

Революция сейсморазведки в эпоху «ГЕОТОМ»

■ Тиссен А. А., ООО «ФИРМА «ГЕОСЕЙС», г. Москва

Сейсморазведка не один раз проходила революционные изменения в технологии. Переход от аналоговых регистрирующих систем к цифровым, широкое внедрение невзрывных источников возбуждения, появление систем, обеспечивающих огромную канальность, внедрение бескабельных технологий – это вехи, поднимающие сейсморазведку на новый уровень, расширяющие возможности. И каждый раз на запросы рынка появлялось оборудование, меняющее, в свою очередь, само представление о возможностях метода.

В настоящее время мировая сейсморазведка проходит этап перехода от кабельных систем регистрации к бескабельным. Это связано с двумя задачами, сформулированными рынком – необходимость снижения стоимости работ и возможность выполнения наблюдений в сложных для кабельных систем условиях (изрезанный рельеф, урбанизированные территории, в лесных массивах «зеленая сейсмика»). Бескабельное оборудование легче по весу и проще в обслуживании. Но при этом у доступных на российском рынке нодальных систем есть существенное ограничение – это слепые системы, которые в лучшем случае могут передать часть информации в радиусе 20-50 м.

Комплекс Геотом, заявивший о своем существовании в 2023 году уже как абсолютно готовая к эксплуатации система, стоит особняком. Это полностью бескабельная система, позволяющая управлять всей расстановкой удаленно. Проведенные промышленные демонстрации системы на Дальнем Востоке, в Сибири и Заполярье позволяют говорить, что оборудование готово к производственным работам.

При этом широкие функциональные возможности комплекса Геотом позволяют заявлять о том, что технологические

преимущества новой российской регистрирующей системы будут основой для трансформации всего конвейера сейсморазведочных работ.

Программно-аппаратный комплекс Геотом – возможности системы.

Современные тренды в российской сейсморазведке, складываемые в запросы отрасли к инструменту геофизика, можно формализовать в нижеследующий перечень:

- Снижение веса напольного оборудования;
- «Зеленая» сейсморазведка;
- Интерес к бескабельным технологиям;
- Создание плотных и сверхплотных систем наблюдения;
- Необходимость ведения работ в сложных поверхностных условиях и на урбанизированных территориях;
- Необходимость повышения технологичности и вариативности систем наблюдения;
- Отказ от тотального оконного контроля качества материала;
- Снижение энергопотребления регистрирующей системы;
- Обеспечение собственной системы позиционирования напольного оборудования;
- Затруднение в доступе к западному оборудованию.

Программно-аппаратный комплекс «Геотом», разработанный компанией «Сейстех» и представляемый компанией «Геосейс», стал ответом на вызовы рынка. Представление «Геотома» состоялось в 2022 году (Журнал «Приборы и Системы разведочной геофизики» №2, 2022 г, конференция «Геофест-2022»).

В 2023 году система Геотом прошла уже опытно-промышленные испытания в производственном режиме на несколь-



▲ Рис.1. Полевые испытания системы Геотом в ХМАО, март 2023 г.

ких проектах в различных регионах и условиях (Амурская область, ХМАО, Таймырский АО). В испытаниях принимали участие вместе с разработчиками как специалисты геофизических компаний, так и представители заказчиков (Рис. 1).

► Табл. 1.
Основные
характеристики
системы
«ГЕОТОМ».

Наименование параметра	Количество, показатель
Размеры, В×Д×Ш	310×135×130 мм
Масса	1.5 – 1.6 кг
Динамический диапазон	121 дБ
Время непрерывной работы	до 180 дней в режиме работы; в режиме 12 ч работа/12 ч перерыв
Период квантования	0.25, 0.5, 1, 2, мс
GPS навигация	GLONASS/GPS/GALILEO/QZSS
Возможность уверенной работы	От 1-го спутника (для временной синхронизации)
Точность временной синхронизации	10 мкс
Контроль и управление	По радиоканалу
Периодичность статусной информации	~2 мин
Передача данных	По радиоканалу или оптическому каналу при установке в модуль сбора данных
Питание	Батарейный блок
Разъем для подключения геофонов	КСК
Точность определения координат	<10 см
Режим работы	RTK
Толщина снежного покрова для определения координат	1 м
Автоматическое присвоение номера пикета по координатам	Имеется

По результатам испытаний можно констатировать, что система отвечает всем заявляемым производителями требованиям. (Табл. 1).

Система ГЕОТОМ – основные характеристики:

- Бескабельная, удобная, надежная;
- Российская, импортонезависимая;
- Дает возможность удаленного контроля расстановки в режиме реального времени;
- Совместима с другими сейсморегистрирующими системами;
- Позволяет вести работу в течение 90 дней в режиме постоянной записи без замены батарей;
- Позволяет скачивать данные как по радиоканалу, так и в стационарных условиях ПВЦ.

Основным элементом системы является автономный блок с внешним подключаемым геофоном (группой геофонов) через разъем КСК. Блок оснащен собственной системой позиционирования, точность позиционирования в постобработке - менее одного метра.

Энергообеспечение блока реализовано литиевыми батареями, позволяющими вести непрерывную регистрацию без замены батарей в условиях сибирских морозов более 90 суток. Режим периодического выключения записи, работа при плюсовых температурах увеличивают работу блока еще больше.

Управление системой Геотом осуществляется удаленно по радиоканалу. Оператор может видеть сопротивление и наклон сейсмоприемника, заряд батареи и объем свободной памяти в блоке. Удаленно производится включение и выключение полевого блока, осуществляется загрузка SPS системы наблюдения, контролируется позиционирование блока и количество видимых спутников. Модули «GEOTOM» поддерживают 4 навигационных системы: GLONASS (Россия), GPS (США), GALILEO (ЕС), QZSS (Япония).

По результатам ОНР становится очевидно, что Геотом – это не просто новая сейсморегистрирующая система с определенными характеристиками. «Геотом» – это новая технология, меняющая устоявшиеся стереотипы организации сейсморазведочных работ.

Трансформация производственного процесса при работе с «Геотом».

Отказ от рубки и расчистки приемных профилей.

Для раскладки полевых модулей «Геотом» не требуется тяжелая техника и широкие просеки в лесу. При правильной организации работы, если есть «взрывные профили» для движения сейсмоисточников, можно отказаться от рубки приемных профилей вообще – раскладку можно осуществлять с «взрывных» линий, по которым сейсмооборудование расставляется для последующей ручной расстановки по приемным линиям.



▲ *Рис. 2. ХМАО. Бригада приступает к размотке – в санях 100 блоков Геотом с одиночными сейсмоприемниками.*

Облегчение техники для сейсмобиригад.

Для каждых условий – лес, горы, болота, тундра, средняя полоса и др. – необходима своя транспортная техника для сейсмобиригад, занимающихся раскладкой Геотомов. Но в любых условиях эта техника будет легче, маневренней и экономичней, чем та, которая используется на проектах в схожих условиях сегодня.

Минимизация наладки полевой системы наблюдения.

Наладка слепых бескабельных систем не предполагается вовсе. Однако, учитывая высокий риск кражи блоков, на многих проектах организовываются визуальный мониторинг и охрана оборудования практически в режиме постоянного наблюдения всей расстановки. Например, так была организована работа сейсмоотряда при отработке Биклянской площади ТНГ-Групп с оборудованием Смарт Соло (ПриС №4(71) за 2021 г.) – после расстановки оборудования сейсмоотряд организовывал патрулирование всей приемной системы наблюдения. Это время и организационные ресурсы сложно подаются нормированию.

Наладка кабельной системы занимает до 10-12% рабочего времени. В наладку

включается замена поврежденного кабеля, корректировка установки сейсмоприемников, замена аккумуляторов.

Бескабельные системы с контролем в реальном времени, представленные в России, требуют еще большего времени на наладку, особенно в весенний период, когда необходимо постоянно контролировать направленность антенн для обеспечения связи между блоками.

При работе с «Геотомом» после подготовки полевой системы наблюдения, для наладчиков остается только две операции – поправить установку сейсмоприемников и заменить механическое нарушение блока. При качественной установке приемного пункта, вероятность обоих событий, требующих работы наладчиков, весьма невысока, что делает наладку, как элемент технологического конвейера, ненужной. При этом экономятся и время, и ресурсы как в сравнении со слепыми нодальными системами, так и с любыми кабельными.

Энергообеспечение полевой системы наблюдения.

Существующее бескабельное оборудование, как слепое, так и с возможностью контроля в реальном времени, нуждается в зарядке каждые 2-3 недели. Для гарантии работоспособности блоков, особенно в низких температурах, целесообразно проводить зарядку аккумуляторов через 7-10 дней, да и «оборотных» аккумуляторов требуется для этих систем очень большое количество. Для обеспечения питания кабельных систем необходимы большие аккумуляторы емкостью 90-120А из расчета 1 аккумулятор на 40-60 каналов. При этом, менять аккумуляторы необходимо не реже чем через день.

«Геотом» не требует постоянной энергоподдержки полевой системы наблюдения. Снижение заряда батарей при постоянной регистрации данных в условиях низких температур составляет менее одного процента в день. Это значит, что



▲ Рис. 3. Заполярье. На борту 491 канал Геотом с группами сейсмоприемников.

блоки могут работать не менее 90 суток при постоянной записи, а периодическое их выключение гарантирует выполнение работы в ходе зимнего сезона без замены батарей вообще.

Работа участка ГМЛ.

Работа участка по обслуживанию и ремонту геофизического оборудования при работе с «Геотомом» меняется кардинально. Подготовка оборудования происходит в межсезонье, когда в блоках устанавливаются батареи, и сами блоки проверяются на герметичность и надежность. И этой подготовки хватает на то, чтобы весь сезон или проект, если речь идет про летние работы, обслуживанием полевых блоков, помещенных в ударопрочный корпус, не заниматься вообще.



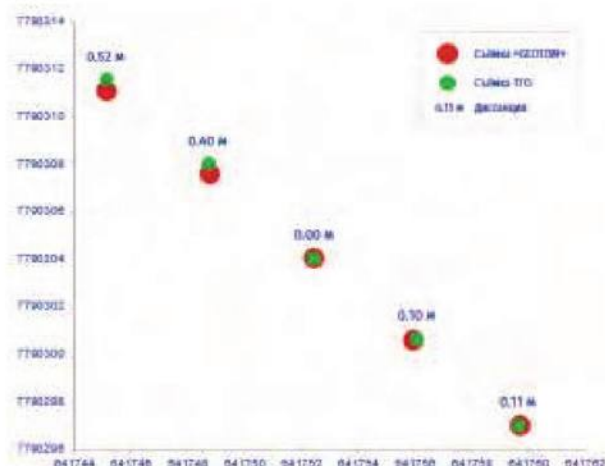
▲ Рис. 4. Винтовое соединение в блоках Геотом позволяет легко выполнять их обслуживание.

В исключительном случае механического повреждения блока, либо при необходимости замены батарей, привести блок в рабочее состояние очень просто. Для замены батарей необходимо открутить 8 винтов, снять крышку, извлечь старые батареи, установить новые, прикрутить крышку. На данную операцию затрачивается 5-6 минут (Рис. 4). Модульность конструкции полевого блока позволит в случае необходимости легко привести вышедший из строя «Геотом» в рабочее состояние.

Таким образом, задачи ГМЛ сводятся только к обслуживанию сейсмоприемников.

Организация топоработ.

Система позиционирования блоков Геотом обеспечивает дециметровую точность в постобработке. Проведенные тесты в условиях ХМАО и Заполярья показали, что при привязке одного прибора в заданной системе координат, остальные блоки после введения дифпоправок могут дать требуемую в совре-



▲ Рис. 5. Оценка точности самопозиционирования блоков Геотом в ходе ОПР в Заполярье.

менных сейсмороботах точность.

На базе СП в ходе одного из этапов ОПР было установлено 5 контрольных пикетов с шагом 5 м. Положение пикетов было снято топоприборами. Далее на снятые точки были установлены блоки «Геотом» для получения координат с целью их сравнения с данными геодезической съемки.

Среднее отклонение составило 28 см (Рис. 5).

Проведенные тесты не дают пока достаточного основания для отказа от топообеспечения полевых сейсмических работ в привычном понимании. Но возможности блоков «Геотом» определять собственное положение с высокой точностью дает широкие возможности трансформации работы геодезистов в ходе выполнения полевых работ. В процессе более широкого внедрения Геотомов в практическую эксплуатацию новый опыт позволит оптимизировать работу топоотряда партии, уменьшить количество обязательных операций по позиционированию приемной расстановки.

Организация скачивания материала и формирования сейсмограмм.

Система «Геотом» предлагает два варианта скачивания данных после



▲ Рис. 6. Модуль первичной обработки информации.

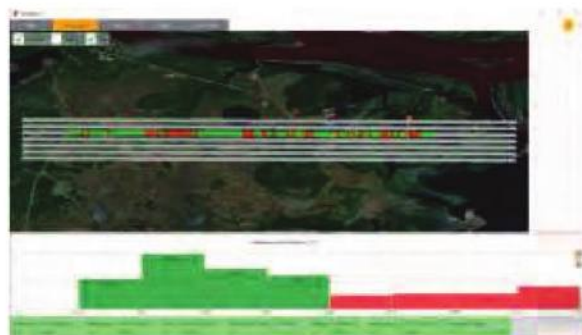
регистрации. В ходе работы оператор может выборочно скачивать данные с ближайших блоков. При удалении от «трансферной линии», формируемой теми же полевыми блоками, время скачивания возрастает. Если с ближайших пикетов данные скачиваются быстрее чем за 1 мин, то с дальних каналов время вырастает на порядки. Хотя, такая возможность системой и предусмотрена.

Основной сценарий скачивания материала предусматривает стационарное считывание данных на модуле первичной обработки информации (Рис.6.). Например, во время переустановки блоков на новые ПП. В ходе проведенных работ считывание данных с 500 каналов заняло 2 часа 15 мин.

Учитывая то, что для питания модуля требуется 12-24 В, а сам он компактный и мобильный, считывание данных можно максимально приблизить к полевой системе наблюдения, и само считывание проводить непосредственно в процессе переустановке блоков на следующие пункты наблюдения.

Контроль качества сейсморазведочных работ.

Принятые в России стандарты сейсморазведочных работ подразумевают оценку качества материала онлайн. Этот подход сложился в середине восьмидесятых годов прошлого века и с тех пор практически не менялся, несмотря на развитие технологий и оборудования. Именно это сегодня является стоп-



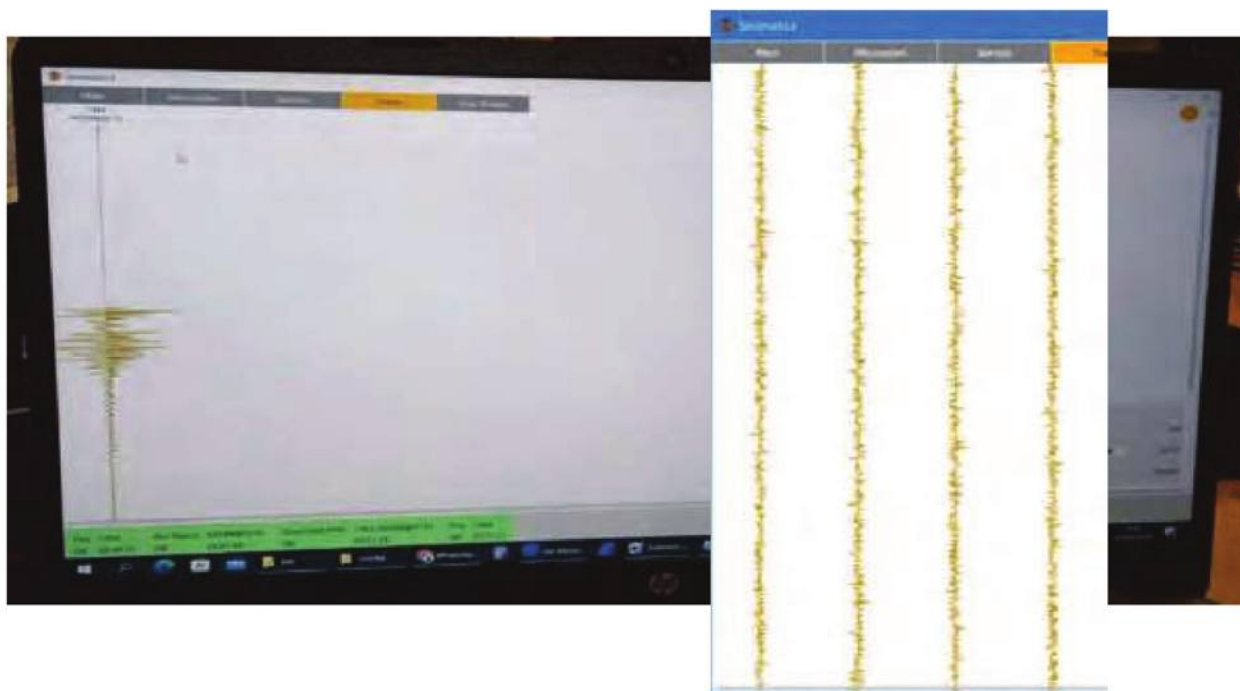
▲ Рис.7. Контроль уровня шумов приемной расстановки системы «Геотом».

фактором для внедрения и слепых нодальных систем, осложняет реализацию сверхплотных систем наблюдения. Об этом много говорится в геофизическом сообществе, но перемены идут очень неторопливо. Но даже в рамках сегодняшних технологических требований «Геотом» минимизирует риски получения сейсмического материала неудовлетворительного качества.

Необходимо делить контроль качества на две взаимосвязанные составляющие: контроль технического состояния оборудования и контроль соблюдения технических требований условий возбуждения сейсмического сигнала.

Контроль работоспособности приемной расстановки в системе «Геотом» реализован полностью. Оператор в режиме околореального времени (по запросу, либо периодически) контролирует работоспособность каждого приемного пункта. Им же контролируется и уровень микросейсм относительно задаваемого лимита (Рис. 7).

Контроль сейсмического сигнала до полного анализа полученного материала после его скачивания в «Геотоме» также реализован. Оператор может получить сейсмические данные с нескольких ближних каналов (Рис. 8). По этому материалу формируются сейсмограммы Общего Приемного Пункта (ОПП), которые могут анализироваться привычным инструментом оконного анализа (параметры окон пересчитываются из окон



▲ Рис.8. Выборочное считывание сейсмического материала в системе «Геотом».

сейсмограмм Общего Пункта Возбуждения (ОПВ)). В случае сомнений в качестве выполненного сейсмического возбуждения анализируются сейсмограммы ОПП нескольких соседних каналов.

Расширяя возможности сейсморазведки – регистрация данных FULL-SPREAD.

О целесообразности использования в регистрации всей приемной расстановки ведутся дискуссии длительное время. Регистрация FULL-SPREAD увеличивает кратность, добавляет дальних удалений, что обеспечивает прирост геологической информации.

Нодальные системы, ведущие постоянную запись, позволяют получать сейсмические данные за пределами проектной системы наблюдения легко, и это не требует дополнительных усилий. В кабельных системах реализовать это сложнее, так как требует поддержания во включенном состоянии и, соответственно, в большем энергопотреблении все разложенные каналы. Но в современных проектах, реализуемых за пределами России, регистрация FULL-SPREAD

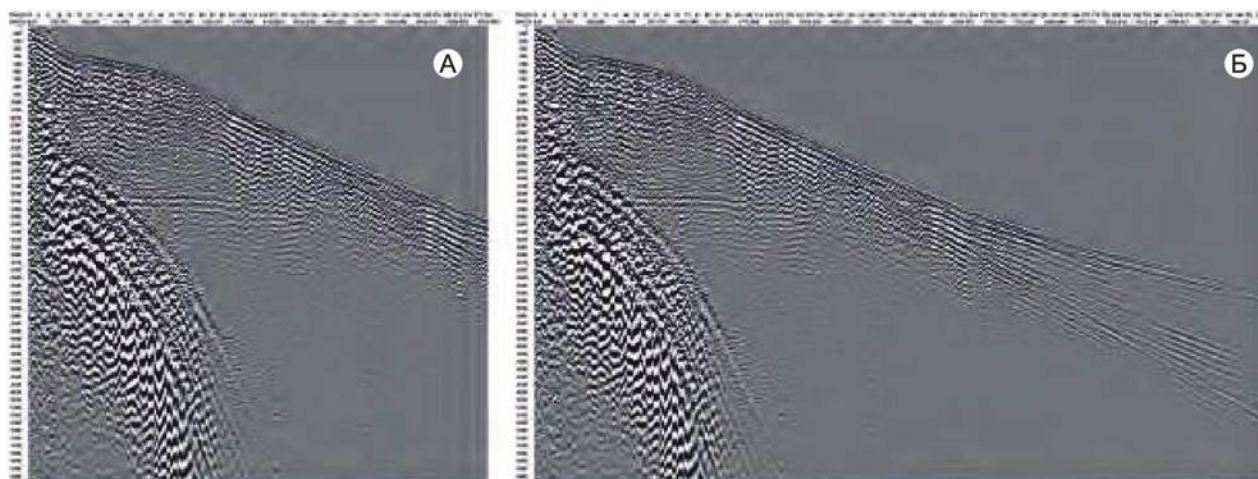
становится стандартом сейсморазведки независимо от выбранной системы наблюдения.

Система «Геотом» позволяет вести регистрацию на всю приемную расстановку, при этом суммарное энергопотребление увеличивается незначительно (Рис.9).

Трансформация состава сейсмической партии, работающей с «Геотом».

Учитывая корректировку производственного процесса в результате внедрения системы Геотом относительно «кабельных» проектов, можно говорить о следующих изменениях в составе сейсморазведочной партии:

1. Уменьшение числа порубочных бригад пропорционально общему снижению лесопорубочных работ;
2. Уменьшение состава сейсмобиригад на 30-40%;
3. Уменьшение числа наладочных бригад на 50-60%;
4. Полное исключение работ по зарядке и обслуживанию аккумуляторных батарей для полевой системы наблюдения;



▲ Рис.9. Сейсмограмма «Геотом». А – проектная система наблюдения, Б – система наблюдения FULL-SPREAD

5. Уменьшение состава ГМЛ на 50%;
6. Уменьшение топогеодезического отряда.

Однако не только про уменьшение численности сейсмопартии необходимо говорить при работе с Геотомом. Снижение времени операций по наладке и обслуживанию сейсморегистрирующей системы увеличивает время регистрации сейсмического материала. Вполне оправдано будет увеличение отряда, ответственного за возбуждение сейсмических сигналов – создание дополнительных буровзрывных бригад, организация дополнительных бригад (или смены персонала) невзрывных источников.

Трансформация стереотипов через возможности системы «Геотом».

Программно-аппаратный комплекс Геотом предлагает сегодня пользователям самодостаточный для эффективной работы инструмент.

В рамках существующих в отрасли стандартах технологии Геотом уже имеет ряд технологических решений, повышающих эффективность работы. Однако стандарты отрасли обязательно будут меняться. Базой для этих коррективов будут служить мировой опыт и возможности современной геофизической аппарату-

ры. Такой, как программно-аппаратные комплекс «Геотом».

Что особенно важно, Геотом является открытой для развития системой. Аппаратные возможности системы не ограничиваются перечисленными характеристиками. «Геотом», являясь российской разработкой, адаптивен для новых задач, которые поставит перед ним пользователь. И это будет совместное развитие – и «Геотома», и сложившихся стандартов сейсморазведки. С общей целью повышения эффективности сейсморазведочных работ.

Подробнее об авторе



Тиссен
Александр Артурович

ЗГД по производству
ООО «ФИРМА «ГЕОСЕЙС»