

Основные направления развития технологии полевых работ наземной сейсморазведки

DOI: 10.24411/2076-6785-2019-10065

М.Б. Шнеерсонд.т.н. профессор
shneer@bk.ruРГУ нефти и газа (НПУ) им. И.М. Губкина,
Москва, Россия

В статье использованы материалы ежегодной конференции SEG-2019, состоявшейся в октябре 2019 г. в Сан-Антонио (США), отражающие современный уровень технологии полевых наземных сейсморазведочных работ и возможные направления их развития.

Материалы и методы

Приведены описания двух полевых наземных съемок, содержания текущих опытных и перспективных исследований, а также полученные в процессе их проведения результаты.

Ключевые слова

наземная сейсморазведка, системы наблюдений, технология полевых работ, нелинейные искажения, вибратор, приемные цифровые системы

В настоящее время поисково-разведочные и сейсморазведочные работы по нефти и газу проводятся, как правило, в районах со сложными сейсмогеологическими и поверхностными условиями при низких исходных отношениях сигнал/помеха, что приводит к необходимости применения сложных, избыточных систем наблюдений и проведения перманентных опытно-методических наблюдений по совершенствованию, оптимизации и развитию технологии полевых работ для повышения их эффективности.

Освещению этих вопросов и посвящена настоящая статья, в которой:

- приведены результаты высокоточной и масштабной съемки 3D, выполненных по плотным системам наблюдений с применением современной технологии работ, позволивших существенно повысить качество материалов;
- показана возможность повышения производительности полевых работ на основе применения кодированных сигналов;

- рассмотрены перспективы применения многокомпонентных (9С) 3D данных, полученных со стандартными и одновременно работающими несколькими источниками колебаний;

- предложен и успешно опробован способ повышения уровня возбуждаемых колебаний за счет улучшения контакта плиты вибратора со средой;

- проанализированы перспективы применения акселерометров при приеме колебаний в наземной сейсморазведке;

- предложен способ снижения уровня нелинейные искажения вибрационных сигналов и рассмотрены особенности технологии работ с 200 000 цифровыми приемными системами.

Высокоточная съемка 3D (пример по сложной структуре на площади Keshen)

Основанием для проведения повторных работ на этой площади послужили отрицательные результаты предыдущих съемок 3D,

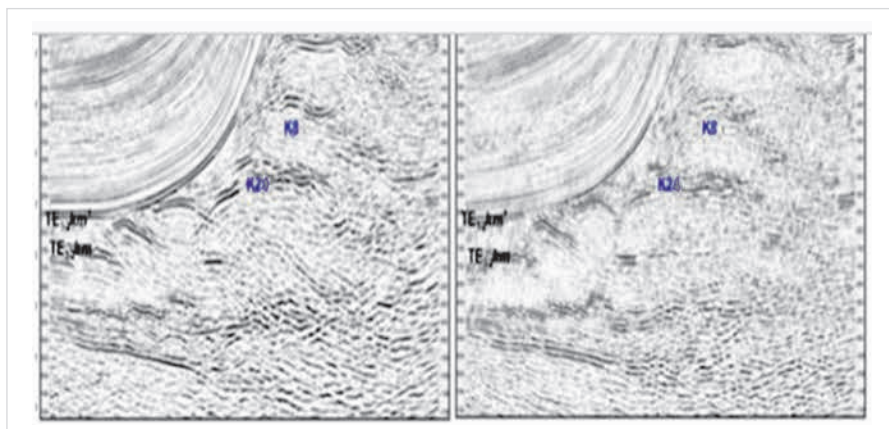


Рис. 1 — Фрагменты временного разреза, полученные по старой (справа) и новой (слева) технологиям

Fig. 1 — Time section fragments obtained by the old (right) and new (left) technologies

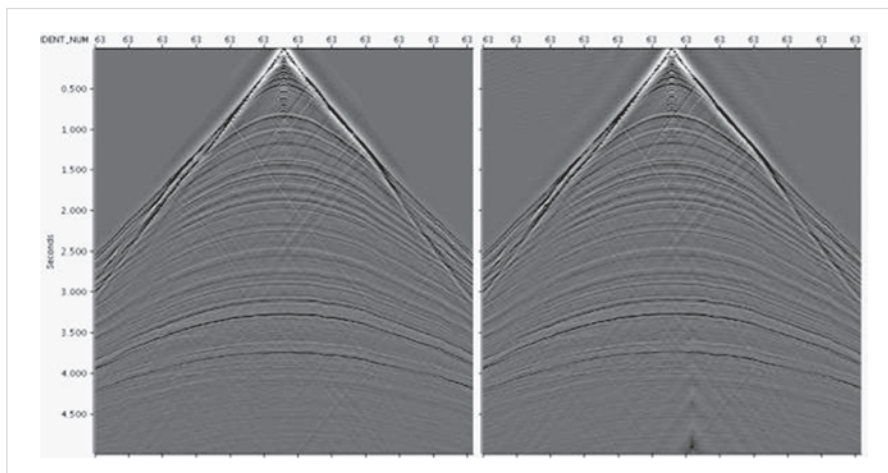


Рис. 2 — Сейсмические записи, полученные по стандартной (справа) и предлагаемой (слева) технологиям

Fig. 2 — Seismic records obtained by standard (right) and proposed (left) technologies

выполненных по стандартной технологии. Низкое отношение сигнал/помеха на исходных записях было обусловлено сложными глубинными условиями, наличием крутопадающих отложений в верхней части разреза и некоторыми другими причинами. Для преодоления этих затруднений было предложено повысить плотность наблюдений до 1,8–3,6 млн трасс/км², уменьшить расстояния между линиями приема и возбуждения до 120 м, использовать бин размером 15х30 м и при работах с вибраторами применить расширенный в сторону низких частот (1,5–84 Гц) свип длительностью 16 с. Кроме того, на участках с повышенным наклоном мелко залегающих отложений отказаться от группирования приборов в поле. Эти изменения технологии полевых работ оказались достаточно эффективными, они привели к существенному повышению качества материалов и возможности прослеживания целевых границ разреза [1]. На рис. 1 изображены фрагменты временных разрезов, полученных по старой (справа) и новой (слева) технологиям.

Масштабные совместные наземные и морские работы в северо-западном районе Эмиратов

В 2017 г. национальная нефтяная компания Abu Dhabi (ADNOC) решила провести временные сейсмические работы во внутренних морских и сухопутных районах Эмиратов в объеме 90000 км² [2]. Наземная съемка предусматривает отработку ортогональной системы наблюдений, состоящей из 62 приемных линий с 200 м интервалом между ними и 496 трассами на каждой из них; и соответствующего числа линий возбуждений (шаг 100 м между линиями и 25 м между пунктами возбуждения).

Обработка системы проводилась по одноточечной технологии с кратностью 1922, бином 12,5х12,5 м и максимальным выносом 6200 м. На особо сложных участках применялась система с кратностью 1844 и бином 6,25х6,25 м для получения качественных, более разрешенных полевых записей. Возбуждение колебаний проводилось 30 одновременно работающими разнесенными на 8 км одиночными вибраторами, генерирующими низкочастотный свип полосой 1,5–120 Гц с повышенным временем излучения в полосе частот от 1,5–5 Гц. Для приема и регистрации колебаний использовалась система Sercel 428, а для возбуждения — вибраторы Nomand 90. Материалы предварительной обработки позволяют рассчитывать на успешное решение поставленных задач.

Одновременные работы в Западном Техасе

Для уменьшения времени на отработку профилей авторами было предложено для вибрационного возбуждения колебаний использовать кодированные, каскадные, разделенные на сегменты сигналы, позволяющие одновременно работать с несколькими (чаще всего четырьмя) вибраторами, но со сдвинутыми фазами излучаемых колебаний, что делает возможным при обработке разделять полученные записи. Способ был модернизирован путем исключения времени слушания между сегментами. При работах был использован свип полосой 2–90 Гц и длительностью 20,5 с при времени слушания 5 с. Эксперимент оказался удачным, что следует из практической идентичности стандартных и разделенных записей (рис. 2), что делает перспективным

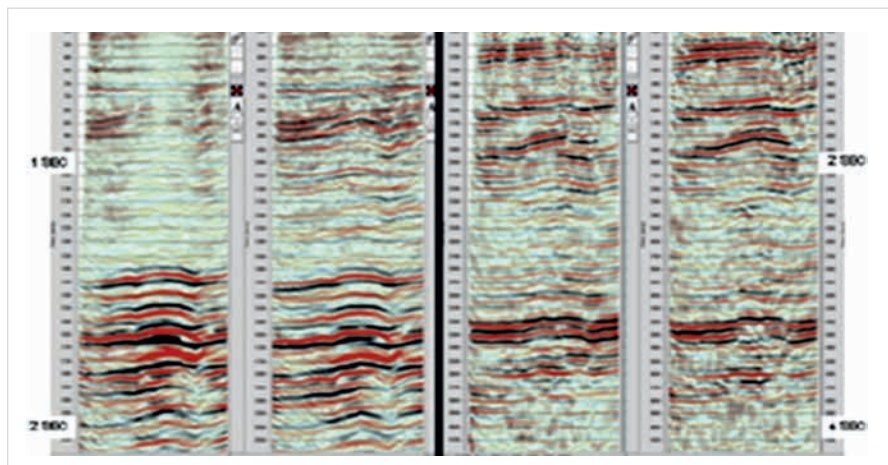


Рис. 3 — Фрагменты временных разрезов по P (1, 2) и S (3, 4) волнам, полученные по стандартной и модернизированной технологиям
Fig. 3 — Time sections fragments along the P (1, 2) and S (3, 4) waves obtained by standard and modernized technologies

практическое применение предложенной технологии полевых наблюдений [3].

Сравнение многокомпонентных (9С) 3D данных, полученных по стандартной и одновременной технологиям

Интерес к этой работе [4] обусловлен обращением к чисто поперечным волнам и желанием довести их до практического применения. С этой целью авторами были рассмотрены и проанализированы материалы по 5 многокомпонентным съемкам с возбуждением и регистрацией P- и S-волн на площади 6 кв. миль в пределах Пермского бассейна Западного Техаса. Полевые наблюдения были проведены по стандартной технологии и технологии «генерирую, когда хочу» (fare at will) и flip/flop для повышения производительности работ. В эксперименте было задействовано 10 продольных и 8 поперечных вибраторов. Продольные волны возбуждались свипами полосой 2–110 Гц и длительностью 16 с, а поперечные — частотой 1–55 Гц и длительностью 16 с, времена слушания были выбраны равными 8 с. Полевые работы были проведены на 22-х трехмильных и 48-ми двухмильных линиях с возбуждением колебаний на ортогональных и линейных линиях. Сравнение временных затрат на производство наблюдений показало, что работы по способу fare at will позволяют в отведенное время

отработать большее число пунктов возбуждения. На рис. 3 приведены фрагменты временных разрезов, полученных по стандартной и модернизированной, более производительной методике, иллюстрирующие их практическую идентичность, что важно для обоснования перспективности многокомпонентных наблюдений в наземной сейсморазведке.

Повышение уровня вибрационных сигналов в пустыне

По материалам экспериментальных работ [5], проведенных в одном из пустынных азиатских районов, показано, что деревянные прокладки, положенные под плиту вибратора, позволяют несколько выровнять амплитудный спектр возбуждаемых колебаний и несколько повысить их уровень. На рис. 4 приведены амплитудные спектры волн на мягком грунте с прокладками и без них.

Сейсмические сигналы ускорения при работах на суше

На основании материалов экспериментальных и тестовых работ [6] авторы отдают предпочтение акселерометрам при регистрации волн в наземной сейсморазведке и отмечают их следующие преимущества:

1. Сигналы ускорения позволяют лучше отражать изменения физических свойств

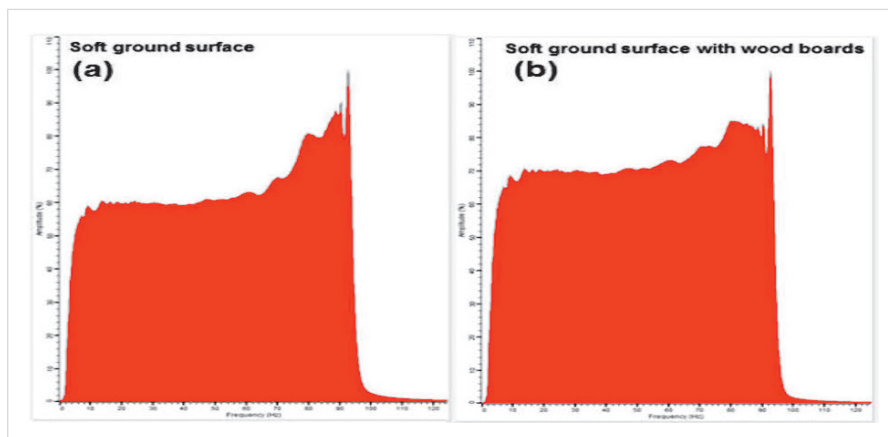


Рис. 4 — Амплитудные спектры волн на мягком грунте с прокладками (b) и без них (a)
Fig. 4 — Amplitude spectra on soft ground surface: with wood boards (b), no wood boards (a)

среды, и они подходят больше, чем приемники по скорости, при работах в сложных средах из-за их большей точности и чувствительности.

2. Сигналы ускорения делают возможным обнаружение и выявление небольших искажений принимаемых сигналов, обладают меньшими погрешностями на высоких частотах и большей разрешающей способностью, чем сигналы скорости.
3. Акселерометрия Р-волн делает возможным более точное выделение изменений модуля Юнга.

Нелинейные искажения вибрационных сигналов

Уровень нелинейных искажений вибрационных сигналов определяется конструкцией вибратора, системой управления источниками, физико-механическими параметрами грунта и его поведением под нагрузкой. Они особенно велики на низких частотах. Предложенный способ снижения интенсивности гармоник [7] основан на предсказании их величины, расчете сигнала обратной связи и введении его с противоположным знаком в систему управления вибратора, что и приводит к уменьшению интенсивности гармоник. На рис. 5 приведены экспериментальные материалы, иллюстрирующие эффективность предлагаемого способа ослабления гармоник. Отмечается, что система проста в управлении и не требует калибровки канала и дополнительных механических компонентов.

Сравнение двух различных близко расположенных прямо-регистрирующих полевых систем

Весной 2018 г. в Техасе на профиле протяженностью 4,2 мили были опробованы две автономные приемные системы, сейсмоприемники которых располагались на расстоянии 42 см друг от друга с целью анализа и сопоставления зарегистрированных записей [8]. Для получения объективных данных параметры систем наблюдений, приема и обработки были выбраны идентичными. Анализ полученных материалов предусматривал визуальное сопоставление полученных записей, сравнение спектров зарегистрированных волн, оценку их временных и фазовых различий, проверку и сопоставление структурных построений. В результате сопоставления была показана практическая идентичность полученных результатов. Однако по стоимости системы существенно отличаются, что и будет определять лучшие перспективы более дешевой при съемках 3D.

Технология работ с 200 000 цифровыми системами в западном Кувейте

Район проведения полевых работ представлял собой пустыню с плоским рельефом, твердым грунтом и широким развитием песчаных образований. Технология работ [9] предусматривала использование 230 тыс. цифровых датчиков, 115 200 живых каналов, двух комплектов приемного оборудования G3I HD и 24 вибраторов Jnova 380. Система наблюдений состояла из 120 линий возбуждений с 16 ПВ на каждой. Была применена система контроля LSAM (Large spread Automatic Management), позволяющая за 7 с проанализировать 200 000 каналов. Работы были проведены за 2 месяца в режиме flip/flop с производительностью 4000 в день при хорошем качестве полученных записей.

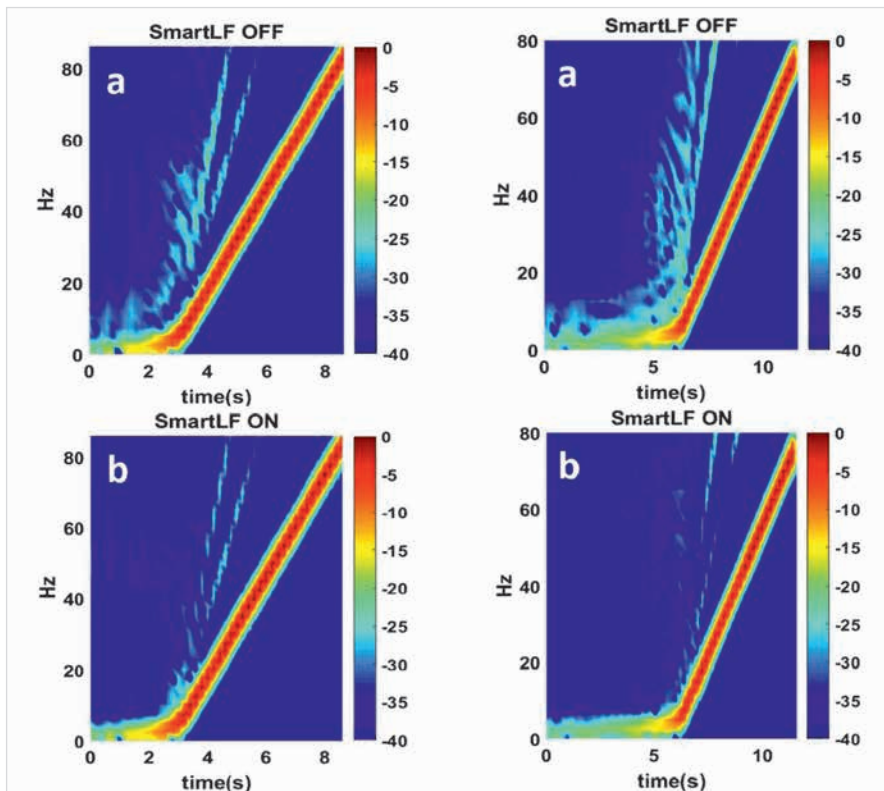


Рис. 5 — Пример работы способа подавления гармоник: красная линия — основной сигнал; синее облако — гармоники, а — без подавления гармоник; б — с подавлением гармоник
Fig. 5 — Work example of the suppressing harmonics method: red line — main signal; blue cloud — harmonics, a — without harmonics suppression; b — with harmonics suppression

Итоги

Высокоплотные системы наблюдений 3D в сочетании с широкополосным возбуждением колебаний являются эффективным средством получения качественных полевых материалов в районах со сложными сейсмогеологическими условиями. Опробованные направления развития технологии полевых работ оказались достаточно успешными, что обосновывает перспективы их практического применения для повышения эффективности и производительности полевых сейсморазведочных работ.

Выводы

Обзор основных направлений развития технологии полевых работ наземной сейсморазведки показал следующее:

- эффективность высокоплотных, широкополосных полевых систем наблюдений 3D в районах с низким исходным отношением сигнал/помех;
- перспективы развития и совершенствования технологии полевых вибросейсмических работ связаны с повышением их производительности, многокомпонентным возбуждением приемом и регистрацией колебаний, оптимизацией условий генерирования и приема волн и снижением уровня помех.

Литература

1. Z. Xu, L. Xinwen, K. Dezheng, D. Jiangwei, F. Jing. A high-precision 3D acquisition case for the complex structures in Keshen Area. Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
2. G. Cambois, S. Al Mesaabi, G.A. Casson, J. Cowell, M. Mahgoub, A. Al Kobaisi. The world's largest continuous 3D onshore and offshore seismic survey sets ambitious

quality and turnaround targets. Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.

3. N. Moldoveanu, J.-R. Szescila, J. Quigley, E. Rosso, V. Sudhakar, P. Jones. Simultaneous vibroseis acquisition in West Texas: a premier survey. Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
4. J.W. Thomas, T. Phillips, K. Werth, C. Lindsey. A Comparison of 3D Multi-Component (9C) Data Image Volumes Acquired with Conventional and Simultaneous Source Techniques (KWP Phase II). Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
5. Z. Wei, Y. Qi, C. Duan, P. Liu. Improving Vibroseis transmitted signal in desert areas. Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
6. Z. Huaiban, L. Luming, Z. Guangde, C. Guobin, Z. Bohan, C. Wujin, C. Ruguo. Seismic Acceleration Signal Theory and Application Onshore. Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
7. G. Ollivrin, N. Tellier. Smart LF for robust and straightforward reduction of low-frequency distortion Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
8. S.K. Chiu, P. Eick, B. Erickson. Evaluation of two co-located autonomous recording systems. Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
9. Z. Guo, H. Ning, H. Fan, L. Zhang, Q. Li. Acquisition Technology of over 200 000-channel Full-digital System (Application in West Kuwait Land 3D). Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.

Basis survey directions of developments in onshore seismic acquisition

Author

Mikhail B. Shneerson — Sc.D., professor; shneer@bk.ru

Gubkin University (National University of Oil and Gas), Moscow, Russian Federation

Abstract

New seismic onshore acquisition is led in regions with low signal/obstacle ratio. In this conditions it is necessary to use complex field 3D systems and conduct special experiments to receive good field materials. Some of this questions are discussed in the article with showing the results of experiments.

Materials and methods

Description of methodical and results of

application two 3D onshore high density acquisitions technology and special experiments to optimization onshore seismic technology.

Keywords

onshore shooting, acquisition, productivity, vibrator, distortion, bin, experiment, digital system

Results

High density wide frequency 3D field

systems are very effective in regions with low signal/obstacle ratio. The new onshore seismic technologies are described in the article.

Conclusions

Review of publications revealed next points: — advantage of new onshore acquisitions; — importance and necessity conducting of special field experiments in onshore acquisition.

References

1. Z. Xu, L. Xinwen, K. Dezheng, D. Jiangei, F. Jing. A high-precision 3D acquisition case for the complex structures in Keshen Area. Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
2. G. Cambois, S. Al Mesaabi, G.A. Casson, J. Cowell, M. Mahgoub, A. Al Kobaisi. The world's largest continuous 3D onshore and offshore seismic survey sets ambitious quality and turnaround targets. Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
3. N. Moldoveanu, J.-R. Szescila, J. Quigley, E. Rosso, V. Sudhakar, P. Jones. Simultaneous vibroseis acquisition in West Texas: a premier survey. Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
4. J.W. Thomas, T. Phillips, K. Werth, C. Lindsey. A Comparison of 3D Multi-Component (9C) Data Image Volumes Acquired with Conventional and Simultaneous Source Techniques (KWP Phase II). Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
5. Z. Wei, Y. Qi, C. Duan, P. Liu. Improving Vibroseis transmitted signal in desert areas. Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
6. Z. Huaiban, L. Luming, Z. Guangde, C. Guobin, Z. Bohan, C. Wujin, C. Ruguo. Seismic Acceleration Signal Theory and Application Onshore. Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
7. G. Ollivrin, N. Tellier. Smart LF for robust and straightforward reduction of low-frequency distortion Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
8. S.K. Chiu, P. Eick, B. Erickson. Evaluation of two co-located autonomous recording systems. Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.
9. Z. Guo, H.Ning, H.Fan, L.Zhang, Q. Li. Acquisition Technology of over 200 000-channel Full-digital System (Application in West Kuwait Land 3D). Expanded Abstracts, SEG International 89th Annual meeting, 2019.

neftegaz.gubkin.ru

#НЕФТЬИГАЗ2020

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

2020
20-24
АПРЕЛЯ

#OilAndGAS2020



МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
НЕФТЬ И ГАЗ 2020



INTERNATIONAL YOUTH
SCIENTIFIC CONFERENCE
OIL AND GAS 2020

