



А. Е. Сунцов
И. Н. Смирнов

НТК АНЧАР, МОСКВА
НТК АНЧАР, МОСКВА

О МОДИФИЦИРОВАННОМ МЕТОДЕ КОМПЕНСАЦИИ ПОМЕХ В ТЕХНОЛОГИИ АНЧАР

АННОТАЦИЯ. В микросейсмической технологии АНЧАР, как и в технологиях сейсморазведки, большое значение имеет борьба с помехами, в т. ч. техногенного характера. В работе показан новый модифицированный метод компенсации помех. Продемонстрирована его эффективность на реальных полевых данных. Показано, что метод может эффективно подавлять помехи даже при соотношениях по мощности сигнал/шум около 0,1.

ВВЕДЕНИЕ. Технология АНЧАР имеет практическое коммерческое применения с 1994 г., и к настоящему времени накоплен огромный опыт её использования в различных условиях. В этой технологии, как и во всех технологиях-последователях, анализируется инфразвуковой диапазон микросейсмического поля, который, как известно из практики сейсморазведки, совпадает с полосой техногенных шумов. Поэтому задача помехоподавления при проведении работ по микросейсморазведке очень актуальна. При этом большинство существующих технологий микросейсморазведки применяют системы наблюдений с небольшим числом синхронизированных точек измерений с малой апертурой, что не позволяет использовать достаточно эффективный аппарат накопленной пространственной фильтрации помех (например, всеерная фильтрация).

В настоящей работе мы предлагаем метод подавления помех, который применим при использовании минимум двух каналов и демонстрируем его эффективность примером использования на реальных сейсмограммах.

ТЕОРИЯ МЕТОДА КОМПЕНСАЦИИ ПОМЕХ

Технология микросейсморазведки УВ АНЧАР основана на эффекте АНЧАР со следующим определением: «...при возбуждении нефтегазовой залежи внешним **искусственным** или **естественным** полем упругих колебаний в полосе частот эффективного взаимодействия поля с уг-

ABSTRACT. The most microseismic technologies of HC exploration, in particularly, passive ones use low frequency band which are overlapping by frequency band of man-caused noise. So the problem of elimination of noise in microseismic exploration is more important then in ordinary seismic exploration. In the work the modification and applying of the Noise Compensation Method are demonstrated with the field data. It was showed that the method can be effective even with 0,1 signal/noise ratio.

ледородным веществом, находящимся в напряженном метастабильном состоянии, нефтегазовая залежь переходит в режим генерации собственных инфразвуковых волн...» [3].

Известно несколько вариантов теоретического объяснения эффекта АНЧАР, наиболее адекватными из которых нам представляются различные модели фазовых переходов, в т. ч. неравновесных, в системе УВ-коллектор. В рамках этих представлений и в количественном согласии с наблюдениями, находится так называемая **капельно-пузырьковая модель** [1]. Она связывает эффект АНЧАР с внутриволновыми фазовыми переходами газжидкости в присутствии естественного геоэлектрического поля.

Из определения видно, что существуют так называемый *спонтанный (естественный) и индуцированный (искусственный) эффекты АНЧАР* (рис. 1). Спонтанный эффект АНЧАР используется в “легкой” модификации технологии АНЧАР, без использования искусственного источника возбуждения. “Активная” модификация технологии, основанная на индуцированном эффекте АНЧАР и применяющая сейсмический источник возбуждения, обладает рядом преимуществ. Они связаны с возможностью воспроизводимости результатов, с большей определённой интерпретации, с отсутствием необходимости эталонных измерений вблизи продуктивных и непродуктивных скважин.

В качестве наиболее простого критерия идентификации УВ в месте исследования, как видно из рис. 1, в обоих вариантах технологии может использоваться спек-

тральная амплитудная аномалия. Семейство таких критериев получило название “амплитудные критерии АНЧАР” (АКА).

Здесь для правильного построения информативных критериев необходимо определить спектральную мощность сигнала, очищенного от помех.

В [2] предполагается, что исследуемый канал пишет сейсмограмму U_r , которая является смесью помехи N_t и искомого сигнала S_r :

$$U_t = N_t + S_r. \quad (1)$$

Также существует другой канал, на который записывается сигнал Λ_r , обязанный своим происхождением тому же источнику, что и помеха N_r . Можно предположить существование линейной связи между помехой N_t и сигналом Λ_t :

$$N_t = \sum_{l=-\infty}^{\infty} F_l \Lambda_{t-l}. \quad (2)$$

Далее в [2] показано, что коэффициенты F_l можно определить из следующей системы уравнений:

$$\sum_{l=-\infty}^{\infty} F_l R_{\tau-l}^{\Lambda\Lambda} = R_{\tau}^{U\Lambda},$$

$$R_{\tau}^{U\Lambda} = M U_{t+\tau} \Lambda_t, R_{\tau}^{\Lambda\Lambda} = M \Lambda_{t+\tau} \Lambda_t, \quad (3)$$

где M - математическое ожидание.

Нами была предложена оптимизированная по отношению к предложенной в [2] рекуррентная процедура решения системы (3):

$$F_k^m = \frac{R_k^{U\Lambda} - \sum_{j=0}^{k-1} R_{k-\gamma+1}^{\Lambda\Lambda} F_j^m}{R_0^{\Lambda\Lambda}}, \quad k=0 \dots m. \quad (4)$$

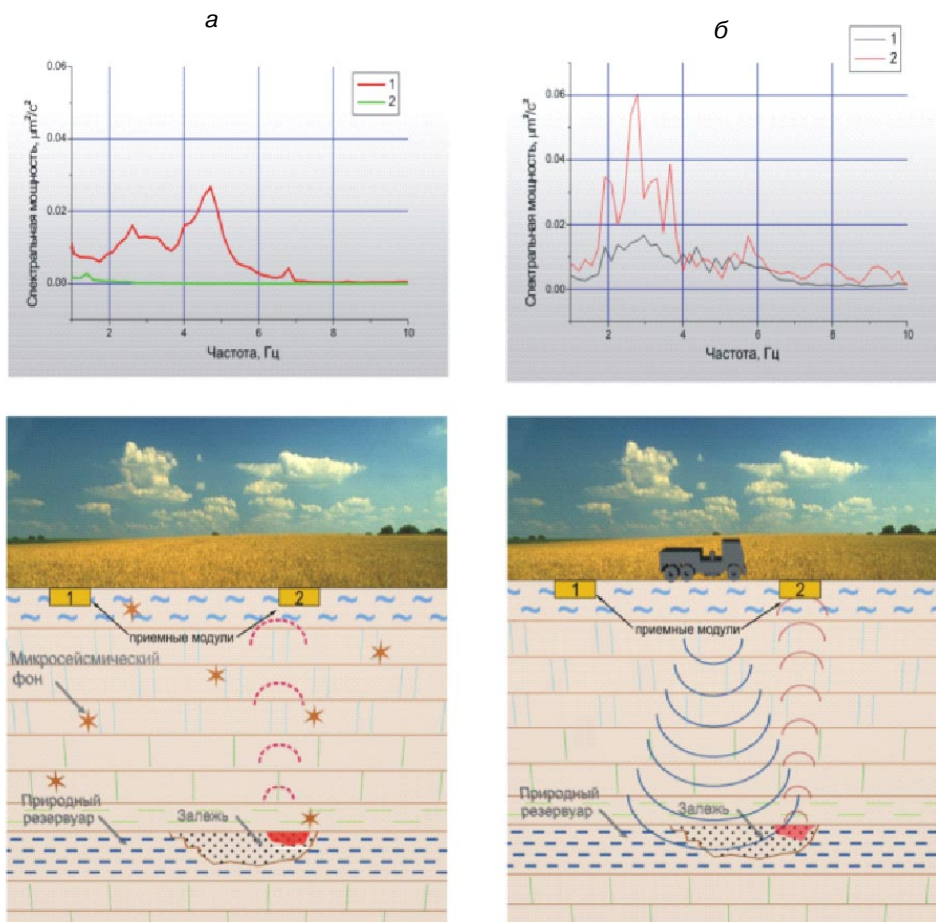


Рис. 1. Схема измерений по технологии АНЧАР с использованием спонтанного и индуцированного эффекта АНЧАР:

а - “лёгкий” АНЧАР: спектральная мощность (СПМ) естественного микросейсмического фона над (1) и вне (2) залежи; б - “тяжёлый” АНЧАР: СПМ микросейсмического фона над залежью до (1) и после (2) воздействия сеймовибратора

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОМПЕНСАЦИИ ПОМЕХ

Рассмотренный вариант метода компенсации помех применялся при обработке сейсмограмм, полученных при выполнении производственных работ по разведке УВ в России, США, Казахстане. Ниже приводится пример использования этого метода при обработке сейсмограмм.

Измерения проводились синхронно в двух точках, разнесённых на 450 м друг от друга. Точка В находилась вблизи автомагистрали, точка А - на удалении от неё. На рис. 2 изображена сейсмограмма на точке А до появления помехи, на рис. 3 - с помехой от движущегося автомобиля. На рис. 4. изображён тот же участок

сейсмограммы, но уже после применения к нему (отделён пунктиром) алгоритма компенсации. Хорошо видно изменение временного ряда.

Одним из основных инструментов анализа сейсмограмм в технологии АНЧАР является Фурье-анализ и, в частности, построение оценок спектральных мощностей (СПМ) временных рядов. Поэтому эффективность алгоритмов подавления помех можно было бы оценивать с точки зрения степени приближения отфильтрованного сигнала к характеристикам сигнала до появления помехи. В этом случае в качестве “чистого” сигнала можно выбрать участок сейсмограмм без явного проявления помех. В приведённом примере оценивается

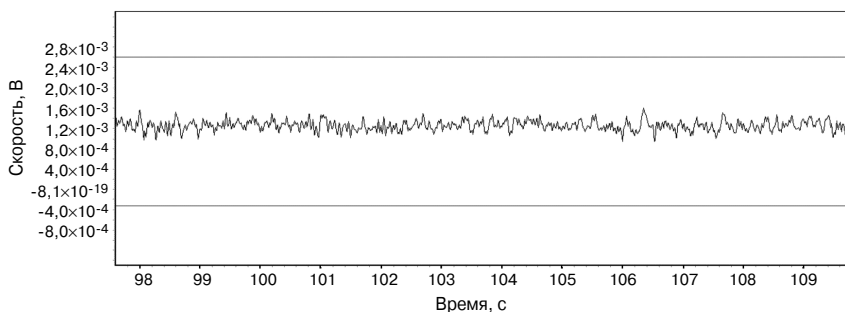


Рис. 2. Участок сейсмограммы за 8 минут до появления помехи

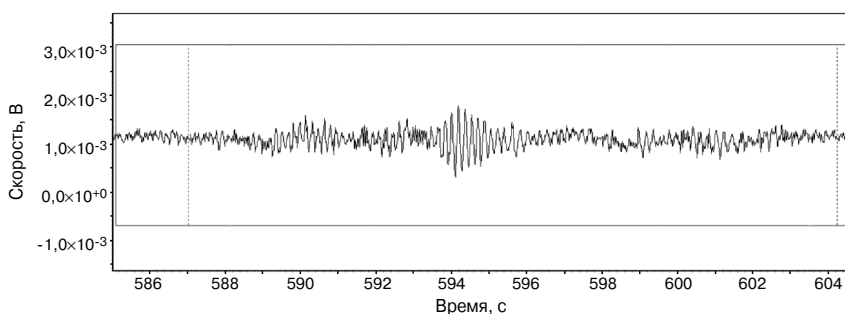


Рис. 3. Участок сейсмограммы с записью помехи от движущегося автомобиля

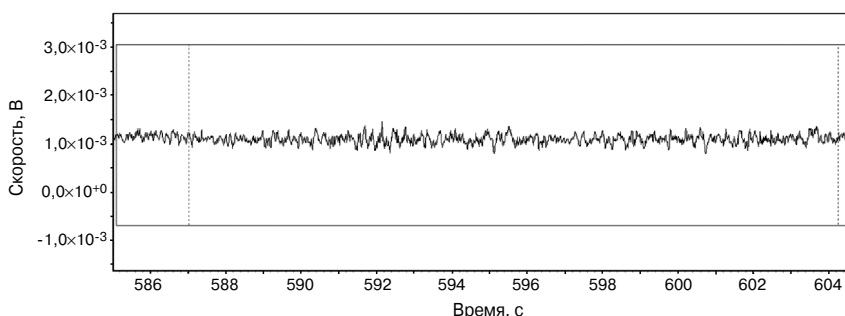


Рис. 4. Участок сейсмограммы с рис. 3 после применения метода компенсации помех

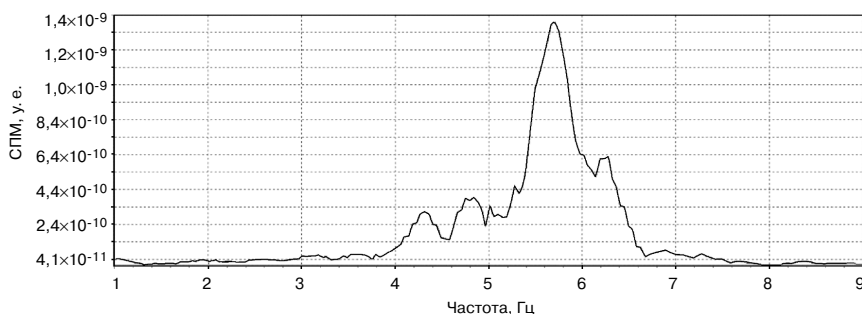


Рис. 5. Спектральная мощность участка сейсмограммы с записью помехи от движущегося автомобиля

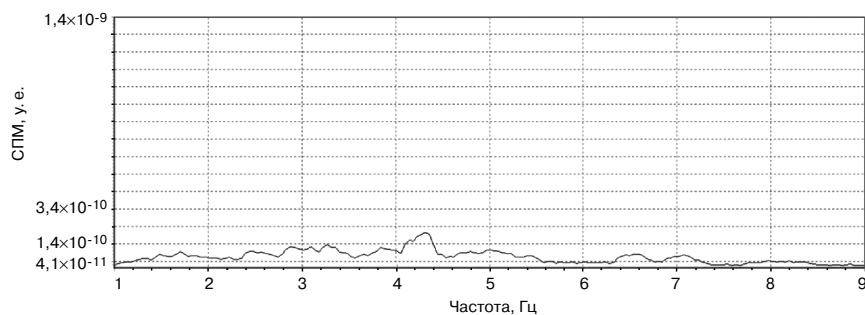


Рис. 6. Спектральная мощность участка сейсмограммы движения автомобиля после применения фильтра

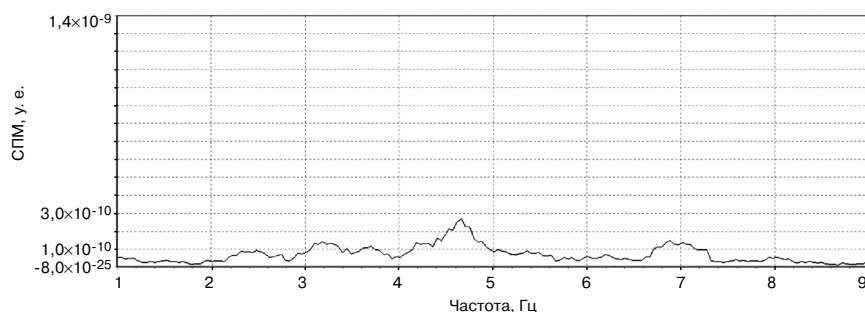


Рис. 7. Спектральная мощность участка сейсмограммы за 8 минут до появления помехи (см. рис. 2)

“возвращение” к исходной СПМ после применения метода компенсации помех.

На рис. 5 показан исходный спектр участка сейсмограммы (см. рис. 3) с записью помехи от движущегося автомобиля.

На рис. 6 показан спектр участка сейсмограммы с рис. 3 после фильтрации методом компенсации помех. Из сравнения рис. 5 и рис. 6 хорошо видно, что после фильтрации мощность помехи снизилась почти в десять раз.

Для качественной оценки эффективности метода на рис. 7 приводится СПМ участка сейсмограммы за 8 мин до появления автомашины. Сравнение рис. 6 и 7 показывает, что после применения метода компенсации помех к “зашумлённому” участку сейсмограммы с соотношением сигнал/шум около 0,1 практически удалось вернуться к СПМ “чистого” сигнала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Технологии низкочастотной микро-сейсморазведки используют частотный диапазон, совпадающий с диапазоном техногенных помех, и проблема

помехоподавления для этого класса методов разведки очень актуальна.

В работе предложена модифицированная рекуррентная процедура решения (4) системы уравнений (3) в методе компенсации помех и продемонстрирована эффективность его применения (подавление помехи более чем в 3 раза) на примере реальных данных.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП (Госконтракт № 02.515.11.5096).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов О. Л., Графов Б. М., Сунцов А. Е., Арутюнов С. Л., 1989, Технология АНЧАР: О теории метода: Геофизика -2003, Специальный выпуск Технологии сейсморазведки-II, 103 - 107.
2. Кушнир А. Ф., Писаренко В. Ф., Рукавишников Т. А., 1977, Компенсация помех в многомерных геофизических наблюдениях: Вулканология и сейсмология, 3, 146 - 149.
3. Научное открытие № 129, 1997.
4. Патенты РФ № 2045079, 1992; №2054697, 1992; №2161809, 1998.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Андрей Евгеньевич СУНЦОВ - старший научный сотрудник ИФХЭ им. А. Н. Фрумкина, директор по технологическому развитию и науке НТК АНЧАР, кандидат физ.-мат. наук.

Илья Николаевич СМЕРНОВ - ведущий специалист, НТК АНЧАР.