

ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ НЕФТЕНАСЫЩЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК

Анализ результатов поисково-разведочных работ последних десятилетий свидетельствует, что возможности открытия достаточно крупных антиклинальных ловушек нефти и газа на территории многих регионов России практически исчерпаны. В то же время картирование малоразмерных и малоамплитудных нефтеперспективных объектов находится на пределе возможностей сейсмического метода. Применяемые технологии поисков и разведки нефтяных и газовых месторождений, включающие 3D-сейсморазведку и бурение скважин, в последние годы оказываются все более затратными и при этом количество случаев картирования "пустых" структур практически не уменьшается. Для сокращения затрат на разбуривание непродуктивных структур предлагается применять технологию оценивания нефтенасыщенности объектов, базирующуюся на использовании микросейсмических съемок.

Методы, основанные на изучении на земной поверхности тонкой структуры полей микросейсмических шумов, являются исключительно перспективными, поскольку позволяют получать *принципиально новую информацию об особенностях строения и состояния нижележащих толщ*, в том числе связанных с наличием в разрезе углеводородов.

Микросейсмический шум проявляется в широком диапазоне частот (от сотых долей Гц до нескольких кГц), а его амплитуды варьируют в интервале от миллиметров (мм) до долей нанометров (нм). Генерация микросейсмических шумов может быть обусловлена самыми разнообразными процессами (крипом, взаимными подвижками блоков, пластическими деформациями пород, фазовыми переходами и изменениями напряженного состояния в результате тектонических, геохимических и гидрогеологических процессов, земных приливов, сейсмических воздействий, различных техногенных нагрузок). Если низкочастотные шумы (с периодами 1 - 100 с и более) имеют сходные характеристики в различных точках наблюдений, то более высокочастотные шумы имеют чрезвычайно разнообразные характеристики. Фактически каждая точка наблюдений на земной поверхности имеет свой специфический "шумовой портрет" (рис. 1).

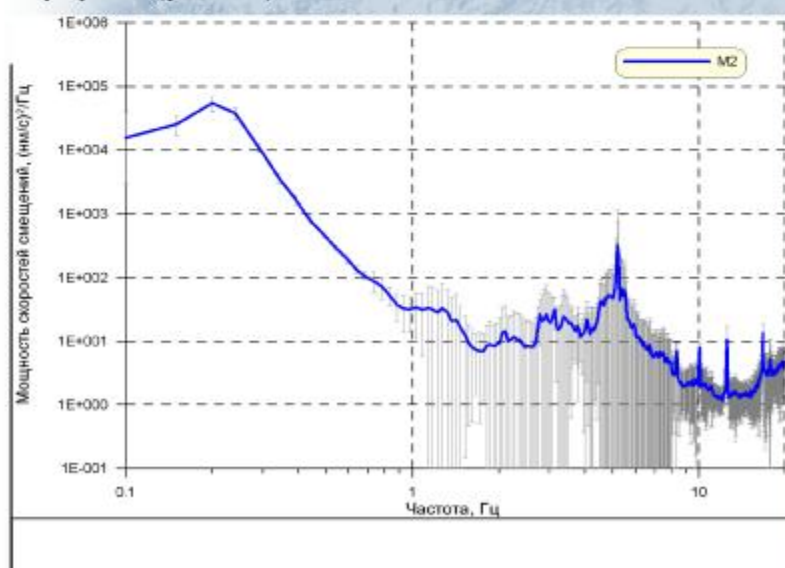


Рис. 1. Осредненный спектр мощности микросейсмических шумов и его вариации

Внедрение в практику сейсмологии *цифровых мониторинговых наблюдений в широкой полосе частот и высокоразрешающих методов анализа площадных сейсмологических данных* позволило в последнее десятилетие приступить к решению ряда задач, связанных с анализом тонкой структуры микросейсмических полей, формирующихся в сложнопостроенных реальных средах, в том числе и в пределах нефтяных месторождений.

Нефтяные залежи, представляющие собой многокомпонентные (как правило, трехфазные) образования геологического разреза, находятся под

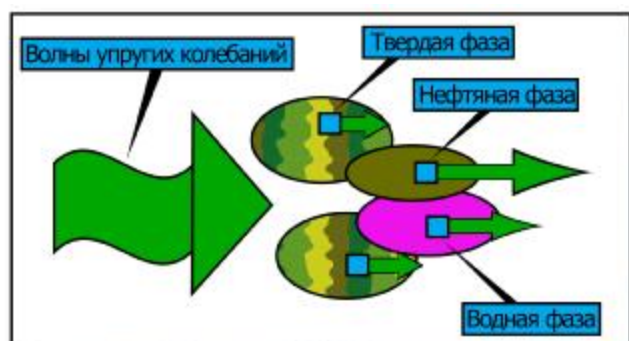


Рис. 2. Влияние вибраций на нефте-насыщенную среду (Ellingsen, 2002)

связано с разным действием гравитационных и капиллярных сил на различные фазы породы (Симкин, 1985; Odeh, 1987). Это воздействие существенно больше для нефтяной фазы, меньше - для водной и минимально - для твердой (рис.2). Степень воздействия определяется большим количеством факторов (пористостью, проницаемостью породы, вязкостью флюидов, степенью насыщенности пор флюидами и т.д.).

Находясь в метастабильном состоянии, залежи не только постоянно поглощают поступающую извне энергию различных типов, но и перерабатывают и переизлучают ее. При этом *наиболее интересные эффекты проявляются в сравнительно низкочастотном диапазоне колебаний.*

Применительно к традиционной сейсморазведке именно в низкочастотном сейсмическом диапазоне в последние годы (Goloshubin et al., 2002) выявлен *эффект аномально высоких отражающих свойств пористых проницаемых нефтенасыщенных пластов.* Используя этот эффект, оказалось возможным объяснить неудачи поисково-разведочного бурения при картировании объектов, подготовленных стандартной высокоразрешающей сейсморазведкой на месторождении Ай-Пим в Западной Сибири (рис. 3).

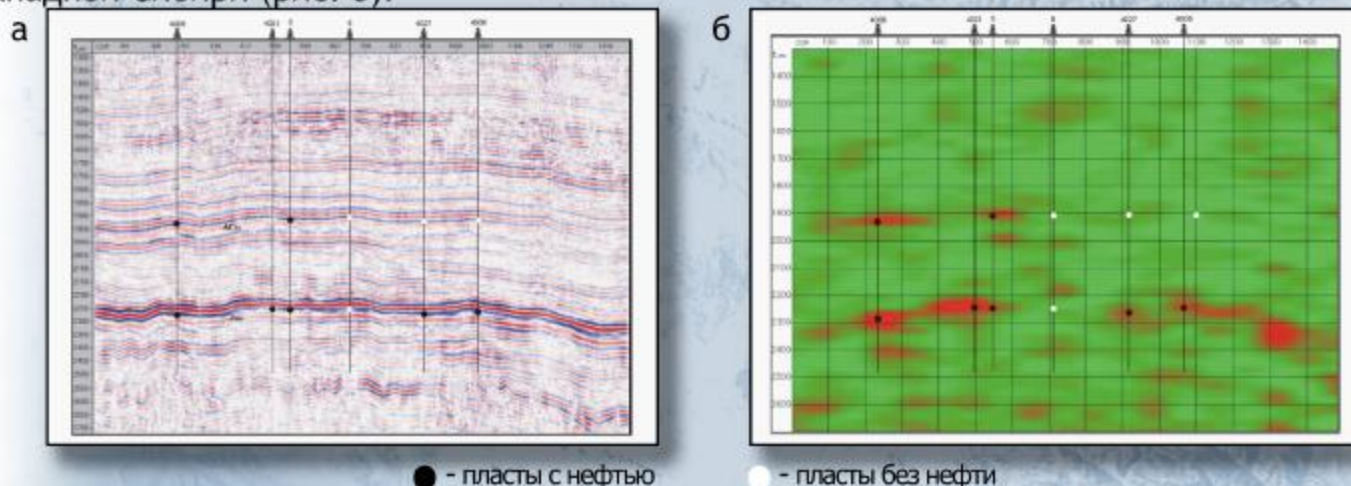


Рис. 3. Сейсмические разрезы ОГТ для нефтяного месторождения Ай-Пим в Западной Сибири (Goloshubin, Korneev, et al., 2002)

а - по данным стандартной (высокочастотной) обработки;

б - по данным обработки для низкочастотного сейсмического диапазона (~ 10 Гц)

Существование эффекта переизлучения энергии нефтяными залежами было впервые установлено в ходе специальных экспериментов по сейсмическому вибровоздействию на нефтяные пласты, проведенных группой специалистов Института физики Земли АН СССР под руководством члена-корреспондента РАН А.В. Николаева в 1988-89 гг. на трех месторождениях Краснодарского края (рис. 4, а). Позднее большой объем исследований вибрационных воздействий был выполнен на нефтяных месторождениях Западной Сибири (рис. 4, б) (Сердюков, 1999).

В начале 90-х годов группе российских ученых во главе с проф. О.Л. Кузнецовым, используя описанное выше явление, удалось создать уникальную, не имеющую мировых

постоянным "прессом" широкого спектра разномасштабных вибрационных воздействий (начиная от напряжений приливных волн и кончая напряжениями, связанными с распространением длиннопериодных "штормовых" сейсмических волн, волн от крупных землетрясений и т.д.). Разномасштабные вибрации возмущают системы водонефтяных потоков внутри порового пространства залежей. Одно из объяснений возникающих при вибрациях эффектов

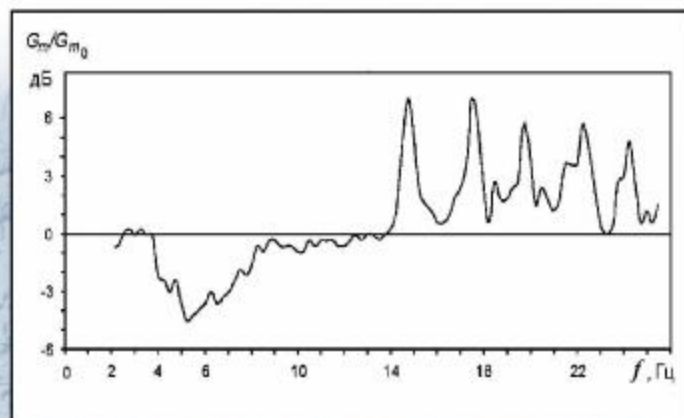
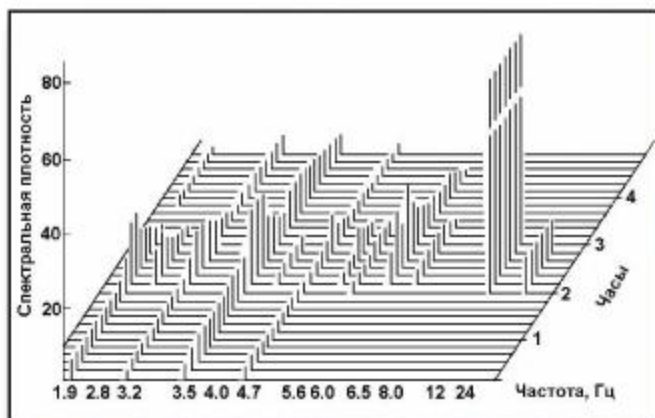


Рис. 4. Влияние вибрационных воздействий на изменение спектральной структуры полей микросейсмических шумов над нефтяными месторождениями

а - месторождение Абузы в Краснодарском крае (Николаевский, 1996);
 б - Мортымья-Тетеревское месторождение в Западной Сибири (Сердюков, 1999)

аналогов, технологию акустической низкочастотной разведки нефтегазовых залежей, получившую название "АНЧАР". Технология, использующая вибросейсмическое воздействие с земной поверхности, открыла возможности для **количественного оценивания нового геофизического параметра разреза - интенсивности глубинного микросейсмического излучения, связанного с наличием нефтяных и газовых залежей.**

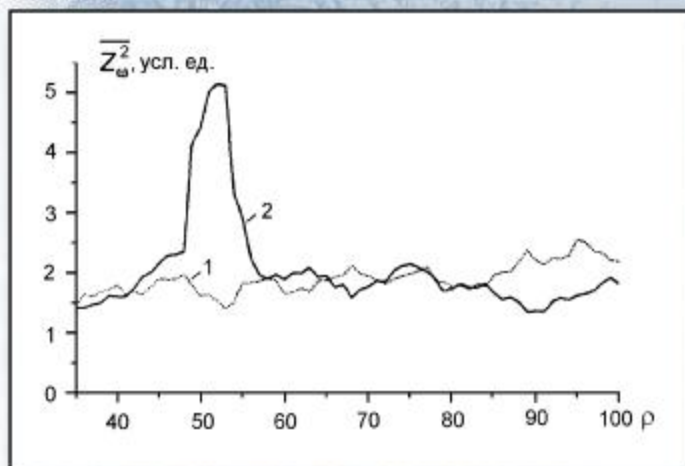


Рис. 5. Энергетический спектр шума нефте-газовой залежи в исходном состоянии (1) и после поверхностного вибрационного воздействия (2) (Графов, Арутюнов и др., 1998)

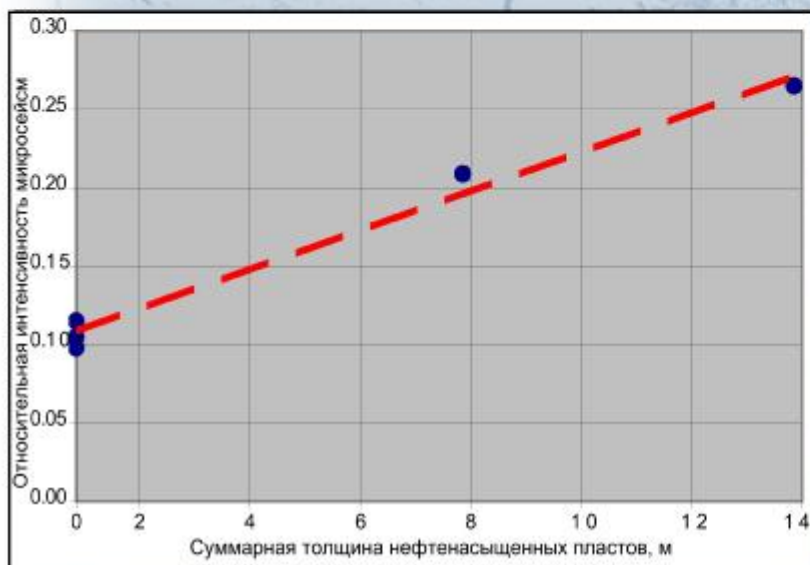
Авторы технологии "АНЧАР" добились устойчивой фиксации инструментальными методами на земной поверхности низкочастотного отклика сложного структурного резонансного образования, каким являются пласты, содержащие углеводороды, и эффективно использовали эту особенность при поиске и доразведке месторождений нефти и газа (рис. 5).

Дополнительный к фону поток инфразвуковых волн над залежами углеводородов может быть обнаружен и в пассивном режиме мониторинга (без вибросейсмического воздействия). Этот режим наблюдений является гораздо более технологичным, однако требует соответственно более высокого уровня организации всего комплекса мониторинговых работ (более длительных наблюдений, более тщательной обработки и анализа получаемых микросейсмических данных). Подобный вариант технологии микросейсмических наблюдений был с успехом применен на ряде отечественных и зарубежных объектов группой исследователей под руководством Г.Я. Шутова.

В Горном институте УрО РАН разработан аналог технологии пассивного сейсмологического мониторинга, получивший название **микросейсмических съемок (МСС)**. Технология МСС основана на проведении сравнительно долговременных мониторинговых наблюдений микросейсмических шумов с использованием высокочувствительных сейсмологических комплексов и последующей пространственно-временной обработке микросейсмических данных на базе технологий, развитых в нефтяной сейсморазведке.

Технология МСС предусматривает:

- выполнение мониторинговых наблюдений с использованием площадных групп высокочувствительных сейсмологических датчиков;
- проведение многоэтапной частотно-пространственно-временной обработки с целью разделения микросейсмических шумов различной природы (техногенных, технологических, геодинамических и др.) и выделения аномальных особенностей полей микросейсм, связанных с наличием нефтяных и газовых залежей;
- построение корреляционной зависимости интенсивности глубинного микро-сейсмического излучения от суммарных эффективных толщин нефтенасыщенных пластов (рис. 6) для участков измерений, расположенных вблизи нефтяных скважин;
- прогноз нефтенасыщенности отложений для всех пунктов МСС на площади исследований (рис. 7).



Использование специальных робастных алгоритмов оценки детальной структуры полей микросейсмических шумов позволяет устойчиво фиксировать эффекты, связанные с наличием нефтяных залежей самого различного генезиса, и тем самым, обеспечивает высокую эффективность применения новой технологии на различных этапах поисков, разведки и доразведки месторождений углеводородов.

Рис. 6. Корреляционная связь показателя интенсивности глубинного микросейсмического излучения и суммарной толщины нефтенасыщенных пластов

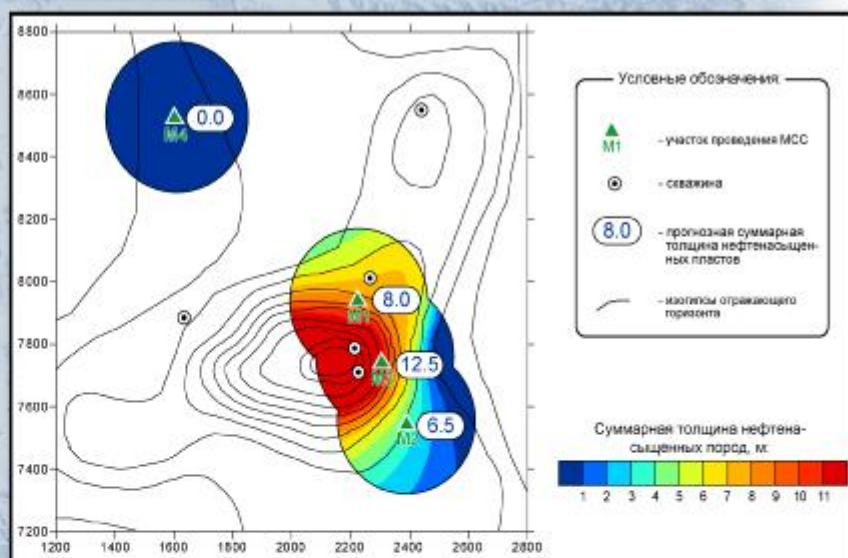


Рис. 7. Прогноз нефтенасыщенности отложений рифогенного массива по результатам МСС