

Повышение эффективности вибросейсмических исследований в условиях Бухарской ступени

- Кострыгин Ю.П., ООО «Новоросморгео», г. Новороссийск.
- Урмонов А.Х., АО «Узбекгеофизика», г. Ташкент.

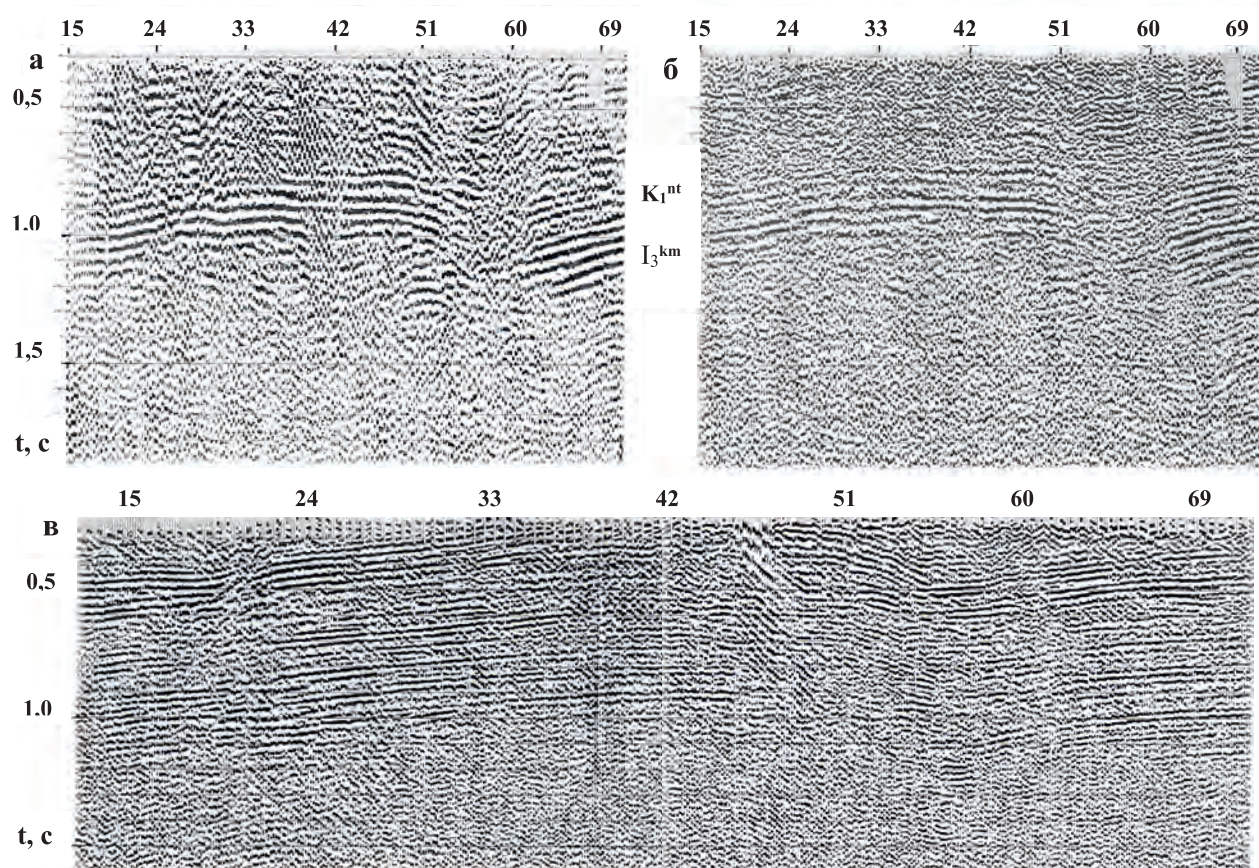
Значительные перспективы поиска нефти и газа в республике Узбекистан связаны с сейсмическими исследованиями, проводимыми в пределах Бухарской тектонической ступени. Наибольший практический интерес на площадях Бухарской ступени представляет верхнеюрский комплекс продуктивных пород, сложенный высокопористыми известняками. Однако в связи с отсутствием мощной региональной покрывки между юрскими и меловыми отложениями и возможностью миграции углеводородов большое число залежей сформировано и в породах мелового комплекса. При этом залежи в данном регионе имеют в основном многопластовое строение, а прирост запасов нефти и газа связывают с поиском ловушек не антиклинального типа. Поэтому в пределах Бухарской ступени перед сейсмической разведкой ставится задача детального расчленения меловых и юрских толщ.

Однако при проведении вибросейсмических исследований в условиях Бухарской ступени в основном использовали ЛЧМ-сигналы. Для примера на рис. 1. а, б приведены типичные вибросейсмические разрезы ОГТ, полученные с применением ЛЧМ-сигналов на площади Раимсуфи, расположенной в пределах Бухарской ступени. При возбуждении и регистрации колебаний в данном случае использовали следующие параметры полевой методики: частотный диапазон ЛЧМ-сигнала $\Delta F = 10\text{--}80$ Гц, длительность развёртки $T = 10$ с, число вибраторов в группе 6, группирование вибраторов на базе 20 м вдоль двух линий, параллельных профилю, минимальный вынос 600 м, группирование 22 сейсмоприёмников на базе 30 м, шаг

между пунктами приёма и пунктами возбуждения равнялся 50 м.

Анализ представленных материалов свидетельствует о том, что при работе с ЛЧМ-сигналами временные разрезы отличаются низкой информативностью. Относительно надёжно прослежены лишь одно отражение от границ в верхней юре I_3^{km} и одно отражение от границ в нижнемеловой толще K_1^{nt} . Колебания, соответствующие этим отражениям, характеризуются невысокой разрешённостью и преобладающей частотой импульсов 20–25 Гц. Применение обратной фильтрации на уровне коррелограмм не приводило к улучшению качества временных разрезов. В данном случае для реализации процедуры обратной фильтрации использовали процедуру DECVTX при длине оператора 160 мс и интервале предсказания 4 мс.

Как известно [2], относительно низкая разрешающая способность вибросейсмического метода при использовании ЛЧМ-сигналов связана не только с более значительным поглощением высокочастотных гармоник при прохождении геологической среды. Действительно, система управления вибросейсмического комплекса обеспечивает приблизительно равномерный спектр силового сигнала, а значит и сигнала ускорения для ЛЧМ – развёрток. При проведении же сейсморазведочных работ, в основном, применяются датчики скорости смещения, т.е. в сейсмоприёмнике фактически происходит интегрирование сигналов ускорения. Поэтому, если на выходе вибратора мы сформировали сигнал ускорения $A \sin \omega t$, то при регистрации колебаний сейсмоприёмником



▲ Рис. 1. Временные разрезы ОГТ, полученные в пределах Бухарской ступени:
а – ЛЧМ – развёртка, без обратной фильтрации; б – ЛЧМ – развёртка с обратной фильтрацией; в – степенная развёртка, без обратной фильтрации.

будут происходить следующие преобразования колебательного процесса:

$$\int_0^t A \sin \omega t \, dt = - (A/\omega) \cos \omega t \quad (1)$$

Т.е. в сейсмоприёмнике равномерный спектр ускорения (силы) уменьшает свои значения пропорционально росту частоты. При этом относительное ослабление высокочастотных гармоник вследствие интегрирования не существенно отличается от искажений сигнала при прохождении геологической среды.

Основные возможности повышения эффективности вибросейсмического метода в условиях Бухарской ступени связаны с применением нелинейных высокочастотных развёрток. Современные системы управления вибросейсми-

ческими комплексами позволяют формировать нелинейные развёртки, для которых мгновенная частота изменяется в соответствии с логарифмической или же степенной функциями. Обе эти развёртки позволяют достаточно эффективно восстанавливать относительный вес высокочастотных гармоник. Однако для степенных развёрток уровень корреляционного фона в зависимости от удаления от главных максимумов корреляционных импульсов характеризуется значениями на 5-15 дБ меньшими по сравнению с аналогичными значениями для логарифмических развёрток [3]. Физические причины более высокого уровня корреляционного фона для логарифмических развёрток по сравнению с интенсивностью фона для степенных развёрток связаны с большей кривизной ампли-

тудного спектра таких развёрток, что фактически приводит к уменьшению эффективной ширины спектра и, как следствие, к повышению интенсивности корреляционного фона.

При проведении вибросейсмических исследований в пределах Бухарской ступени были использованы нелинейные развёртки, для которых мгновенная частота изменялась в соответствие со степенной функцией (2):

$$F(t) = F_H + [(F_K - F_H) \cdot t^n] / T^n, \quad (2)$$

где:

$F(t)$ – текущее значение частоты;

F_H – начальная частота;

F_K – конечное значение частоты;

T – длительность развёртки;

t – текущее время;

n – показатель степени.

При этом изменения зависимости $F(t)$ осуществлялись переключателем N , через который задавался показатель степени n , являющийся одним из основных параметров полевой методики. Однако осмысленный выбор параметра n возможен при условии, если геофизик-методист представляет связь между n и спектральным составом управляющих сигналов. Значения амплитудного спектра вибросейсмических колебаний обратно пропорциональны скорости изменения частоты в развёртке. Поэтому с точностью до постоянного множителя справедливо выражение (3):

$$S_{\text{упр}}(f) = dt/dF = [T(F - F_H)^{1/n - 1}] / n \Delta F^{1/n} = C (F - F_H)^{1/n - 1} \quad (3)$$

где $S_{\text{упр}}(f)$ амплитудный спектр управляющего сигнала;

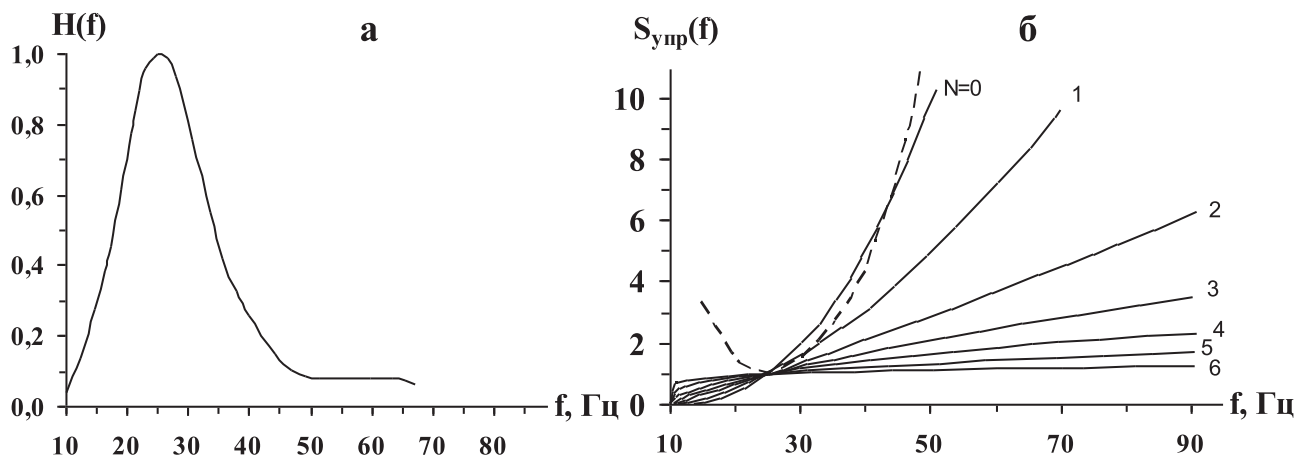
C – постоянная.

Графики $S_{\text{упр}}(f)$ для различных значений n приведены на рис. 2, б. Из рис. 2 можно видеть, что практически полная компенсация частотных искажений

вибросейсмического сигнала происходит при установке переключателя N в позицию «0» ($n = 0,3$). В этом случае график $S_{\text{упр}}(f)$ приближается к функции $1/H(f)$, где $H(f)$ совокупная частотная характеристика геологической среды и системы «вибратор-грунт» для нижнемеловых и верхнеюрских отражений. Однако при таком режиме работы происходило резкое снижение помехоустойчивости вибросейсмического метода в связи со значительным перераспределением энергии колебаний из низкочастотной области в высокочастотную.

Эксперименты показали, что в условиях Бухарской ступени наиболее высокое качество вибросейсмических материалов удаётся получить при $N = 3$ ($n = 0,57$) и $N = 4$ ($n = 0,66$). Такие режимы обеспечивали значительное повышение разрешённости записи при сохранении достаточно высокого отношения сигнал/помеха. На рис. 1, в представлен временной разрез ОГТ, полученный с применением нелинейных степенных развёрток на площади Раимсуфи Бухарской ступени ($N = 3$). В связи с относительно неглубоким залеганием отражающих горизонтов при наблюдениях с использованием нелинейных развёрток было также уменьшено с 50 до 25 м расстояние между пунктами приёма.

Сравнительный анализ разрезов, приведённых на рис. 1, свидетельствует о том, что в условиях Бухарской ступени технология, основанная на применении высокочастотных нелинейных развёрток, обеспечивает существенное повышение информативности сейсмических записей. Так, при использовании нелинейных развёрток в отличие от ЛЧМ-сигналов возможно прослеживание ряда динамически выраженных и разрешённых между собой отражений от границ в меловых и юрских отложениях; надёжно



▲ Рис. 2. Выбор параметров степенных развёрток для условий Бухарской ступени: а – совокупная характеристика $H(f)$ среды и системы вибратор-грунт для верхнеюрских отложений в условиях Бухарской ступени; б – теоретические спектры управляющих степенных развёрток, пунктир – $1/H(f)$; $N = 0$ ($n = 0,3$); $N = 1$ ($n = 0,38$); $N = 2$ ($n = 0,48$); $N = 3$ ($n = 0,57$); $N = 4$ ($n = 0,66$); $N = 5$ ($n = 0,77$); $N = 6$ ($n = 0,89$).

выделяются зоны несогласия между границами в верхнеюрском и нижнемеловом комплексах. При этом временные разрезы, полученные с применением нелинейных развёрток и без обратной фильтрации, характеризовались более высокой разрешённостью по сравнению с записями, полученными с обратной фильтрацией при использовании ЛЧМ-сигналов. Указанное обстоятельство является достаточно принципиальным в связи с тем, что обратная фильтрация приводит к некоторому сглаживанию динамических аномалий, приуроченных к залежам углеводородов. Поэтому многие исследователи справедливо отмечают целесообразность получения для динамического атрибутивного анализа дополнительных временных разрезов без обратной фильтрации [1].

Таким образом, методика вибросейсмических наблюдений с применением высокочастотных нелинейных развёрток позволяет в условиях Бухарской ступени существенно повысить геологическую эффективность сейсмических исследований.

Литература

1. Земцов Е.Е., Шкирман Н.П., Грузер Ф.Л. Методические указания по прогнозированию нефтегазоносности петрографических особенностей геологического разреза локальных объектов на континентальном шельфе. – Краснодар: ВМНПО Союзморгео, 1986. – 214 с.
2. Кострыгин Ю.П., 2014, Вибросейсмический и кодоимпульсный методы сейсмической разведки. Краснодар: Издательство «Просвещение-Юг», 494 с.
3. Кострыгин Ю.П., Удачный М.Н., 212, Сравнительный анализ уровня помех корреляционного преобразования для различных типов вибросейсмических сигналов // Технология сейсморазведки, 3, 83-88.

Подробнее об авторах



Кострыгин
Юрий Петрович
д.т.н., заместитель
генерального директора
по научной работе
ООО «Новоросморгео»



Урмонов
Аскарали Хайдаралиевич
д. г.-м. н.,
Ведущий геолог
АО «Узбекгеофизика»