

Возбуждение упругих волн импульсным источником в движении по технологии GLIDE

- Федоров А.Б., ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка», г. Тюмень
- Бекешко П.С., ООО «ГЕОПРАЙМ», г. Санкт-Петербург
- Копылов М.А., ТЗСГО «Импульс», ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка», г. Тюмень

В статье описаны история создания высокоплотной и высокопроизводительной технологии импульсных невзрывных электромагнитных источников «Енисей-СЭМ-100» в движении — GLIDE. Приведено детальное описание реализованной технологической схемы и представлены результаты обработки данных высокой плотности полученной по разработанной технологии.

Введение

Одним из стратегических направлений сейсморазведки является продвижение и внедрение на рынке геофизических услуг высокоплотных систем наблюдений при проведении сейсморазведочных работ МОГТ-3D (4D) — переход на высокоточные (высокоплотные) системы наблюдений с целью повышения разрешающей способности и помехозащищённости получаемых данных.

Факторы, сдерживающие внедрение технологии высокоплотной сейсморазведки: стоимость проведения работ, экологическая нагрузка на среду, и сохраняющийся профессиональный и технологический консерватизм.

Специалистами ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка» предложен новый вектор развития данной тематики: использовать для возбуждения упругих волн невзрывной импульсный электромагнитный источник «ЕНИСЕЙ» в движении (СЭМ-100). Это позволяет внедрять высокоплотные и высокоэффективные методики производства сейсморазведочных работ уже сейчас.

Основные преимущества применения импульсных электромагнитных источников:

- Экологичность — верхние слои грунта не разрушаются;
- Универсальность — возможность работы в любых климатических и повер-

хностных условиях, в том числе в условиях техногенной застройки;

- Энергоэффективность — потребляемая источником мощность не превышает 2–5 кВт, что в 20–30 раз меньше вибрационного источника;
- Экономичность — для реализации проекта необходимо гораздо меньше задействованных ресурсов и оборудования в сравнении с вибрационными или взрывными методиками для сейсморазведочной партии, включая этап мобилизации.

Компания ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка» на собственных мощностях (рис.1) выпускает широкий модельный ряд источников «Енисей», который представлен тремя модификациями для производства наземных работ и работ на акваториях (рис.2). Наши источники применимы практически в любых регионах проведения сейсморазведочных работ.

Эволюционное развитие источников, как следствие, привело к увеличению производительности сейсморазведочных работ при применении импульсной невзрывной технологии.

Сезонные объёмы выполненных работ 3D с применением импульсной технологии на сегодняшний день по классическим методикам производства сейсмических работ составляют в среднем 30 000 ФН. При использовании

**Токарный обрабатывающий центр
Hi-TECH 300L**



**Координатно-сверлильный центр
GRD50Z CNC 3012**



**Портальный станок
плазменно-газовой резки металла ECKERT**



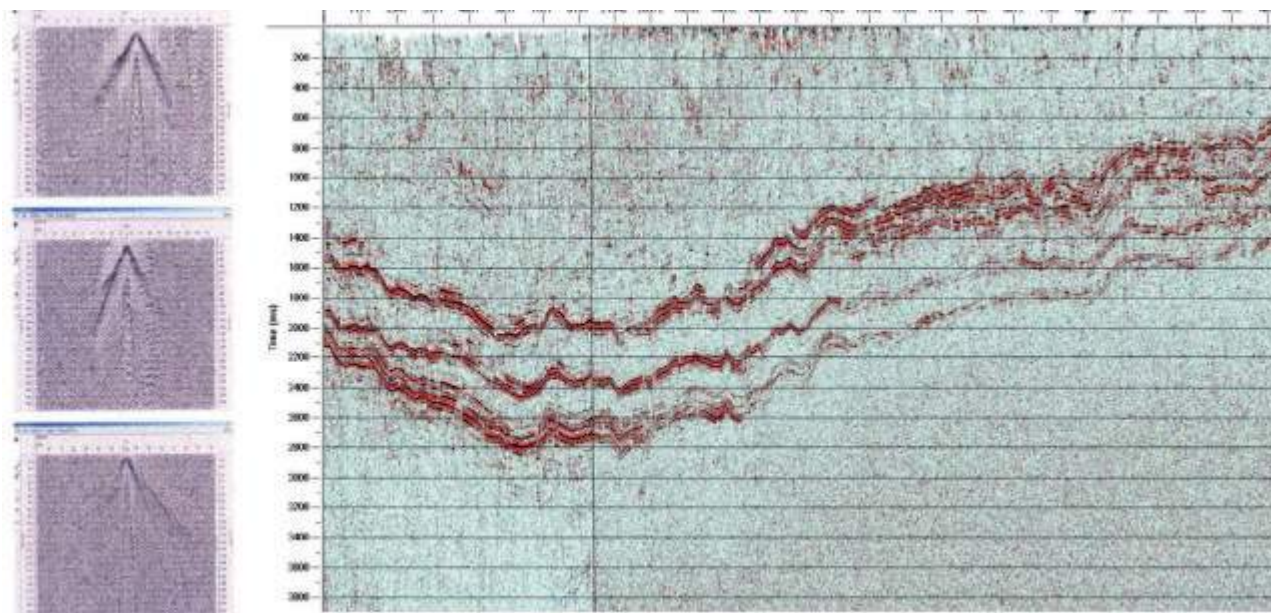
**Станок гибки металла
AMADA HFE M2 1704**



▲ Рис. 1. Производственные мощности ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка».

▼ Рис. 2. Эволюционное развитие импульсных источников.





а) исходные данные б) временной разрез

▲ Рис. 3. Составной временной разрез по типу источников импульс-пневно.

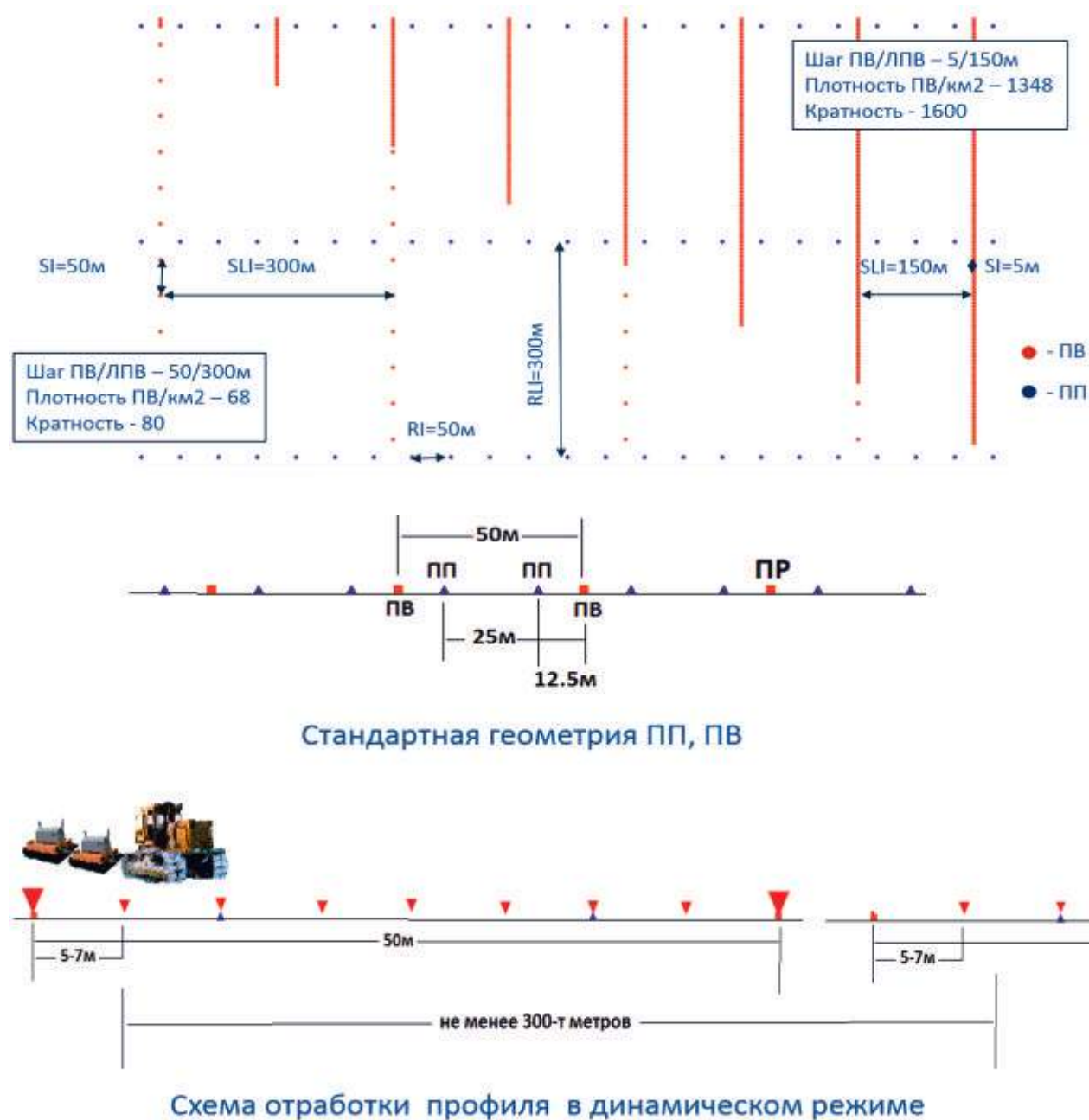
методики GLIDE возможно существенно увеличить производительность и нарастить сезонные объемы работ, либо существенно сократить сроки выполнения работ. Практическое применение данной технологии в сравнении со стандартной показало двойной выигрыш в производительности, а именно 23 кв.км. производственных работ 3D по стандартной технологии накопления в статическом режиме был отработано за 8 дней, тот же объем 3D в режиме GLIDE был выполнен за 4 дня (при работе одной группой источников), подробнее результаты работ будут представлены далее.

Предпосылкой к проверке возможности использования импульсного источника для возбуждения упругих волн в движении послужил опыт проведения сейсморазведочных работ на акваториях с применением водных электромагнитных источников (ВЭМ). Исследования, проведенные на реках Бирюса, Чуна, Нижняя Тунгуска показали, что даже при очень низком отношении сигнал/помеха, на первичных данных получению качественных и информативных временных

разрезов способствует высокая плотность трасс на единицу пространства (рис.3). Кратность МОГТ составила, в среднем 1500 единиц на бин 25 метров.

Наметившаяся стратегия по проведению проектов высокоплотной сейсморазведки требует повышения производительности возбуждения и повышения мощности единичных источников. Под эти цели разработана технология динамического (непрерывного) возбуждения наземными источниками Енисей СЭМ-100 — GLIDE. Технология разработана коллективом ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка».

Несмотря на высокую плотность ФН, существенно снижается экологическая нагрузка. Отработка происходит в движении, что существенно снижает потребление ГСМ и выбросы CO₂, так как используется меньшее количество единиц техники. Проведение сейсморазведки с использованием невзрывных источников по технологии возбуждения в движении позволяет упростить полевые работы, снизить их стоимость, существенно увеличить производительность и исклю-

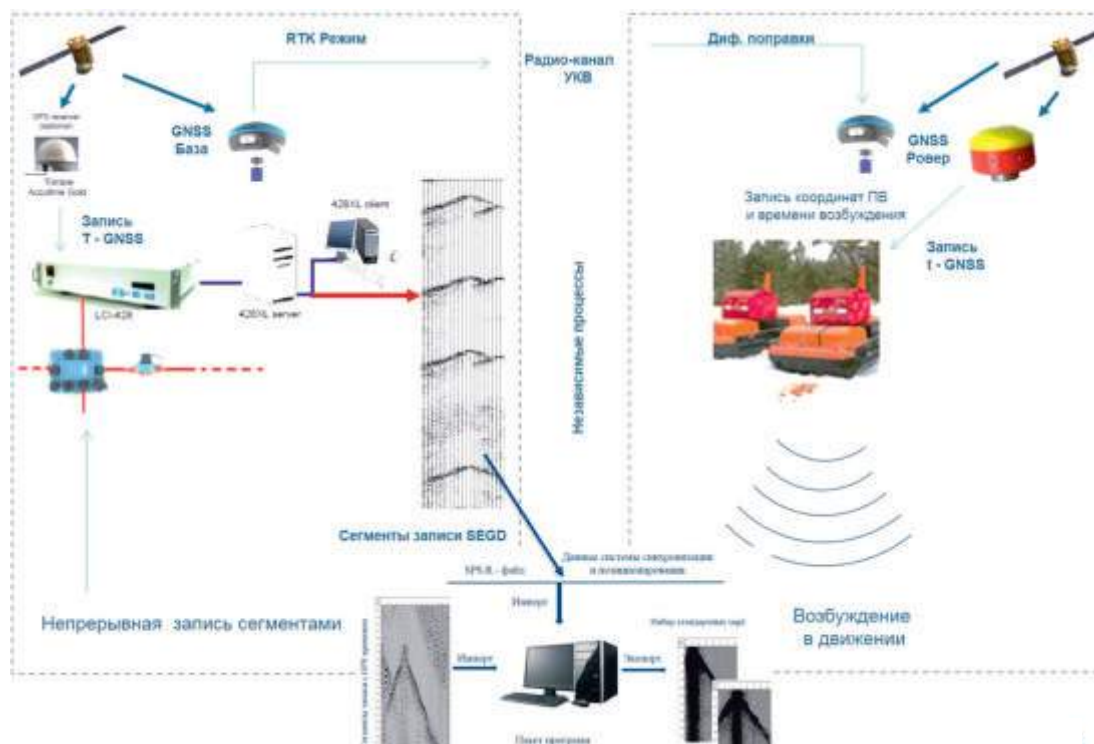


▲ Рис. 4. Сравнительные схемы наблюдений при переходе к высокоплотным методикам.

чить или свести к минимуму ущерб, наносимый окружающей среде при лучшем качестве суммарных сейсмических данных в сравнении со стандартными методиками.

В отличие от классических методик отработки со статичным накоплением на ПВ от 2 до 16 воздействий, при методике GLIDE возбуждение единичных воздействий происходит с шагом 5-7 м, который зависит от скорости движения и группы и зарядки конденсаторов (рис.4).

На рис.5 показана блок-схема производства работ: станция ведет непрерывную запись с фиксацией GPS-времени; источник осуществляет возбуждение колебаний в движении, записывает время воздействия; пакет программ выполняет синхронизацию на основе отметок момента возбуждения на основе GPS-времени, производит разбиение на файлы стандарта SEG-D; определение местоположения источников осуществлялось в движении. Система синхро-



▲ Рис. 5. Общая технологическая схема.

низации и позиционирования российской разработки и производства (рис.6).

ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка» были проведены опытно-методические рабо-

ты МОГТ 2D и 3D, целью которых было подтверждение возможности применения движущегося источника на суше, результаты подтвердили наши ожида-

▼ Рис. 6. Система синхронизации и позиционирования.



Параметры съемок	Стандартная полевая методика,	OMP «GLIDE»
Шаг ЛПВ и ЛПП, м	300x300	300x300
Шаг ПВ и ПП, м	50x50	~5x50
Кратность (бин 25x25м)	64	640
Источник возбуждения	«Енисей СЭМ-100» 4 источника в группе	«Енисей СЭМ-100» 2 источника в группе

▲ Табл. 1. Сравнение ключевых параметров систем наблюдений.

ния. В зимнем полевом сезоне 2022г. ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка» впервые выполнены сейсморазведочные работы в производственном режиме. Работы были проведены в Красноярском крае, в непосредственных пределах г. Норильск.

На текущий момент времени выполнена не только апробация технологии, но и полноценный производственные работы в Восточной Сибири. Специалисты компании ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка» обладают уникальным опытом выполнения, как полевых, так и камеральных работ по обработке данных высокой плотности. Фактически, мы представляем готовую технологию проведения высокоплотных высокопроизводительных сейсморазведочных работ.

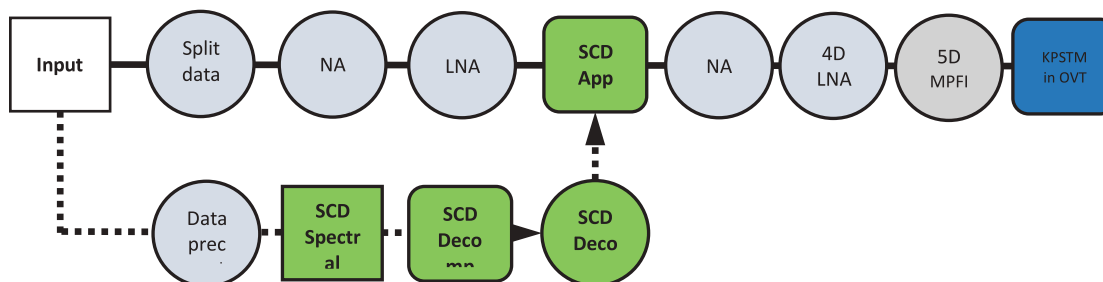
Исследуемый участок находится на территории Восточной Сибири. На нем

были проведены полевые сейсморазведочные работы с двумя типами методик: стандартная и GLIDE при одинаковой приемной расстановке. В таблице 1 ниже представлены параметры систем наблюдений.

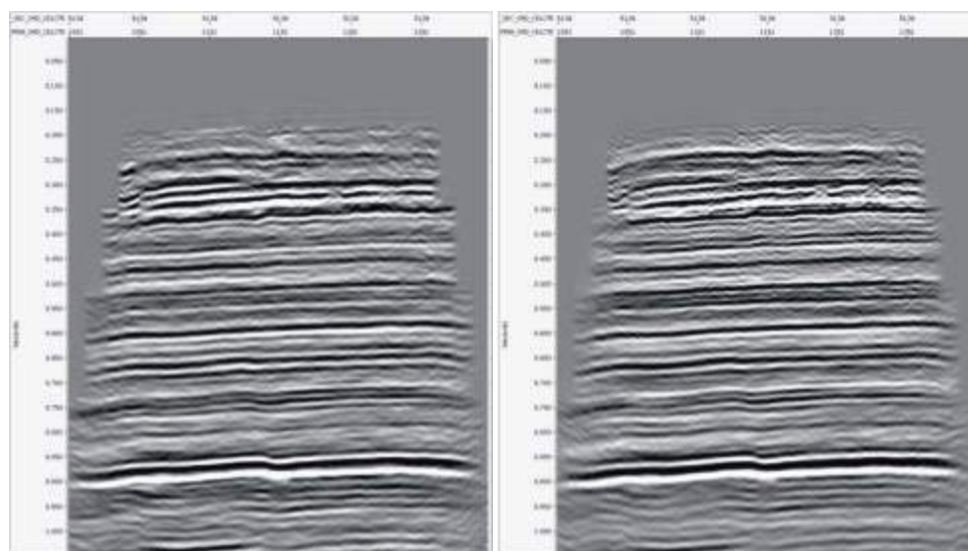
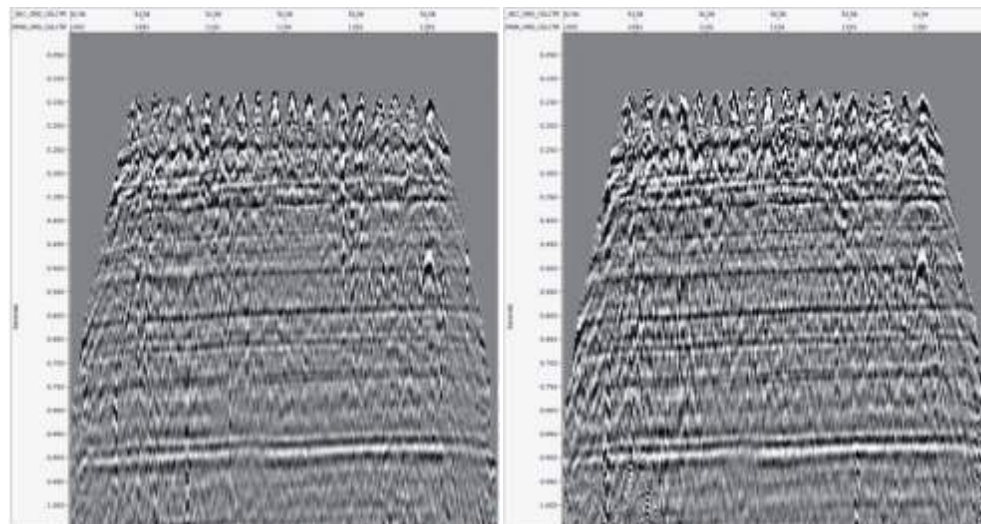
Для оценки применимости технологии GLIDE была выполнена обработка двух массивов данных. Последовательность обработки данных (рис. 7.) в полной мере отвечает современным подходам позволяющим выполнять последующую динамическую оценку сейсмических данных.

На рисунке 8 приведены исходные временные разрезы, на которых видно, что все особенности волнового поля, включая регулярные волны-помехи, схожи. На рисунке 9 видно, что на временах 250–400 мс запись хорошо разрешена по времени и имеет больше простран-

▼ Рис. 7. Граф обработки сейсмических данных по двум методикам.



► Рис. 8. Пример исходных временных разрезов: стандартная методика (слева) и методика GLIDE (справа).



◄ Рис. 9. Пример финальных временных разрезов: стандартная методика (слева) и методика GLIDE (справа).

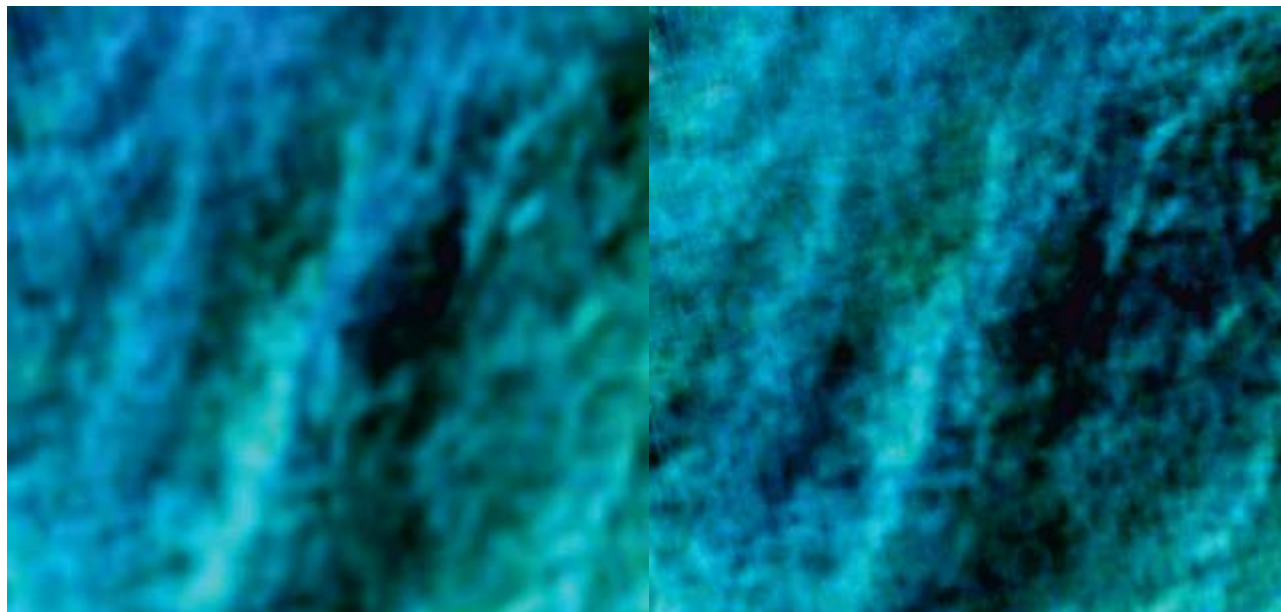
нственных особенностей на данных полученных по высокоплотной методике, чем на стандартной методике. При этом стоит отметить, что данные характеризуются сопоставимым отношением сигнал/помеха во всех диапазонах частот. При этом в некоторых диапазонах, особенно по низкочастотной составляющей, заметны существенные преимущества результирующих материалов, полученных после обработки высокоплотных данных GLIDE.

Финальные временные кубы были переданы в группу интерпретации для выполнения расширенного анализа данных. Результаты анализа показали, что динамические и кинематические характеристики кубов близки друг к

другу. На рисунке 10 представлен срез кубов спектральной декомпозиции. Видно, что пространственная разрешенность и детальность волновой картины существенно выше у данных полученных по методике GLIDE, чем по стандартной.

Выводы

В заключении хотелось бы отметить, что постепенный переход к высокоплотным системам наблюдений будет планомерно развиваться на территории нашей страны. Не принципиально, с какой стороны будет происходить уплотнение сейсмических съемок: ПП или ПВ, но это случится. За долгое время компания ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка» прошла этап от идеи до реализации и промышленного внедрения технологии с импульсными



▲ Рис. 10. Временные срезы кубов спектральной декомпозиции: стандартная методика (слева) и методика GLIDE (справа).

электромагнитными источниками в движении, что позволяет создать высокоэффективную методику СРР позволяющую сократить цикл ГРП и обеспечить раннюю разработку месторождений нефти и газа. Данный факт должен позволить всем нефтяным компаниям своевременно получить возврат инвестиций и начать раньше срока получать прибыль.

Литература

1. Николя Телье и др. «Методика xDSS для достижения высочайшей производительности при вибросейсмических операциях», Приборы и системы разведочной геофизики, Саратов, №1, 2022.
2. Детков В.А., Баландин П.В., Копылов М.А., «Технология возбуждения упругих колебаний в движении Glide», Приборы и системы разведочной геофизики, Саратов, №2, 2020.
3. Кузнецов Е.С., Баландин П.В., Дробинский А.А., Череповский А.В. «Результаты анализа полевых данных ОМР МОГТ-3D, Полученных по технологии возбуждения сигнала в движении GLIDE», Приборы и системы разведочной геофизики, Саратов, №1, 2021.

Подробнее об авторах



Федоров
Андрей Борисович

Главный геофизик,
Дирекция главного
геофизика.
ПАО "ГЕОТЕК
Сейсморазведка»



Бекешко
Павел Станиславович

Главный геофизик,
Служба главного
геофизика, ООО
"ГЕОПРАЙМ"
Руководитель НТЦ,
ПАО "ГЕОТЕК
Сейсморазведка»



Копылов
Михаил Александрович

Управляющий директор,
ЗАВОД ИМПУЛЬС.
ПАО "ГЕОТЕК
Сейсморазведка»