

Рыночные перспективы ПАК «Геотом» - российской телеметрической сейсморегистрирующей системы

■ Тиссен А.А, ООО «Фирма «Геосейс», г. Москва.

В России в настоящее время активно развиваются процессы импортозамещения, особенно в высокотехнологичных сферах, таких как сейсморазведка. В условиях санкций и ограничений со стороны зарубежных поставщиков программно-аппаратный комплекс (ПАК) «Геотом» становится ключевым шагом к снижению зависимости от иностранного оборудования и повышению эффективности сейсмических исследований.

ПАК «Геотом» представляет собой отечественную телеметрическую сейсморегистрирующую систему, которая оптимально сочетает современные технологии и тренды сейсмического приборостроения с действующими в отрасли требованиями. Эта разработка облегчает работу сейсморазведчиков, повышая эффективность за счет мобильности, удобства и адаптируемости. Кроме того, она предоставляет широкие возможности для соответствия актуальным стандартам и требованиям контроля процесса сейсморазведочных работ. ПАК «Геотом» обеспечивает надежное выполнение сейсмических исследований и гарантирует высокое качество получаемого сейсмического материала.

Стандарты и правила, определяющие технологии сейсморазведки

Инструкция по сейсморазведке 1986 года и её терминология продолжают служить основой для контрактов и локальных стандартов, но устарели и не соответствуют современным требованиям отрасли. Созданная для проектов с ограниченным числом каналов, она не учитывает быстрое развитие технологий

и разнообразие оборудования. Тем не менее, заказчики всё еще ориентируются на этот документ и настаивают на быстром получении большого объема информации, необходимой им для контроля технологических процессов.

И несмотря на назревшую необходимость изменений, важно понимать, что работать нужно здесь и сейчас. Вот выдержка из действующих стандартов одного крупного заказчика сейсморазведочных работ:

«Полевой контроль качества сейсмических работ и материалов осуществляется на всех этапах сейсмических работ и включает:

- контроль качества возбуждения (источника);
- контроль приёмной расстановки;
- контроль сейсмостанции (телеметрической системы), модулей;
- контроль первичных материалов на полевом ВЦ;

Подрядчик обязан обеспечить супервайзерской службе возможность ежедневного контроля качества проводимых работ и контроля первичных материалов на полевом ВЦ. Выявленные в результате оперативной обработки бракованные сейсмограммы дублируются за счет подрядчика.»

Разумеется, это очень высокий риск исполнителя – ведь даже переотработка одного единственного физического наблюдения задерживает перемотку оборудования, нарушает ритмичность сейсморазведочного конвейера, не позволяя проводить перемотку. Именно этот риск становится стоп-фактором при

внедрении слепых и полуслепых регистрирующих систем. При этом повышение технологичности работ без облегчения удельного веса полевой системы наблюдения невозможно.

Разработчики аппаратуры постоянно стараются унифицировать свои системы, сделав их максимально адаптивной к требованиям сегодняшнего дня и задаче повышения производительности и эффективности. Так, создатели кабельного оборудования идут по пути облегчения удельного веса канала напольной расстановки. Особенно с появлением новых материалов. Косы становятся легче, 4х канальные косы сменяются 6-ти канальными. На один внешний аккумулятор запитывается все больше и больше каналов. А все производители нодальных систем стремятся расширить возможности контроля полевой системы наблюдения, добавляя функции управления по Wi-Fi или радиоканалу, повышая ее дальность, даже в ущерб времени работы модулей без замены питания.

Однако, кабельные системы все равно проигрывают в весе нодальным системам, оставаясь «кабельными», что сегодня также уже рассматривается как минус в надежности оборудования. А нодальные, несмотря на их огромное многообразие, продолжают оставаться «слепыми» - уверенный радиус обзора по Wi-Fi не превышает и сотни метров.

В то же время, в России, вот уже несколько лет разрабатывается, а с 2024 года полноценно участвующая в производственных проектах система, максимально универсальная и адаптированная для решения широкого круга задач сейсморазведки прежде всего, в рамках действующих в отрасли стандартов.

Это программно-аппаратный комплекс «Геотом».



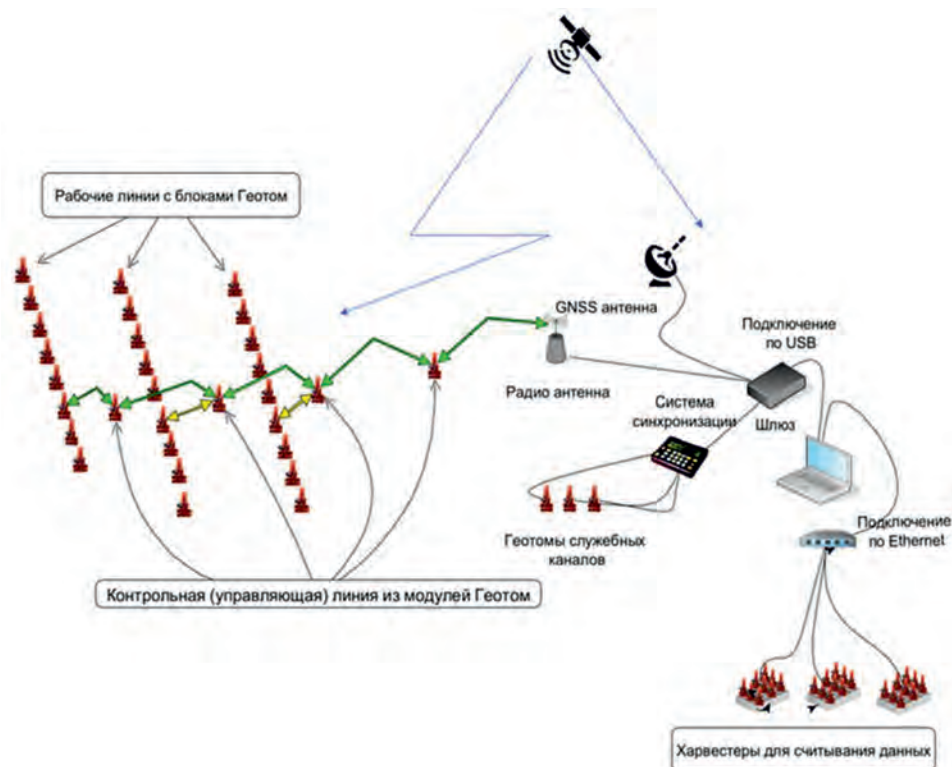
▲ Рис. 1. Полевой блок ПАК «Геотом» с подключенным сейсμοприемником.

ПАК «Геотом» - краткое описание системы

Программно-аппаратный комплекс (ПАК) «Геотом» является бескабельной сейсморегистрирующей системой с удаленным контролем и управлением всей полевой расстановкой. Предназначен для регистрации сейсмических данных с подключением внешних сейсμοприемников различного типа. Подключение осуществляется через стандартный разъем КСК-2.

Управление системой Геотом осуществляется с рабочего места оператора – компьютера с ПО Геотом под управлением ОС Windows или Linux. Основным компонентом сейсмостанции является модуль «Шлюз». Он состоит из радио модуля, навигационного модуля и модуля интеграции с системой синхронизации источников возбуждения (все типы). Возможна организация нескольких рабочих мест управления системой, наладки и контроля напольного оборудования на одном проекте.

► Рис. 2.
Принципиальная
схема работы
ПАК «Геотом».

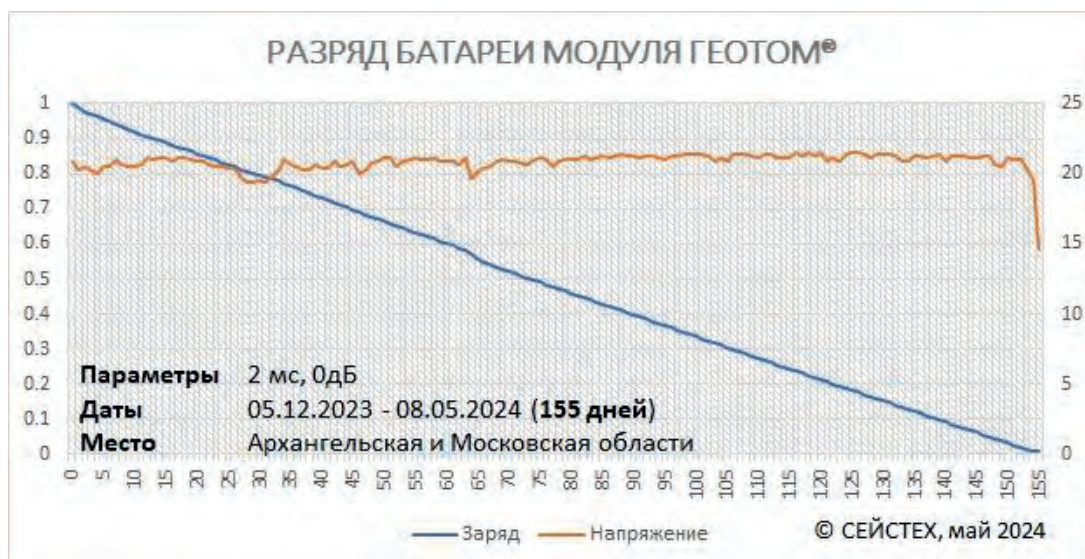


Рабочий диапазон радиочастот системы Геотом – 433 МГц (не требует лицензирования). Устойчивая связь между блоками достигается на расстояниях порядка 300–500 м. Система позволяет управлять всей расстановкой дистанционно, включать и выключать регистрацию, контролировать позиционирование каналов и устойчивость радиосигнала, тестировать всю расстановку и выбранные каналы, контролировать

уровень заряда батарей и состояние памяти. Оператор в режиме около реального времени определяет уровень шумов приемной расстановки.

Непрерывная работа в режиме включенной регистрации данных без замены батарейного блока - более 100 суток при отрицательных температурах. Остановка записи увеличивает время работы батарей (Рис. 3).

▼ Рис. 3. Тест на полный разряд батареи ПАК «Геотом» в режиме записи



Наименование параметра	Количество, показатель
Размеры полевого блока ПАК «Геотом»	310×135×130 мм
Масса полевого блока	1.6 кг
Разъем для подключения геофонов	КСК-2М
Разрешение ADC	24 bits
Формат данных	SEGY
Контроль статусов и управление полевыми блоками в около реальном времени	По радиоканалу
Частота радиомодема	433.9+/-0.8 МГц
Объем встроенного накопителя	8 Гб (опционально)
Коэффициент усиления	0,6,12,24 дБ
Мощность в режиме радиопередачи	10 мВт
Мгновенный динамический диапазон	121 дБ
Полный динамический диапазон	144 дБ
Максимальный входной сигнал, В rms	при усилении 0 дБ – 2.33 при усилении 6 дБ – 1.16 при усилении 12 дБ – 0.58 при усилении 18 дБ – 0.29 при усилении 24 дБ – 0.14
Аппаратный шум (1 мс, 3-200 гц, 24дБ) мкВ rms	при усилении 0 дБ – 1.56 при усилении 6 дБ – 0.76 при усилении 12 дБ – 0.38 при усилении 18 дБ – 0.21 при усилении 24 дБ – 0.13
Входное сопротивление	20кОм
Анти-алиасингвый фильтр	206.5 Hz @ 2 ms (82.6% of Nyquist) Линейно-фазовый или Минимально-фазовый
Питание	Батарейный блок
Время непрерывной записи	Более 100 дней при отрицательных температурах
Время в режиме запись/ожидание	Работа до 180 дней в режиме 12 ч. запись/12ч. перерыв
Период квантования	0.25, 0.5, 1, 2, мс
Поддерживаемые навигационные системы	ГЛОНАСС/GPS/GALILEO
Точность временной синхронизации	10 мкс
Точность определения координат (RTK в постпроцессинге)	<0,5 м rms
Периодичность статусной информации	~2 мин
Передача данных по радиоканалу	имеется
Скорость считывания данных в модуле считывания данных с одного порта	8 Мб/с

▲ Табл. 1. Технические характеристики ПАК «Геотом».

Последовательность технологических операций с ПАК «Геотом»:

- Мобилизация оборудования на площадь работы;
- Проверка и тестирование оборудования, загрузка в блоки информации по полевой системе наблюдения на проекте;
- Развертывание станции ПАК «Геотом» с подключением системы синхронизации и служебных каналов;
- Расстановка и наладка полевой системы наблюдения;
- Производственные сейсморазведочные работы;
- Оперативный контроль качества получаемого материала;
- Считывание данных, формирование сейсмограмм;
- Приемка и оценка качества получаемых материалов.

Регистрация данных ПАК «Геотом»

Оператор ПАК «Геотом» в процессе регистрации имеет возможность:

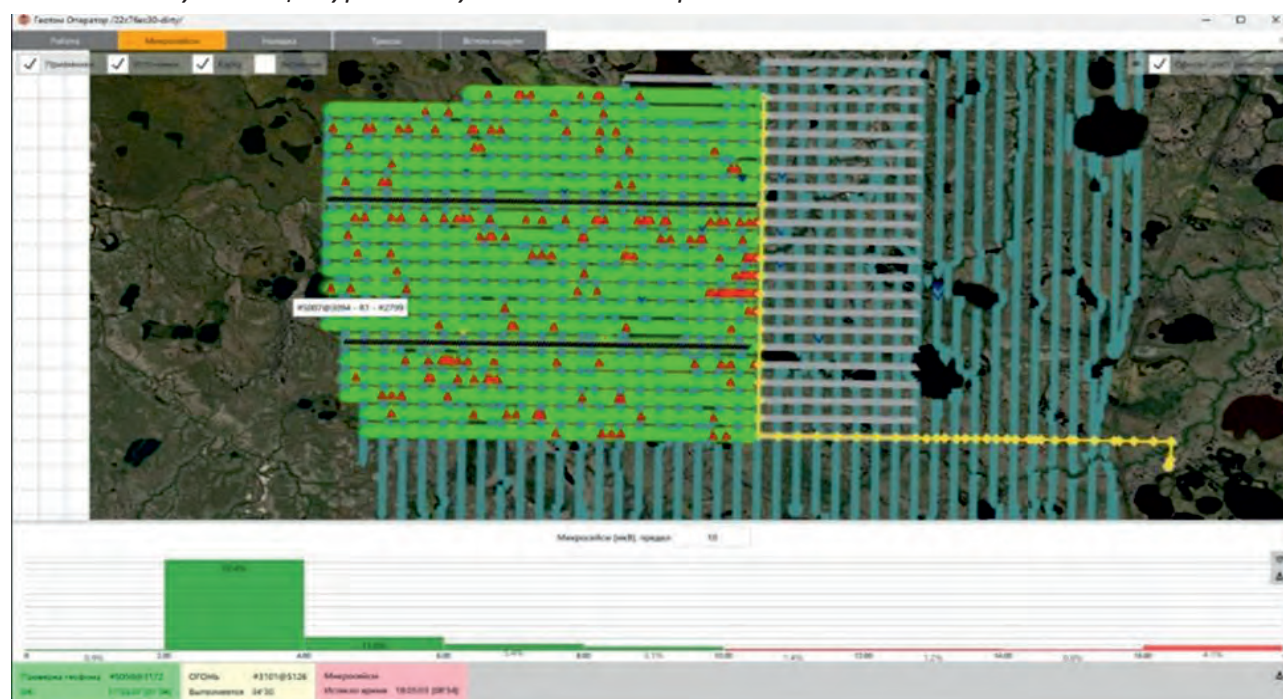
- Контролировать состояние каждого блока приемной расстановки;

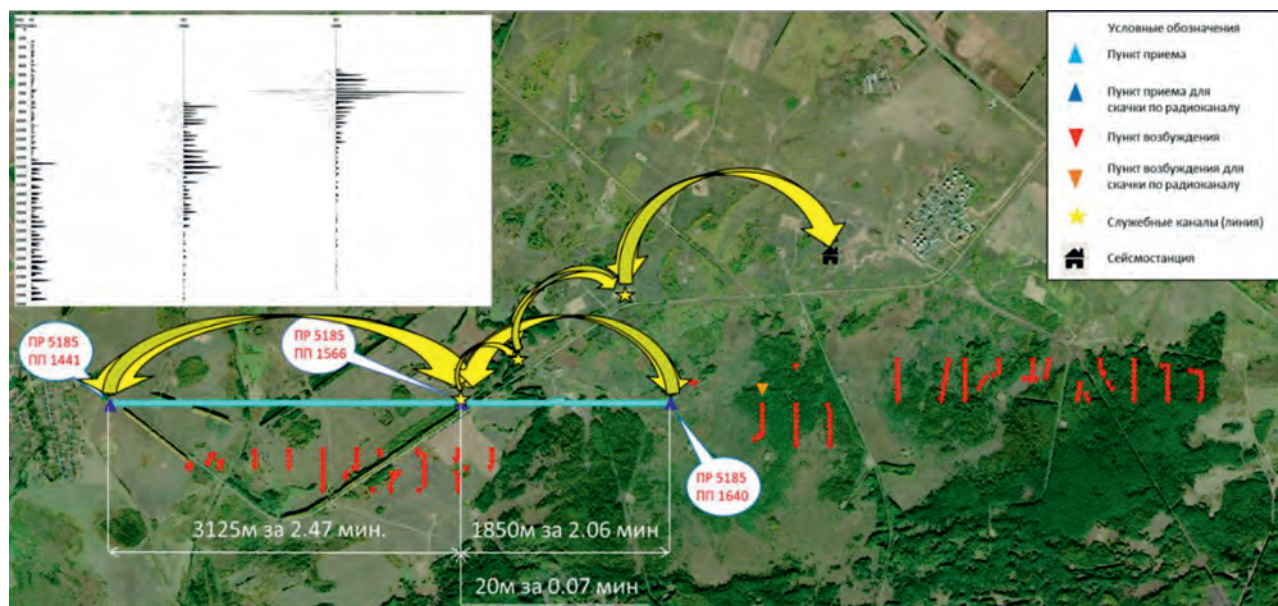
- Контролировать устойчивость радиосигнала;
- Контролировать устойчивость связи со спутниками (необходимо для последующего формирования отметок момента);
- Контролировать состояние памяти каждого блока;
- Контролировать уровень заряда батарей каждого блока;
- Включать и выключать запись;
- Включать и выключать светодиодную сигнализацию всей расстановки и блоков выборочно;
- Задавать допустимый уровень микросейсм и контролировать соответствие уровня микросейсм заданному;
- Управлять источниками возбуждения – ПАК «Геотом» работает со всеми типами источников возбуждения, применяемых в сейсморазведке.

Уровень микросейсм задается оператором сейсмостанции. По запросу визуализируется цветовой индикацией полевых модулей и гистограммой шумов по всей расстановке.

В процессе регистрации оператор для

▼ Рис. 4. Визуализация уровня шумов активной расстановки.





▲ Рис. 5. Скачивание отдельных трасс по радиоканалу.

оперативного контроля получаемого сейсмического материала, выборочно может получить трассу с любых блоков полевой системы наблюдения. Время скачивания данных зависит от дальности выбранного блока от управляющей линии и составляет от 1 до 5 минут для стандартных систем наблюдения с удаленностью от станции порядка 10-15 км.

Возможности ПАК «Геотом» соблюдения требований существующих положений ведения сейсморазведки

Несмотря на большое разнообразие сейсмогеологических условий, в которых проводятся сейсморазведочные работы, требования к контролю технологии и стандарты оценки качества материала остаются неизменными и переходят из проекта в проект, основываясь на вышеупомянутой Инструкции по сейсморазведке. Текст, выделенный курсивом, взят без изменений из типичного проекта, чтобы при оценке возможностей бескабельной системы ПАК «Геотом» не были упущены важные нюансы.

Сейсмотрасса считается браком, если:

- соответствующий канал регис-

трации постоянно либо периодически не регистрирует волновое поле;

- один из параметров соответствующего канала регистрации превышает согласованные заказчиком пределы допусков при тестировании;

- полярность сейсмотрассы не соответствует SEG Polarity 1993;

- форма сигнала сейсмотрассы значительно отличаются от формы сигнала на соседних сейсмотрассах (без объективного обоснования) по амплитуде более чем на 50 %, по фазе более чем на $\frac{1}{4}$ периода;

- сейсмотрасса имеет переполнение разрядной сетки в рабочем интервале записи.

Запись отдельных сейсмотрасс обеспечивается автономными блоками телеметрической системы ПАК «Геотом». Характеристики и работоспособность каждого блока, включая полярность, функционирование АЦП и объем памяти, контролируются на этапе предпроектной подготовки оборудования. Оператор в процессе регистрации удаленно следит за состоянием каждого блока и может включать или выключать запись. При потере связи с блоком или несанкциони-

рованной смене его положения, некорректно работающий канал на экране оператора подсвечивается красным. Проверка расстановки осуществляется автоматически примерно каждые две минуты.

Все сейсмоотрассы остаются в памяти блоков ПАК «Геотом», и могут быть получены по прошествии времени.

Физическое наблюдение считается браком (коэффициент качества 0), если имеет хотя бы один из следующих недостатков, который препятствует выделению целевых отражений и решению геологических задач:

- *характеристики регистрирующей системы при производстве ф.н. не соответствуют стандартам, установленным заводом-изготовителем;*
- *сейсмограмма отсутствует на носителе информации или не считывается;*
- *сейсмограмма имеет неполную длину записи;*
- *сейсмограмма получена при несоблюдении установленных сроков проверки регистрирующей аппаратуры;*
- *сейсмограмма получена при необоснованном нарушении коммутации каналов или геометрии расстановки;*
- *сейсмограмма получена при нарушениях методики работ (условий возбуждения и/или приема сейсмических волн, системы наблюдений);*
- *момент начала записи сейсмограммы смещён относительно момента начала возбуждения на величину, превышающую установленное перед началом работ время задержки запуска источников;*
- *доминантная частота в целевом интервале сейсмической записи менее определенной по результатам опытных работ;*
- *превышен установленный в резуль-*

тате опытных работ процент сейсмоотрасс с уровнем микросейсм средней амплитудой >10 мкВ. Допустимые уровни микросейсм могут быть скорректированы по результатам опытных работ;

- *соотношение сигнал/шум для установленных заказчиком окон (удаление ПП-ПВ - время) ниже уровня, определенного по результатам опытных работ;*
- *в процессе регистрации сейсмограммы произошло прерывание или потеря любых данных о позиционировании;*
- *произошло прерывание функционирования навигационной системы, если наличие запасной не предусмотрено;*
- *произошло раннее или позднее завершение работы навигационной системы;*
- *произошел отказ систем синхронизации источников сейсмических сигналов;*
- *система запуска свип-сигнала и контроля работы вибратора неисправна или имеет характеристики ниже требований ТУ завода-изготовителя;*

Для обеспечения данных требований необходимы три составляющие:

1. Сейсмостанция должна работать в соответствии с заявленными изготовителем параметрами, каждый канал должен находиться в рабочем состоянии с подключенным и установленным сейсмоприемником.

Система ПАК «Геотом» реализует тест «TILT и сопротивление». По результатам данного теста проверяются подключение сейсмоприемников и корректность установки. Время реализации данного теста 20-30 минут. Результаты теста визуализируются цветом на экране оператора (Рис.6.), также в виде тексто-



Рис. 6.
Результаты
теста «tilt –
сопротивление»
в процессе наладки
на экране
оператора
ПАК «Геотом».

вого отчета. При этом практический опыт показывает, что качественная установка полевых модулей с правильно подключенными сейсмоприемниками позволяет свести наладку к минимуму (Рис.7).

2. Уровень шумов при регистрации должен быть ниже установленного требованиями задания на регистрацию.

Система ПАК «Геотом» реализует тест «шум» - автоматически каждые 2 мину-

ты, либо по запросу оператора. Результаты теста визуализируются цветом на экране оператора, сводной гистограммой по (Рис. 8), также в виде текстового отчета.

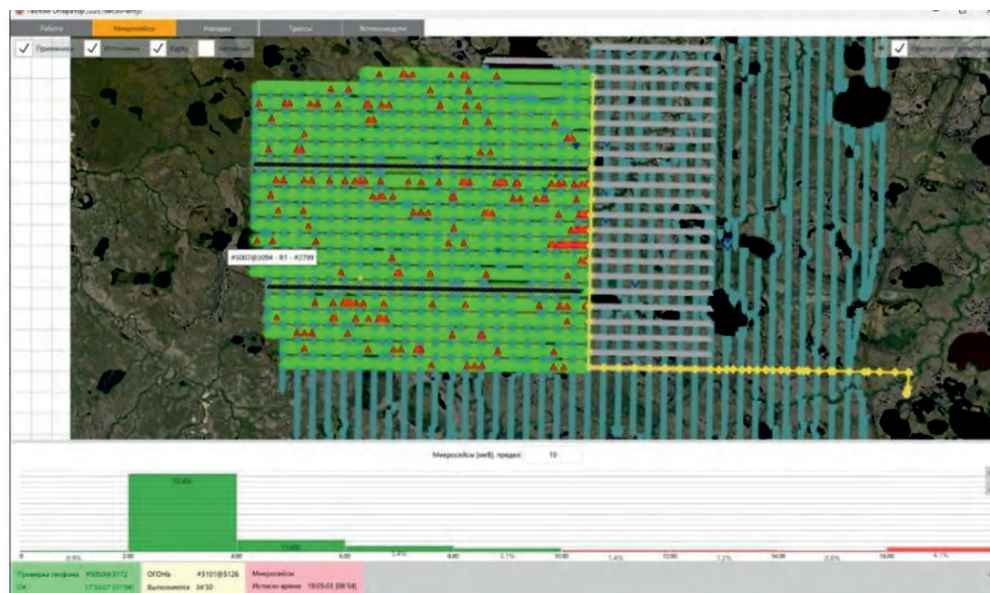
3. Условия возбуждения должны соответствовать установленной методике работ.

ПАК «Геотом» предлагает несколько решений для оперативного анализа



◀ **Рис.7.**
Соблюдение
технологии
установки
сейсмоприёмников
минимизирует
наладку
оборудования.

► Рис. 8.
Окно контроля шумов в окне оператора ПАК «Геотом».



условий возбуждения.

Вариант 1: После отработки каждого ф.н. оператор скачивает по радиоканалу 1-2 трассы из зоны расчета атрибутов для передачи на ПВЦ

Вариант 2: После отработки смены выбирается 2-5 ПП, которые были всегда в активной расстановке, с них скачивается весь отработанный материал за смену, формируются сейсмограммы ОПП, которые передаются на ПВЦ.

ПАК «Геотом» вносит множество преимуществ в технологию проведения сейсморазведочных работ:

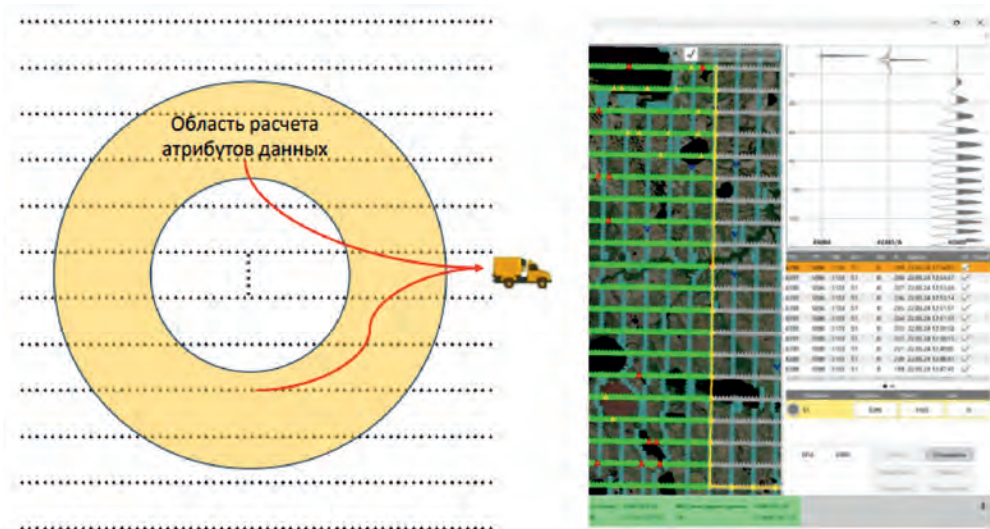
- Так как данные сохраняются в памяти каждого блока, есть возможность скачи-

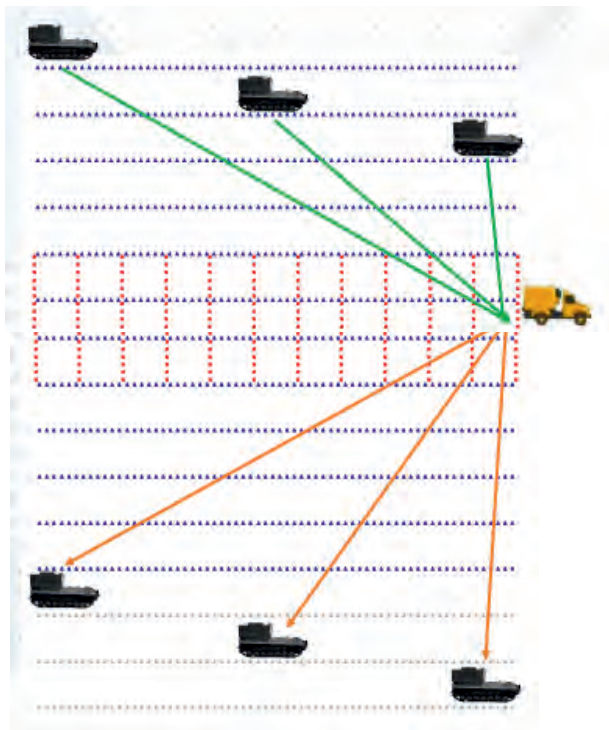
вания информации независимо от технологического процесса спустя некоторое время.

- ПАК «Геотом» позволяет формировать сейсмограммы с длиной записи, превышающей проектную, что особенно актуально в сложных тектонических условиях либо при увеличении глубинности исследования.

- ПАК «Геотом» обеспечивает возможность формирования систем наблюдения, превышающих проектные параметры (full spread), увеличивая длину годографа за счет дополнительных каналов, выходящих за рамки активной расстановки. При этом необходимо помнить, что работа блоков в режиме записи

► Рис. 9.
Выборочное скачивание данных ПАК «Геотом» позволяет контролировать корректность работы источников сейсмических колебаний.





▲ Рис. 10. Схема организации считывания данных при перематке ПАК «Геотом».

повышает расход батарей.

- Кроме того, возможность самонавигации оборудования с точностью RTK менее 0,5 м в постобработке способствует оптимизации процессов топогеодезического обеспечения сейсморазведочных работ.

При всех несомненных плюсах ПАК «Геотом» необходимо взаимодействие с заказчиком в части оперативности получения всего массива сейсмических данных. Технология «Геотом» предусматривает скачивание сейсмических данных в момент перематки. Скорость считывания данных через стационарные модули считывания данных достаточна, чтобы при рациональной организации производственного процесса было возможно считывать данные за 1-2 часа во время обеденного перерыва сейсмобириг после смотки и перед расстановкой оборудования на новые пикеты. (Рис. 10, 11).

Таким образом проектное положение о ежедневном полном анализе сейсмических данных может трансформировать в следующий вид:

Оперативная оценка качества ф.н. для выявления брака производится после передачи данных в полевой центр обработки: визуально по сейсмограммам, по результатам анализа атрибутов сейсмозаписи в полном и высокочастотном (с отфильтрованными низкочастотными помехами) диапазонах.



◀ Рис. 11.



▲ Рис. 12. Заказчики и проекты ПАК «Геотом» 2023-2024 гг.

Закключение

Резюмируя вышесказанное, можно уверенно утверждать, что:

- ПАК «ГЕОТОМ» наиболее адаптивен к технологиям «Зеленой сейсморазведки»;
- ПАК «Геотом» позволяет минимизировать затраты на сейсмическую разведку, может успешно использоваться на сложном рельефе;
- ПАК «Геотом» совместим со всеми регистрирующими системами, работающими в отрасли;
- ПАК «Геотом» является инструментом, гарантирующим получение качественного сейсмического материала;
- ПАК «Геотом» позволяет работать в соответствии с существующими стандартами сейсморазведочных работ.

Это подтверждено на опытно-промышленных проектах и производственных проектах, уже выполненных в различных сейсмогеологических условиях (Рис.12).

По результатам выполненных проектов подготовлен и реализуется в настоящее время ряд документов и соглашений с ведущими компаниями-заказчиками

(ЛУКОЙЛ, Роснефть, Газпром, Газпром Нефть).

- Май 2024 г. Отчет ООО ТСКГ для компании «Газпром Нефть» по работам с использованием ПАК «ГЕОТОМ» в процессе МОГТ 3D НА ЗАПАДНО-УСТЬ-БАЛЫКСКОЙ ПЛОЩАДИ.

- Протокол 12.07.24 ПАО «Роснефть» рассмотрения отчета по ОПР с ПАК «Геотом» на Западно-Усть-Балыкской площади

- Протокол 18-19.06.24 ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь», ООО «Урал Ойл» по рассмотрению опыта производственной эксплуатации ПАК «Геотом» на Усть-Обвинской площади

- 2023 – 2027 г. – Дорожная карта взаимодействия ПАО «Газпром» с ООО «Газпром Нефть» для разработки технологии регистрации сейсмических данных с использованием телеметрической системы.

В зимнем сезоне 2024/2025 гг. реализуется два сейсморазведочных проекта с регистрацией сейсмических данных в производственном режиме с использованием ПАК «Геотом».



▲ Рис. 13. ПАК «Геотом» - это не только эффективно, но еще очень эффектно!

Литература

1. Жужель В.С., Жужель А. С., Натеганова Т. С., Будущее начинается вчера // Приборы и системы разведочной геофизики, 2024 - №1(80).

2. Никонов Е.О., Низовцев С.В., Гурьев С.В., О разработке технологии регистрации сейсмических данных с использованием российских телеметрических систем // Газовая промышленность – 2024 – Спецвыпуск №4 (874) – С.76-79.

3. Слонов Д. Н., Невозможное возможно – качественные и эффективные сейсморазведочные работы в сложных и ограниченных условиях // Приборы и системы разведочной геофизики – 2024 - №4(83). – С. 9 – 18.

4. Гордиенко А.В., Шевченко И.И., Митрофанов Д. Ю., Есипенок И.Н., Попутчик Е.М., Геотом проверили на ЗУБ // Приборы и системы разведочной геофизики – 2024 - №2(81). – С. 86 – 96.

5. Слонов Д.Н., Горбачев С.В., Инструкция по сейсморазведке – догмат или фундамент развития отрасли в журнале // Приборы и системы разведочной геофизики – 2023 - №1(76), с. 6-14

6. Жужель В.С., Жужель А. С., Натеганова Т. С., Будущее начинается вчера // Приборы и системы разведочной геофизики – 2024 - №1(80). – С. 16-26.

7. Тиссен А.А., Революция сейсморазведки в эпоху «ГЕОТОМ» // Приборы и системы разведочной геофизики – 2023 - №2(77). – С. 66-73.

8. Гафаров Р.М., Сибгатуллин А. А., «Геотом» вызывает Таймыр – об испытаниях российского оборудования в компании «Башнефтегеофизика» // Приборы и системы разведочной геофизики – 2023 - №2(77). – С. 74 - 80.

9. Стив Уилкоккс, Чего ожидать в сегменте наземных нодальных систем? – First Break, 2020 – том.38.

Подробнее об авторе



Тиссен
Александр Артурович

Заместитель
генерального директора
ООО «Фирма «Геосейс»

