

Современные полевые технологии наземной сейсморазведки

DOI: 10.24411/2076-6785-2019-10032

М.Б. Шнеерсон

д.т.н. профессор

shneer@bk.ru

РГГРУ (НПУ), Москва, Россия

Полевые технологии наземной сейсморазведки — это комплекс методических и технологических приемов и средств, обеспечивающий проведение сейсморазведочных работ в различных сейсмогеологических условиях. В настоящее время, в связи с усложнением решаемых задач и условий проведения работ, а также возросших требований к полноте и качеству получаемых материалов, применяемые технологические приемы и средства должны обеспечивать:

- **качество и надежность выделения и прослеживания целевых волн;**
- **точность и детальность освещения объектов изучения и разведки;**
- **широкий спектральный состав возбуждаемых и регистрируемых волн;**
- **высокую производительность работ.**

Материалы и методы

Описание современных технологических и методических приемов и средств, обеспечивающих качество и достоверность получаемых материалов, повышение производительности полевых работ, расширение спектрального состава возбуждаемых и регистрируемых волн, а также изложение результатов их опробования и применения в наземной сейсморазведке.

Ключевые слова

наземная сейсморазведка, источники и приемники колебаний, кратность и системы наблюдений, расстояния между пунктами возбуждения и приема волн, бин, смешение, разделение

Способы и пути решения этих задач, а также результаты их опробования и применения регулярно освещаются в геофизических журналах и материалах ежегодных геофизических симпозиумов и конференций [2, 4, 6]. Рассмотрению, анализу и обобщению этих материалов, которые представляют несомненный интерес для широкого круга отечественных геофизиков-разведчиков в научном и методическом планах, и посвящена настоящая статья.

Качество и надежность выделения и прослеживания целевых волн

Качество целевых волн и надежность их выделения и прослеживания определяются отношением сигнал/помеха, величина которого зависит от кратности наблюдений и степени подавления помех различной природы. В практике современной сейсморазведки основное внимание уделяется повышению кратности наблюдений, которое повсеместно приводит к положительным результатам и которое является устойчивой тенденцией развития технологии работ. Это направление получило широкое практическое применение и освещение в зарубежных и отечественных публикациях. В качестве примера, на рис. 1 приведены разрезы, иллюстрирующие существенное повышение достоверности и качества изображений при значительном увеличении кратности наблюдений. Основываясь на существующих материалах, можно с уверенностью утверждать, что кратность наблюдений будет повышаться и далее.

Точность и детальность освещения объектов изучения и разведки

В сейсморазведке 3D изображения складываются из отдельных элементарных отражающих площадок — бинов, размеры которых и расстояния, между которыми определяют точность и детальность отображаемых, разведываемых объектов. Уменьшение размеров целевых объектов и повышение требований к точности и детальности их отображения стали объективными причинами перехода на «плотные» и «сверхплотные» системы наблюдений с уменьшенными расстояниями между линиями возбуждения и приема до 100–150 м и пунктами возбуждения и приема до 6–12 м и плотностью до ~ 100 млн трасс на 1 км². Практика применения таких систем наблюдений показала их эффективность и возможность повышения точности и достоверности получаемых изображений среды. На рис. 2 приведен наглядный пример значительного повышения информативности разреза, полученного по сверхплотной системе наблюдений.

Широкий спектральный состав возбуждаемых и регистрируемых волн

Расширение спектрального состава возбуждаемых и регистрируемых волн является одним из необходимых условий повышения эффективности наземной сейсморазведки. Поэтому одним из требований к современной технологии наземных полевых работ является обеспечение

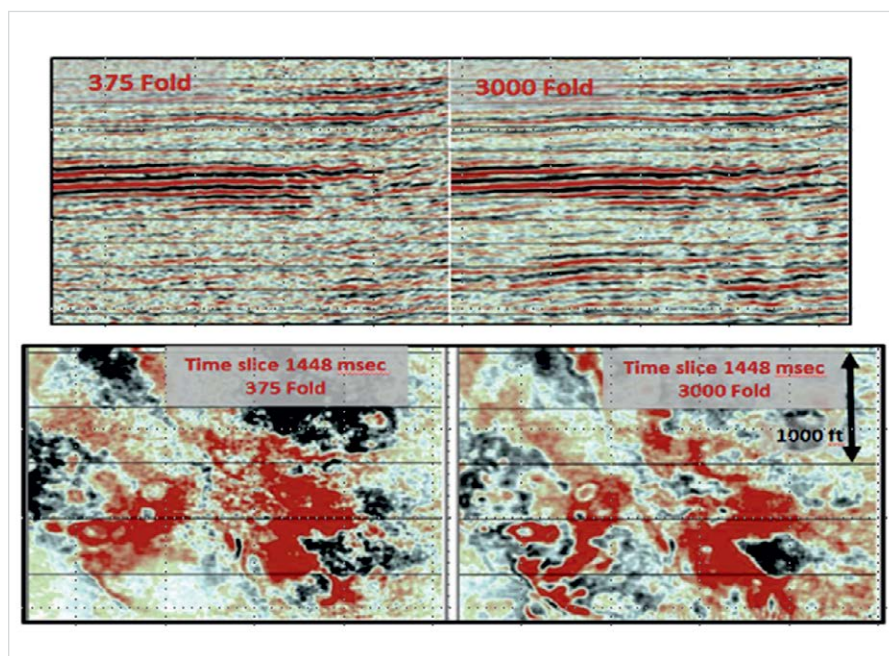


Рис. 1 — Повышение достоверности и качества изображений при увеличении кратности с 375 (слева) до 3000 (справа)

Fig. 1 — Increasing veracity and quality with fold increasing from 375 (the left) to 3000 (the right)

широкополосного возбуждения и приема колебаний.

Пути решения этой задачи различны во взрывной и вибрационной сейсморазведках.

Взрывная, импульсная сейсморазведка:

- проведение опытно-методических работ по выбору оптимальных параметров возбуждения колебаний (масса заряда и глубина его заложения, величина силового импульса при невзрывном возбуждении);

- выбор системы наблюдений, обеспечивающей разделение целевых волн и волн – помех;

- переход на прием и регистрацию волн одиночными приемниками.

Вибрационная сейсморазведка:

- опробование и применение новых технологических схем по выбору параметров свипа, основанных на уменьшении его минимальной частоты до 1,5–3,0 Гц и увеличении времени работы вибратора в необходимых частотных диапазонах в областях низких и высоких частот [12] (рис. 3);

- переход на возбуждение и прием колебаний одиночными источниками и приемниками колебаний без полевого накопления воздействий (отказ от применения полевых интерференционных систем и синхронного накопления воздействий, рис. 4);

- оптимизация систем наблюдений для повышения плотности наблюдений и разделения областей регистрации полезных и мешающих волн.

Высокая производительность работ

Повышение производительности полевых работ было и остается одним из актуальных направлений развития современной технологии наземной сейсморазведки, без которого невозможно эффективное применение новых технологических систем и средств, определяющих их практическую целесообразность. Возможно два пути решения этой задачи: - увеличение числа одновременно работающих источников колебаний на одну расстановку приемных систем; - одновременная работа нескольких излучателей, но с определенными фиксируемыми различиями параметров возбуждаемых колебаний и рас положения их на местности, которые используются в последующем для разделения полученных записей по пунктам возбуждения. Каждое из них применяется на практике и имеет свои преимущества и ограничения.

Рассмотрим их отдельно для импульсного и вибрационного возбуждения колебаний.

Импульсное возбуждение

В импульсной сейсморазведке практическое применение получили следующие способы повышения производительности полевых работ:

- увеличение числа последовательно работающих взрывных бригад на одну расстановку сейсмоприемников, что позволяет уменьшить время между воздействиями;

- одновременная работа нескольких пунктов возбуждения, расстояния между которыми выбираются из условия не перекрытия областей прослеживания целевых волн;

- одновременная работа нескольких

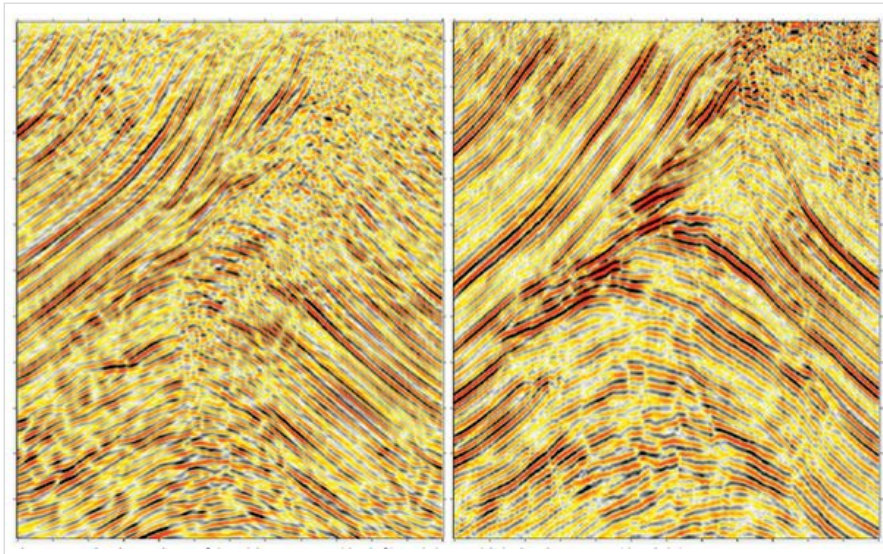


Рис. 2 — Сравнение результатов стандартной съемки (слева) и сверхплотной (справа)
Fig. 2 — Comparison of seismic sections of the old 3D survey (the left) and the 3D high density survey (the right)

пунктов возбуждения при съемках 3D и 4D с регистрацией их координат и времен возбуждения колебаний с последующим разделением волн на этапе обработки записей.

Вибрационное возбуждение

В вибрационной сейсморазведке имеются дополнительные значительные возможности повышения производительности работ, основанные на использовании различий временных, частотных и фазовых параметров свипов, позволяющих на этапе корреляции разделять исходные, смешанные записи. Практическое применение получили следующие способы повышения производительности полевых работ.

Разновременное возбуждение колебаний

- «скользящий свип или slip-sweep».

Способ предусматривает работу на одну приемную расстановку приборов двух и более групп источников, расположенных на одном или разных пунктах возбуждения, но с определенными, заданными временными задержками. Возбуждаемые колебания принимаются и регистрируются в памяти большого объема. При обработке суммарная виброграмма последовательно коррелируется с использованным управляющим сигналом, но каждый раз с известными временными сдвигами, соответствующими временам излучения данного управляющего сигнала, что и позволяет разделить записи и получить коррелограммы с каждого пункта возбуждения. Технология «скользящего свипа» получила применение при съемках 3D в пустынных районах ближнего Востока и в некоторых районах России.

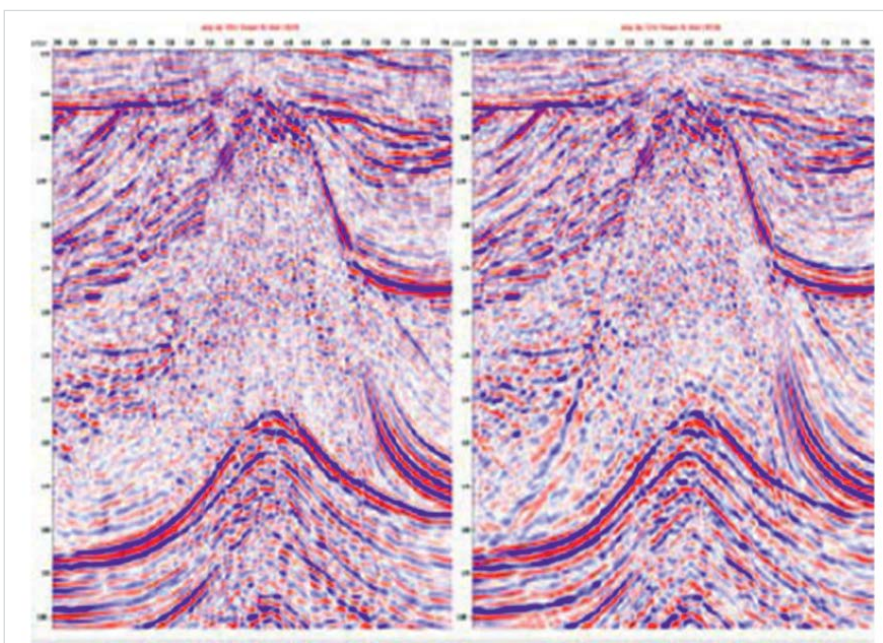


Рис. 3 — Пример более четкого прослеживания отражающих горизонтов при частотных диапазонах свипов 6–96 Гц (слева) и 1,5–96 Гц (справа)
Fig. 3 — Sections: frequency 6–96 Hz (the left), frequency 1,5–96 Hz (the right)

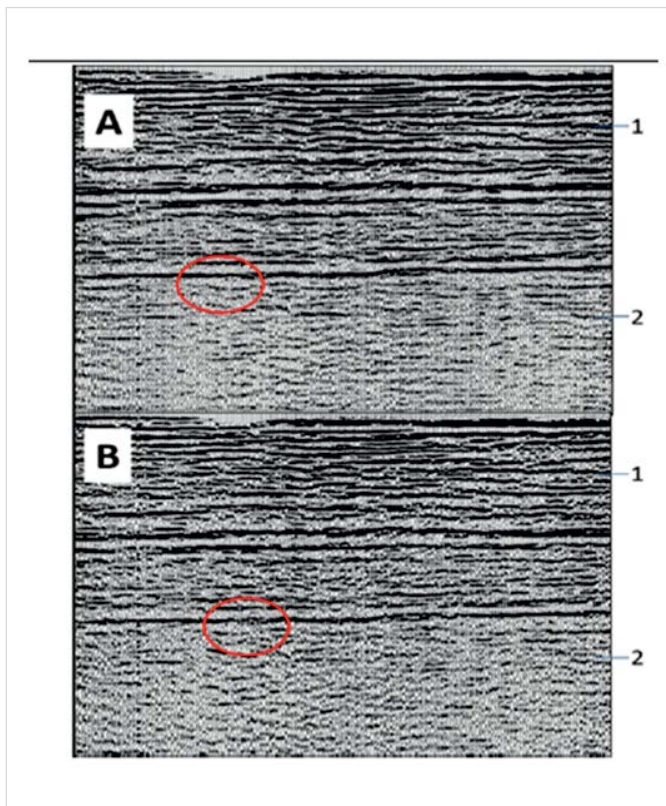


Рис. 4 — Пример регистрации волн группой (А) и одиночными сейсмоприемниками (В) сейсмоприемниками, чтобы сохранить в спектре высокие частоты
 Fig. 4 — Example of registration seismic waves with geophones array (A) and single geophones (B)

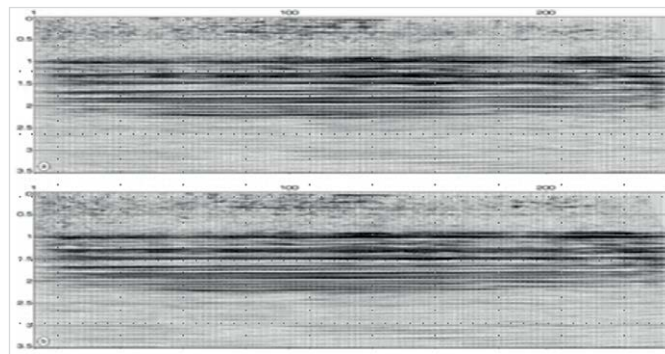


Рис. 5 — Практическая идентичность фрагментов временных разрезов, полученных с одним свипом длительностью 48 с (верх) и с накоплением 6 свипов по 8 с каждый (низ)
 Fig. 5 — Identity time sections with one sweep 48 sec duration (up) and array of 6 sweeps 8 sec duration (down)

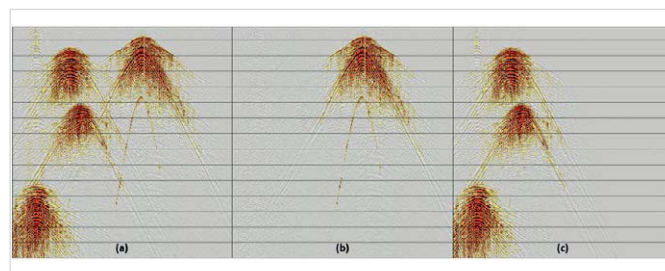


Рис. 6 — Пример разделения смешанных записей: а — суммарная запись с четырех пунктов возбуждения; б — выделенная запись от одного из пунктов возбуждения; в — разность «а» и «б»
 Fig. 6 — Example of deblending seismic waves: a — blended waves from four vibration points; b — blended; c — a minus b

Исключение времени слушания между посылками излучаемых колебаний

Эта технология основана на непрерывном излучении и регистрации заданной серии идентичных по частоте и длительности фазокодированных управляющих сигналов, что позволяет в последующем разделять записи.

Применение длительных управляющих сигналов (40 и более с.)

Применение этого способа повышения производительности работ основано на том, что синхронное накопление воздействий и кратное увеличение длительности управляющих сигналов в одинаковой степени повышают отношение сигнал/помеха. Это и позволяет заменить накопление сигналов увеличением длительности свипов [3]. На рис. 5 приведены фрагменты временных разрезов, полученных с одним протяженным и накоплением шести коротких свипов, иллюстрирующих это направление работ.

Независимое одновременное вибрирование

В основе этой технологии работ лежит предположение о том, что при одновременной работе нескольких разнесенных по площади вибрационных источников с произвольными, но известными параметрами управляющих сигналов, суммарное регистрируемое волновое поле будет носить нерегулярный характер. При этом, если известно время начала работы данного вибратора и параметры

управляющего сигнала, то корреляционная обработка сигналов позволяет выделить колебания, соответствующие этому вибратору. И так для каждого пункта возбуждения. Эта технология сначала была опробована при съемках 3D в Алжире, а затем успешно применена при широкомасштабных работах в сопредельных районах.

Смешанная, совмещенная технология полевых сейсморазведочных работ

Стремление существенного повышения производительности полевых работ, а также степени их автоматизации привели к созданию смешанной, совмещенной технологии (blended acquisition), теоретические и методические основы которой освещены в работах [5, 7]. Она предусматривает одновременную работу на площади съемки большого числа источников с одинаковыми или разными параметрами излучаемых колебаний. Применительно к вибрационной сейсморазведке — это могут быть работы с широкополосными или узкополосными различающимися по центральному частотам управляющими сигналами, перекрывающими желаемый диапазон частот. Т.е. источники не должны быть одинаковыми, а при вибрационном возбуждении широкополосными. Наоборот, предпочтение отдается узкополосным вибраторам, но с оптимизированными параметрами. Отмечается, что такой подход позволяет упростить конструкцию вибраторов, ориентированных на возбуждение

узкополосных колебаний с различными средними частотами. Необходимым условием смешанной технологии является то, что суммарное волновое поле от когерентных источников должно обладать требуемыми временными и спектральными характеристиками в каждой точке подземного пространства. Отмечается, что чем больше действующих на площади источников, тем выше уровень излучаемых колебаний и больше отношение сигнал/нерегулярная помеха. На рис. 6 приведен пример разделения смешанных записей и выделения требуемой информации на этапе обработки материалов, что позволяет существенно повысить производительность полевых работ.

Итоги

Современные технологии наземной сейсморазведки, в целом, отвечают современным требованиям по ведению полевых работ в различных сейсмогеологических условиях и позволяют получать качественные и достоверные исходные материалы в широкой полосе частот и с высокой производительностью. В статье по материалам зарубежных публикаций приведено описание новых технологических схем наземных сейсморазведочных работ и результатов их опробования и применения.

Выводы

Обзор публикаций по новым технологическим схемам ведения наземных сейсморазведочных работ показал следующее:

— преимущества новых технологических схем при проведении работ в различных сейсмогеологических условиях;
 — повышение качества и достоверности получаемых материалов за счет существенного увеличения кратности и плотности наблюдений;
 — повышение производительности работ;
 — перспективы развития технологии наземной сейсморазведки связаны с дальнейшим повышением кратности и плотности наблюдений, а также производительности работ.

Литература

1. Meunier J. Seismic acquisition from yesterday to tomorrow, 2011, Tulsa, SEG.
2. X. Zhao, X. Wang, R. Zhang, C. Tang, Z. Wang. Land broadband seismic exploration based on adaptive vibroseis. Expanded abstracts, SEG International 86th Annual meeting, 2016.
3. A. Zhukov, I. Korotkov, E. Sidenko, I. Nekrasov, P. Gridin, T. Galikeev. Simultaneous pseudo-random shuffle sweep generation and increased seismic acquisition productivity. Expanded abstracts, SEG International 87th Annual meeting, 2017.
4. N. Yudong, Z. Tianjiu, C. Hongtao, L. Yangsheng, L. Zhejian. Application of low frequency, high trace density and wide azimuth 3D seismic acquisition method in Block TZ, Caspian Basin. SEG Expanded abstracts, International 87th Annual meeting, 2017.
5. Wu. Yonggou, W. Biao, Y. Wuhai. High density wide line acquisition technology and its application at Nyima basin, Tibet, China. Expanded abstracts, SEG International 87 Annual meeting, 2017.
6. D. McCarthy, A. Berhaud, S. Mahrooqi, D. Henin, J. Shorter. The benefits of simultaneous shooting on land for improved productivity and enhanced data quality through dense source sampling. EAGE Conference, Expanded abstracts, Paris, 2017.
7. A.H. El-Emam, A. Al-Eldan, K. Shams Al-Deen. Single-sensor technology — a story of success from Kuwait. 74th EAGE Conferece, Extended Abstract.
8. Berkhou A.J. Blended acquisition with dispersed source arrays, Geophysics, 2012, vol. 77, issue 4.
9. G. Berkhou, G. Blacquiére, E. Verschuur. The end of unblended acquisition. 75th EAGE Conference, 2013, workshop.
10. M. Guilloent, A. Berthaud, T. Bianchi, G. Pignot, S. Mahrooqi, J. Shorter. Recovery of blended — a sparse coding approach for seismic acquisition. EAGE Conference, Expanded abstracts, Paris, 2017.
11. C. Wang, Z. Tao, S. Guo, Z. Deng, R. Zhang, Y. li. Case study the application of low-frequency vibrator in 3D seismic re-survey for sub-salt targets in Kazakhstan. EAGE Conference, Expanded abstracts, Vena, 2016.

ENGLISH

GEOPHYSICS

UDC 550.3

Modern onshore seismic acquisition

Author

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

RSGGY, Moscow, Russian Federation

Abstract

Onshore seismic technology is a complex of methods that ensure seismic prospecting in different geological conditions with receiving good materials with good accuracy, wide wave frequency and high productivity.

Materials and methods

Description of new onshore shooting and results of their testing and application, that

ensure to receive good materials, wide wave frequencies and high productivity.

Keywords

onshore shooting, acquisition, productivity, seismic source, receivers, observation system, offset, pattern, fold, bin, blending, deblending

Results

New onshore shooting systems lighten to

leading modern land seismic systems, raise productivity, help to suppression some kind of seismic noise and orient in the direction of modern field systems. The new land seismic technologies are described in the article.

Conclusions

Review of publications about new onshore seismic technologies scheme revealed next points:

- advantage new onshore acquisitions;
- raise the productivity shooting.

References

1. Meunier J. Seismic acquisition from yesterday to tomorrow, 2011, Tulsa, SEG.
2. X. Zhao, X. Wang, R. Zhang, C. Tang, Z. Wang. Land broadband seismic exploration based on adaptive vibroseis. Expanded abstracts, SEG International 86th Annual meeting, 2016.
3. A. Zhukov, I. Korotkov, E. Sidenko, I. Nekrasov, P. Gridin, T. Galikeev. Simultaneous pseudo-random shuffle sweep generation and increased seismic acquisition productivity. Expanded abstracts, SEG International 87th Annual meeting, 2017.
4. N. Yudong, Z. Tianjiu, C. Hongtao, L. Yangsheng, L. Zhejian. Application of low frequency, high trace density and wide azimuth 3D seismic acquisition method in Block TZ, Caspian Basin. SEG Expanded abstracts, International 87th Annual meeting, 2017.
5. Wu. Yonggou, W. Biao, Y. Wuhai. High density wide line acquisition technology and its application at Nyima basin, Tibet, China. Expanded abstracts, SEG International 87 Annual meeting, 2017.
6. D. McCarthy, A. Berhaud, S. Mahrooqi, D. Henin, J. Shorter. The benefits of simultaneous shooting on land for improved productivity and enhanced data quality through dense source sampling. EAGE Conference, Expanded abstracts, Paris, 2017.
7. A.H. El-Emam, A. Al-Eldan, K. Shams Al-Deen. Single-sensor technology — a story of success from Kuwait. 74th EAGE Conferece, Extended Abstract.
8. Berkhou A.J. Blended acquisition with dispersed source arrays, Geophysics, 2012, vol. 77, issue 4.
9. G. Berkhou, G. Blacquiére, E. Verschuur. The end of unblended acquisition. 75th EAGE Conference, 2013, workshop.
10. M. Guilloent, A. Berthaud, T. Bianchi, G. Pignot, S. Mahrooqi, J. Shorter. Recovery of blended — a sparse coding approach for seismic acquisition. EAGE Conference, Expanded abstracts, Paris, 2017.
11. C. Wang, Z. Tao, S. Guo, Z. Deng, R. Zhang, Y. li. Case study the application of low-frequency vibrator in 3D seismic re-survey for sub-salt targets in Kazakhstan. EAGE Conference, Expanded abstracts, Vena, 2016.