

Импульсное возбуждение в движении: реальные достижения или «бег на месте»?

■ Камалтдинов Р.Р., Зозуля В.А., ООО «ТСКГ», г. Тюмень.

■ Гладилов Д.В., Ошкин А.Н., Турчков А.М., ООО «Соника», г. Санкт-Петербург.

В настоящее время сейсморазведочные работы все чаще осуществляются на фоне развитой нефтегазовой инфраструктуры и в пределах населённых пунктов, а также в условиях сложного рельефа и орогидрографии, что создает множество трудностей. Однако это не единственная проблема, с которой сталкиваются специалисты в этой области. Ограниченные сроки выполнения работ также составляют серьёзный вызов. В последние 10-15 лет продолжительность полевого сезона в северных регионах заметно уменьшилась, что обуславливает необходимость интеграции как нового оборудования, так и современных технологий для снижения рисков невыполнения задач.

Одной из таких инновационных технологий стало использование импульсных источников сейсмических сигналов в движении, основанное на одиночных ударах и сокращении расстояния между пунктами взрыва до 5-7 метров. Эта методика значительно увеличивает производительность работ, позволяя

проводить исследования в большинстве эксклюзивных зон.

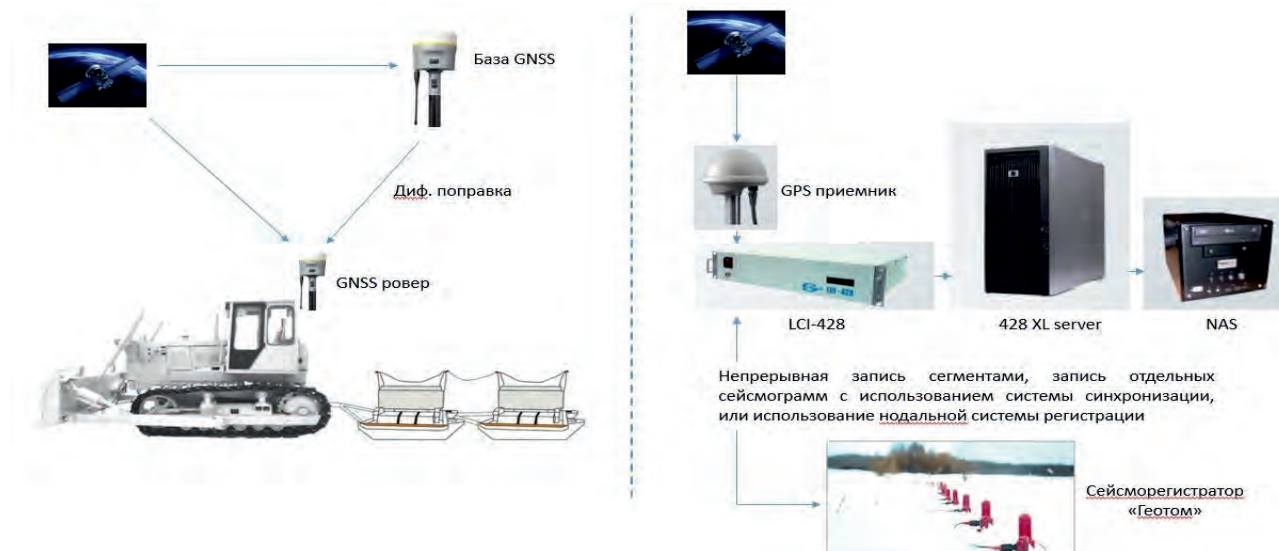
Из истории вопроса

Импульсный источник стал важной частью арсенала сейсмических технологий и активно применяется на протяжении последних нескольких десятилетий. Он используется как альтернатива другим видам источников в условиях, когда их использование невозможно, так и в комбинации с ними в различных специальных зонах.

Архитектура работ в движении (рис.1), следующая:

1. На трактор, буксирующий группу из 2-х источников, устанавливается GNSS ровер, который записывает данные позиционирования (х, у и высота), а также GPS время.

2. Для записи полевого материала могут использоваться как кабельные системы, так и бескабельные. В случае использования кабельной системы на сейсмостанции устанавливается GPS приемник для записи времени с целью



▲ Рис. 1. Архитектура работ импульсным источником в движении.



▲ Рис. 2. Группа из 2-х источников «Енисей СЭМ-50» в работе.

дальнейшей синхронизации полевых данных с данными позиционирования и времени срабатывания источников. В случае использования нодальных систем все данные автоматически регистрируются полевыми блоками.

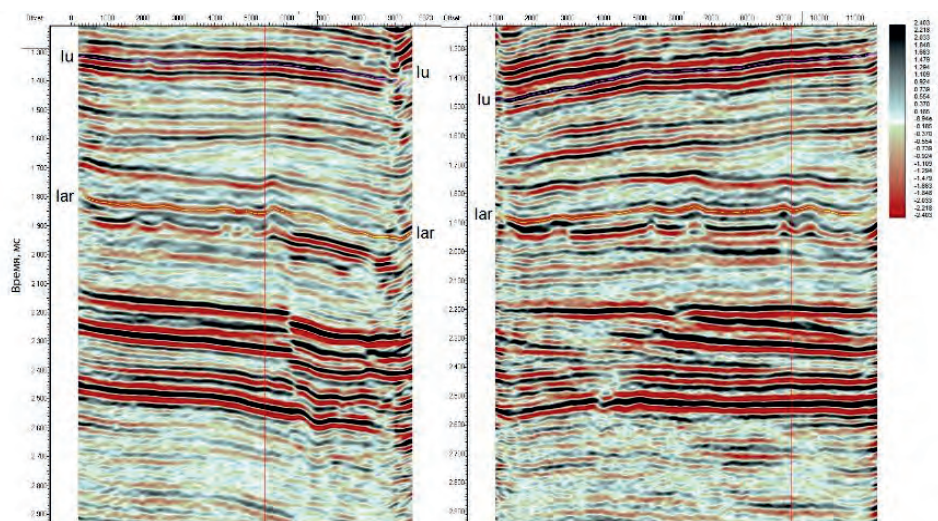
Технология несколько лет отработывалась, проводились различные опытно-методические работы с целью выбора оптимальных параметров использования оборудования.

В 2021 г. компания «Соника» провела первые производственные работы на территории республики Коми. Были проведены сейсморазведочные работы

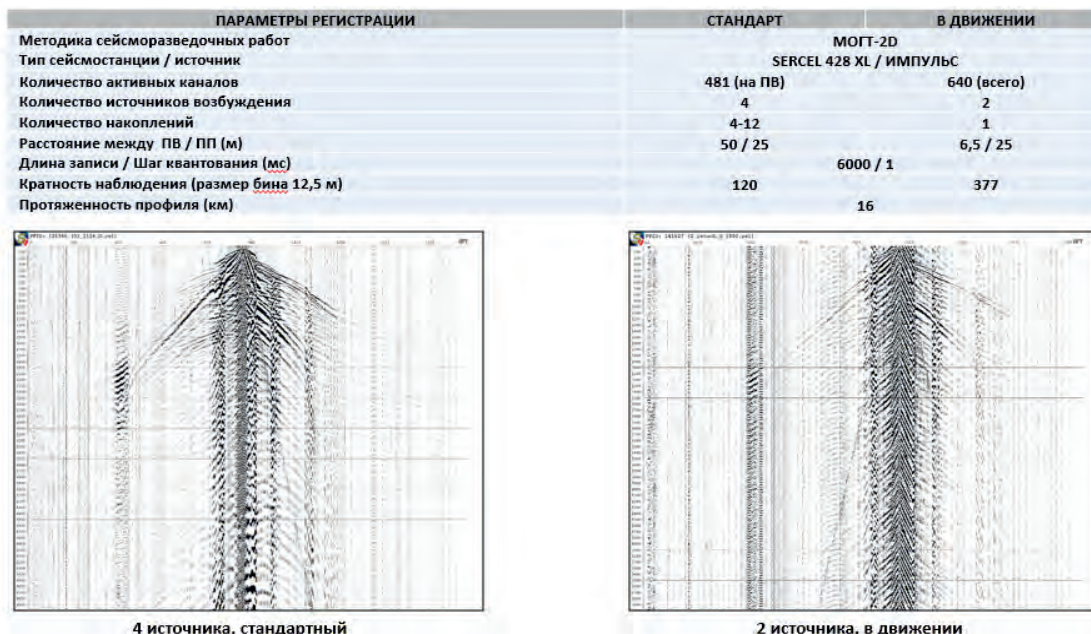
МОГТ-3D на участке площадью 100 кв.км. На рисунке 2 показана группа из 2-х импульсных источников «Енисей СЭМ-50», использовавшихся на проекте.

Практические аспекты работы компании ТСГК с возбуждением сигнала в движении

ООО «ТСГК» в том же полевом сезоне провела опытно-методические работы по применению данной технологии в республике Саха (Якутия) с использованием кабельной регистрирующей системы и группы из 2-х источников ЭМИ-100, буксируемых трактором.



◀ Рис. 3. Глубинность исследований в приполярных районах Европейского Севера превысила 7 км.



4 источника, стандартный

2 источника, в движении

▲ Рис. 4. Параметры регистрации и первичные сейсмограммы ОМР, республика Саха.

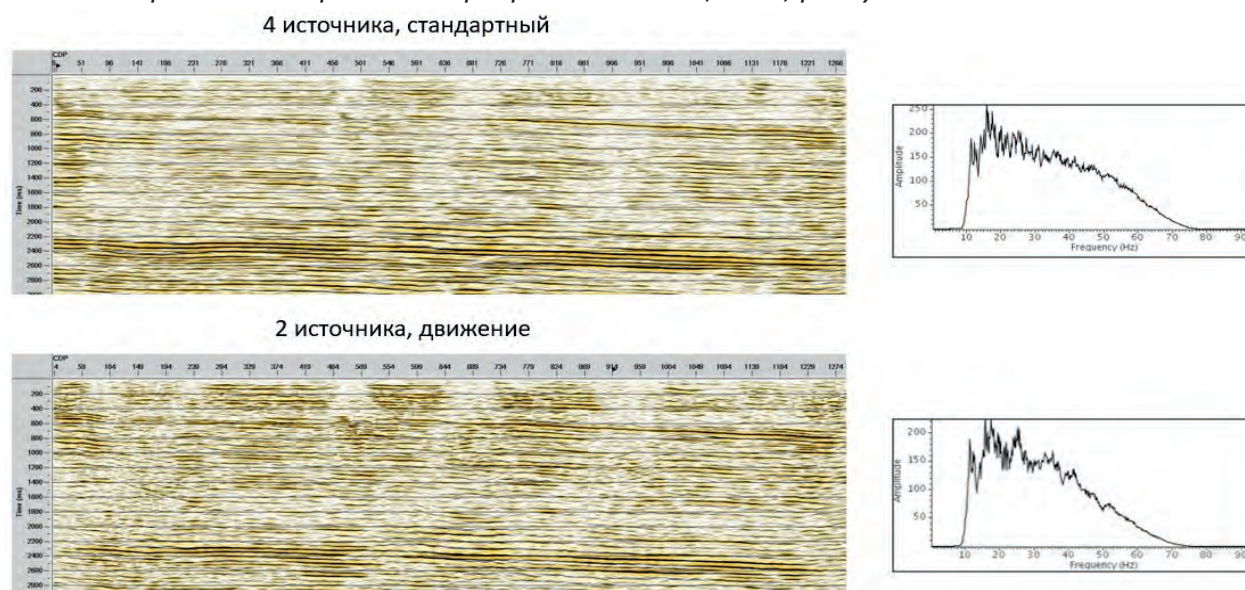
Работы проводились на участке профиля протяженностью 16 км. Средний шаг пунктов возбуждения составил около 6,5 м. Для работ был выбран участок площади работ с максимально разнообразными орогидрографическими условиями. Геологические условия района работ не позволяют на одиночных сейсмограммах уверенно проследить отраженные волны, как на стандартных работах, так и работах в движении. На рисунке 4 приведены параметры регистрации и первичные сейсмограммы

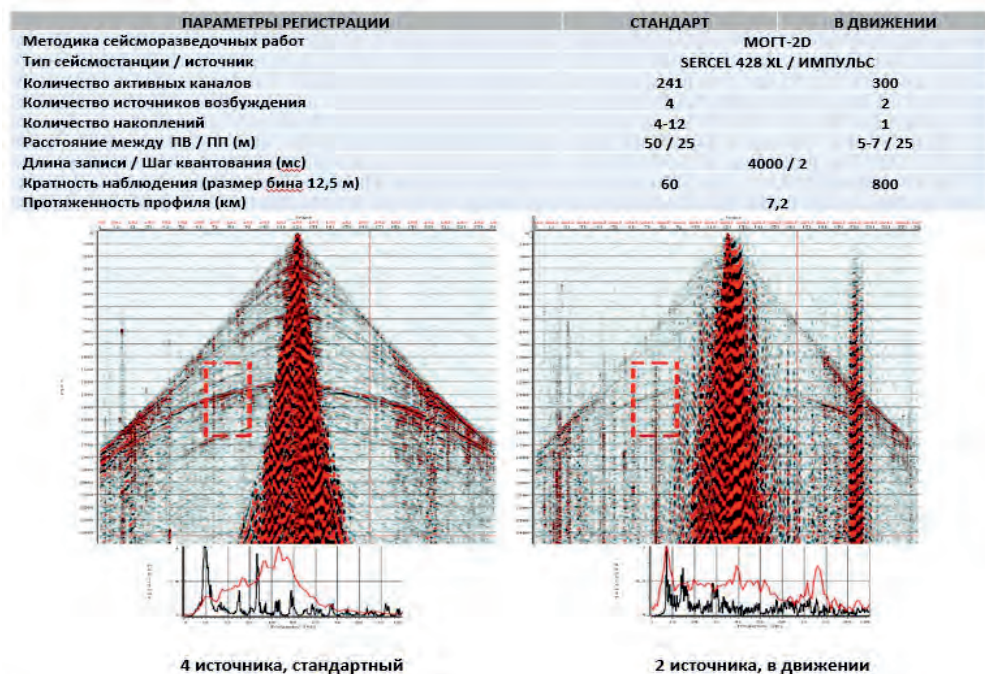
стандартных работ и работ в движении.

Для обработки данных был подобран граф, позволивший получить кондиционные временные сейсмические разрезы. На временах до 1,5–2 секунд наблюдается явное увеличение энергии отражений и разрешенности разреза для работ в движении, АЧХ разрезов сопоставимы (рис. 5).

В 2023 г. ООО «ТСГК» провело опытно-методические работы с применением данной технологии в Западной Сибири. Также использовалась кабельная регис-

▼ Рис. 5. Фрагменты временных разрезов и их АЧХ, ОМР, республика Саха.





▲ Рис. 6. Параметры регистрации и первичные сейсмограммы ОМР, Западная Сибирь.

трирующая система и группа из 2-х источников ЭМИ-100, буксируемых трактором. Опытно-методические работы были проведены на участке профиля длиной 7,2 пог. км. Шаг ПВ также был в пределах 5-7 метров, кратность составила около 800 единиц.

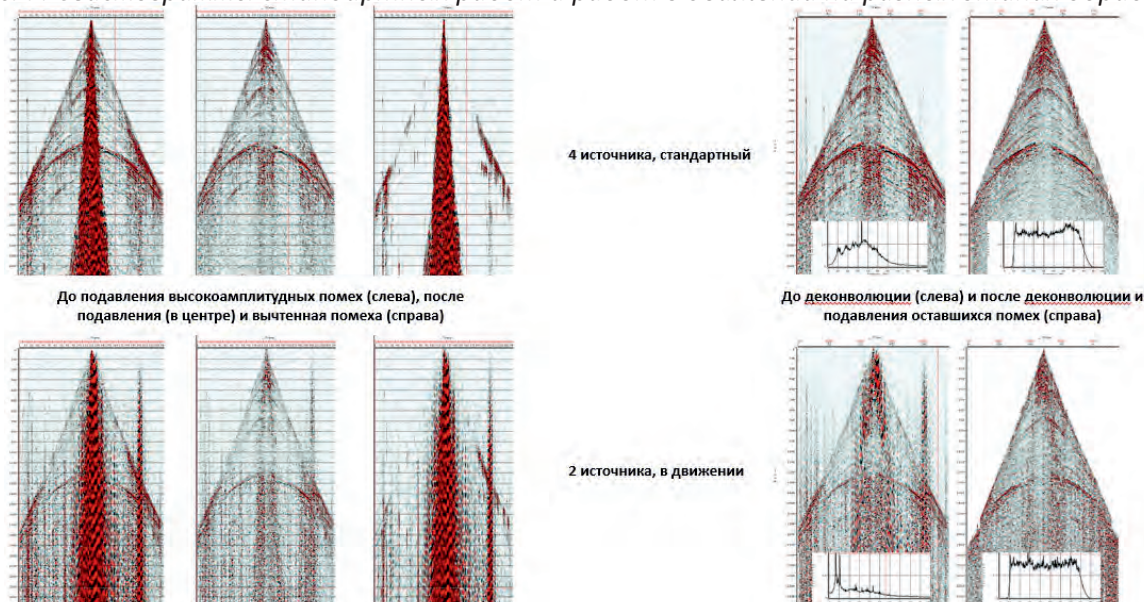
На рисунке 6 приведены параметры регистрации и пример первичных сейсмограмм стандартных работ и работ в движении.

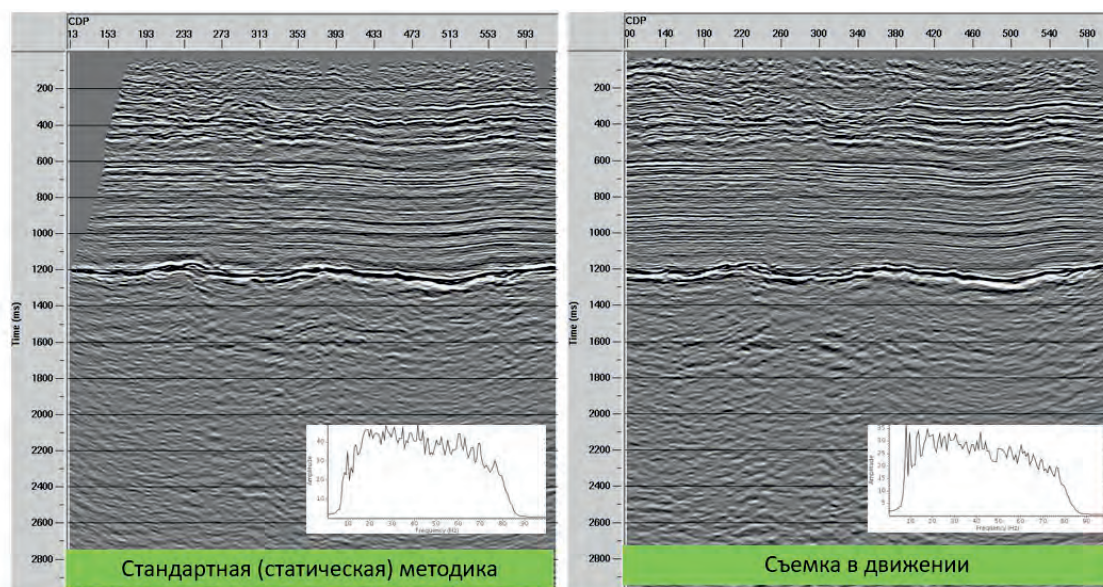
Для первичной сейсмограммы в

движении также, как и в предыдущих случаях, наблюдается меньшая энергетика полезного сигнала, но после подавления высокоамплитудных помех и деконволюции сейсмограммы и их АЧХ уже сопоставимы – рисунок 7.

Полученные, после оптимизации графа обработки под имеющиеся геологические условия, временные разрезы (рис.8) также близки и опять наблюдается лучшая прослеживаемость верхних горизонтов.

▼ Рис. 7. Сейсмограммы стандартных работ и работ в движении на разных этапах обработки.





▲ Рис. 8. Фрагменты временных разрезов и их АЧХ, ОМР, Западная Сибирь.

Развитие и практическое использование технологий

За последние 2 полевых сезона компания «СОНИКА» провела еще несколько производственных работ по данной методике, как в интересах поисков нефти и газа, так и поисков ТПИ.

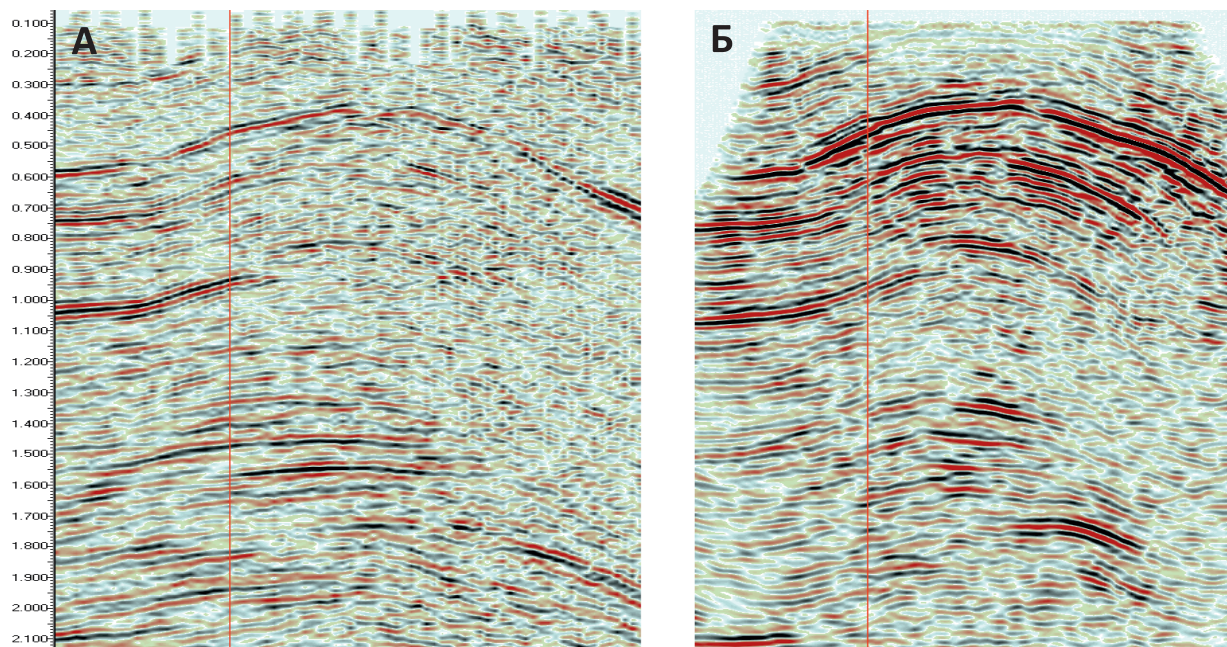
Вот некоторые результаты данных работ.

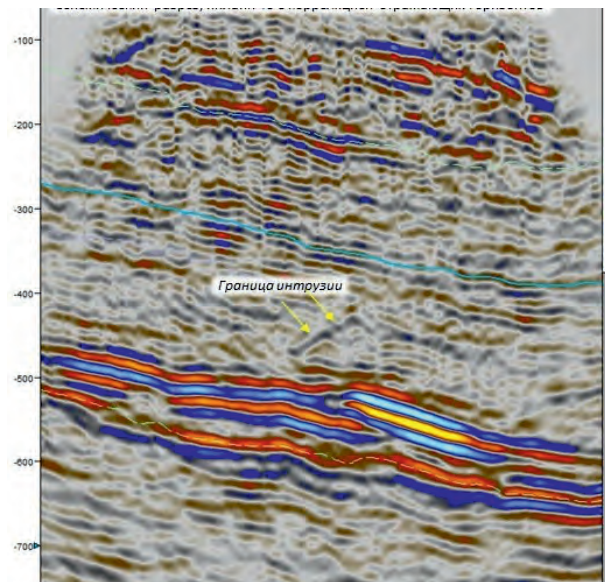
На рисунке 9 приведено сравнение фрагментов архивного 2D профиля,

выполненного по классической схеме взрывным источником и сечение куба высокоплотной съемки 3D с импульсным источником в движении в республике Коми. Результат виден невооруженным глазом.

Технология была опробована и при поиске месторождений ТПИ на рисунке 10 приведен пример выделения интрузий в Норильском промышленном районе.

▲ Рис. 9. Фрагменты временных сейсмических разрезов: А – архивный 2D профиль, взрывной источник; Б – сечения куба 3D, импульсный источник в движении.





▲ Рис. 10. Фрагмент временного сейсмического разреза, Норильский промышленный район.

Несмотря на сложный рельеф и сплошной трапповый покров, мощностью до 1.5 км, по результатам высокоплотной сейсморазведки были изучены трапповые отложения, выявлено интрузивное тело сложной формы в толще базальтов, а также получены отражения ниже подошвы траппов (рис. 11).

Резюмируя результаты приведенных выше работ, можно утверждать, что разработана, испытана и внедрена в производство новая технология работ с

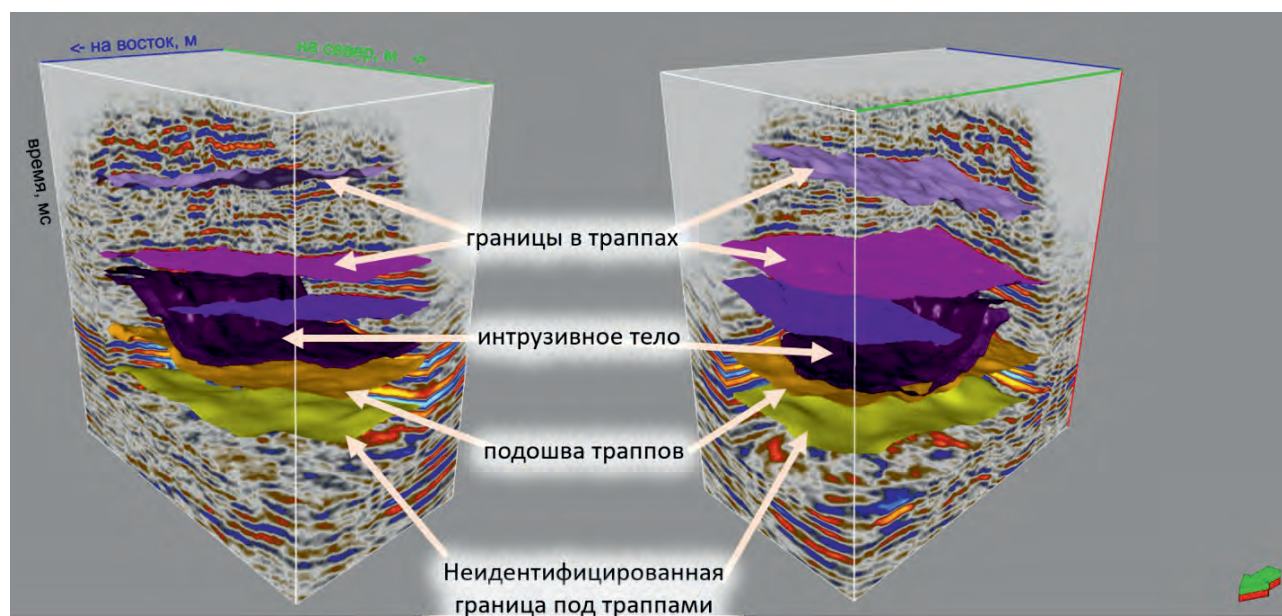
импульсными источниками.

Данная технология позволяет производить работы по экологосберегающим технологиям с применением криволинейных профилей. Производительность, по сравнению со стандартной технологией работ возрастает, в среднем, примерно в 1,5 раза, что вместе с сокращением количества оборудования и персонала позволит снизить себестоимость работ.

Результаты обработки сейсмических данных показали, что высокая плотность (и кратность) данных съемки в движении обеспечивают лучший статистический эффект накопления сигналов и подавления помех на ряде этапов обработки (поверхностно-согласованные процедуры – деконволюция, коррекция амплитуд, коррекция остаточных статических поправок, а также миграция и суммирование).

Обработанный материал съемки в движении характеризуется более высокой вертикальной разрешенностью за счет отсутствия накопления на точке воздействия, уменьшения базы группирования источников, а также лучшей работы деконволюции и других процедур, что, в свою очередь, приводит к

▼ Рис. 11. Выделение поверхности интрузии и других сейсмических границ.



лучшему качеству прослеживаемости верхних горизонтов за счет более высокой плотности и фактической кратности на малых временах. Общая глубина исследований при этом не уменьшается и позволяет изучать разрез на глубины до 3-5 км.

Заключение

Ежегодно в России выполняется более 10 проектов с использованием импульсных технологий, как основного источника возбуждения. Однако, несмотря на подтвержденную эффективность работ в движении, пока количество проектов с такой технологией можно посчитать по пальцам. В структуре затрат само время возбуждения, которое экономится кратно, играет не самую значимую роль. Особенно там, где необходима подготовка профилей – рубка и бульдозер. Где в партии используется небольшое количество каналов, что определяет необходимость постоянной перемотки оборудования. Плюс пока не регламентированы стандарты первичной приемки материала – понятно, что традиционный «оконный» анализ тут не годится.

Таким образом, необходимо развивать технологию работ «в движении» сразу в нескольких направлениях. Во-первых, необходимо снижать удельную стоимость канала в приемном тракте «возбуждение-регистрация». И тут необходимо и увеличивать как каналность работ на проекте, так и снижать стоимость единичного канала. Плюс переустановка и наладка каналов должна быть также максимально упрощена и ускорена.

Что касается стандартов контроля качества, то давно назрела необходимость мониторинга работоспособности оборудования и условий возбуждения как основного критерия контроля качес-

тва. В условиях высокой плотности работ в сейсморазведке отслеживание каждой трассы становится архаичным подходом, о котором говорят все больше специалистов.

Технология имеет большой потенциал к развитию по следующим направлениям:

- совершенствовании импульсного источника: увеличение скорости срабатывания, повышении его надежности и повышения мощности
- развитие онлайн системы контроля параметров работы источника;
- развитие системы позиционирования источника;
- совершенствование методов обработки получаемых данных.

Хотелось бы сказать, что технология, в первую очередь предлагается, как развитие традиционных работ с импульсным источником, но при определенных поверхностных и глубинных сейсмогеологических условиях, после проведения ОМР вполне может заменить работы и с другими видами сейсмических источников.

Мы видим потенциал данной технологии, как при выполнении работ на небольших участках с применением легких партий, так и для выполнения «стандартных» объемов классической партией с применением нескольких групп источников в движении.

Литература

1. Ошкин А.Н., Турчков А. М., Воробьев Ю. В., Бурднко А. А., Вязниковцев А. А., Детков В. А. 3D сейсморазведка на трапповом разрезе для задач ТПИ, Приборы и системы разведочной геофизики, №2 (81) 2024 г., с.8-19.
2. Ошкин А. Н., Турчков А. М., Бурденко А. А., Вязниковцев А. А., Гладилов Д. В., Мосягин Е. В., Детков В. А. Сейсморазведка малых объектов: быстро, качественно,

недорого. – Приборы и системы разведочной геофизики, 4(79)/2023., с.52-60.

3. Копылов М.А., Баландин А.Б., Федоров А. Б., Бекешко П. С., Тищенко С.В., Жуков С.Е., Шишов Д. Г., Лаптев Я. В., Назыров Д.Д., Воцалевский В. З., Современный и переосмысленный взгляд на применение импульсных электромагнитных источников «Абакан» в движении по сравнению с классическими взрывными источниками – Приборы и системы разведочной геофизики, 4(79)/2023., с.29-38.

4. Турчков А. М., Ошкин А. Н., Детков В. А., Мосягин Е. В., Воронцов В. В. Опыт применения высокопроизводительного способа получения сейсмических данных в районе действующих рудников ПАО «Норильский Никель». – Приборы и системы разведочной геофизики, 1(72)/2022., с. 37-45

Подробнее об авторах



Камалтдинов
Рустам Робертович

Генеральный директор
ООО «ТСГК»



Зозуля
Виталий Александрович

Главный геофизик
ООО «ТСГК»



Гладилов
Денис Валерьевич

главный инженер
ООО «Соника»



Ошкин
Александр Николаевич

технический директор
ООО «Соника»



Турчков
Алексей Михайлович

руководитель проектов
ООО «Соника»