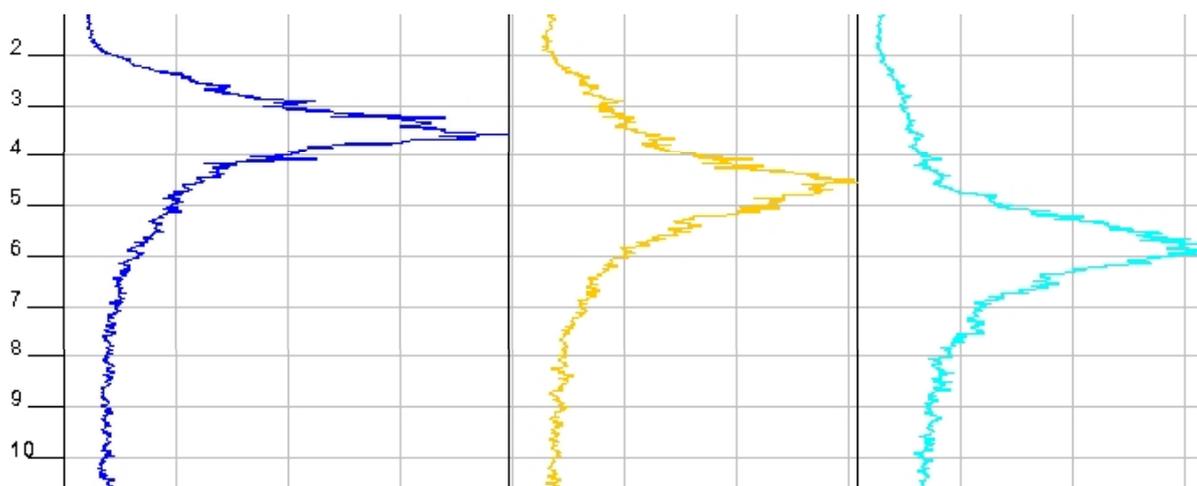


Рисунок 4 Резкое смещение максимума на спектре микросейсм в соседних точках наблюдений в зоне тектонических нарушений

Таким образом, проведенные в Республике Татарстан наблюдения показывают, что методы спектрального анализа микросейсм, в предположении о резонансной природе наблюдаемых аномалий спектра в диапазоне 1-10 Гц, позволяют успешно решать задачи поиска и разведки нефтяных месторождений, в том числе малоразмерных и сложнопостроенных, а также получать дополнительную геологическую информацию о наличии существенных неоднородностей в разрезе, в том числе о наличии активных тектонических нарушений.

Литература:

1. Графов Б.М. и др. Анализ геоакустического излучения низкочастотной залежи при использовании технологии АНЧАР// Геофизика.-1996.-№5.- С.24-28
2. S. Dangel and others. Phenomenology of tremor-like signals observed over hydrocarbon reservoirs // «Journal of Volcanology and Geothermal Research 128 (2003) pp. 135-158.
3. Шутов Г.Я. и др. О результатах геофизических измерений низкочастотного микросейсмического волнового поля на Дачной площади Республики Татарстан//Отчет по договору с НК «Иделойл», ЗАО НПК «ГЕОТОН» .-2003.-74с.
4. Биряльцев Е.В. и др. Прогнозирование нефтеносности методом низкочастотного сейсмического зондирования на Муслюмовском нефтяном месторождении в пределах Дубравного поднятия//Отчет по договору с ЗАО «Нефтеконсорциум», ЗАО НПК «ГеоТОН ». -2004.-33с.
5. Тумаков Д.Н. Собственные колебания упругой полосы // Препринт ПМФ-05-02. Казанск. матем. об-во.- Казань, 2005.- 26 с.
6. Гликман А.Г. Физика и практика спектральной сейсморазведки. <http://newgeophys.spb.ru/ru/book/index.shtml>, <28.02.2006>.