

Адаптация ПАК «Геотом» к современным вызовам сейсморазведки. Год 2025

- Гурьев С. В., Компания ГЕОСЕЙС, г. Москва
- Савин А. Н., Капустин Д. А., СейсТех, г. Москва

Геофизическая (как и другая высоко-технологическая) аппаратура создается по запросу рынка, как реакция разработчиков на ожидания и потребности пользователей. Однако, существует и обратная закономерность – создание аппаратуры с новым функционалом и возможностями, меняют и технологические подходы к производственным процессам. В сейсморазведке можно привести такие примеры: создание цифровых систем регистрации данных дало мощный импульс развитию площадных систем наблюдения, а появление бескабельных систем сбора данных стимулировало плотных и сверхплотных систем наблюдения, развитие специального «легкого» технологического транспорта,

выход на территории, неудобные для работ кабельным оборудованием.

ПАК «Геотом» - создавался под потребность рынка в российском удобном и надежном сейсморегистрирующем бескабельном оборудовании, причем позволяющим работать в рамках существующих в отрасли стандартов. Ключевые идеи, ставшие основой при создании системы:

- Импортонезависимость;
- Сопоставимость с используемыми системами регистрации, возможность работы совместно;
- Снижение веса и повышение мобильности полевого оборудования;
- Простота в освоении и удобство пользователя;

▼ В сезоне 2025 г. ПАК "Геотом" перешел в стадию производственной эксплуатации.



- Снижение энергопотребления;
- Контроль оборудования в режиме реального времени;
- Адаптируемость под решение новых задач и запросов пользователей.

По итогам промышленной эксплуатации ПАК «Геотом» на двух производственных проектах в зимнем сезоне 2024/2025 можно с уверенностью сказать, что в России появилась система, способная удовлетворить потребности отрасли, изменяющая технологии сейсморазведки, что, в свою очередь, повышает эффективность проведенных работ.

Одним из основных преимуществ данной системы является то, что она полностью разработана и выпускается в России. Техническая поддержка обеспечивается разработчиками, которые продолжают совершенствовать ПАК «Геотом» в тесном сотрудничестве с пользователями.

Эта публикация является приглашением для участников рынка к совместной работе над улучшением российской сейсморегистрирующей системы, а также к обратной связи по идеям разработчиков, которые могут быть востребованы рынком в новых модификациях ПАК «Геотом».

Радиометки RFID технология автоматической идентификации и учета полевых блоков ПАК «Геотом».

На сегодняшний день найти потерянный под снегом или в лесу полевой блок «Геотом» можно. Зная номер блока, оператор в радиусе 200-300 метров отправляет блоку запрос, получает его примерные координаты и далее блок ищется с использованием обычного металлоискателя. Однако, это не очень быстрый процесс (Рис. 2.), а кроме того, запросы должны передаваться рабочего



▲ Рис. 2. Поиск приборов, занесенных снегом может быть трудозатратным.

места оператора – т.е. станция должна попасть в зону непосредственной близости к потерянному блоку. Учитывая компактность и мобильность станции, это тоже не представляет больших трудностей.

Однако, есть решения, позволяющие еще упростить процесс поиска потерянных блоков, одновременно создав систему удобного контроля и учета оборудования без обращения к интерфейсу непосредственно ПАК «Геотом».

RFID (Radio Frequency Identification – радиочастотная идентификация) – технология автоматической идентификации и учета объектов — это технология, которая использует радиосигналы для распознавания объектов. Эти метки состоят из двух основных компонентов:

1. Микрочип — для записи и хранения информации.
2. Антенна — для связи между меткой и оборудованием RFID.

Каждая RFID-метка защищена оболочкой и помещена в маленький пластиковый корпус, который позволяет крепить её к различным объектам. Благодаря меткам, нанесённым на товары и грузы, становится возможной их идентифика-

ция и отслеживание всех перемещений.

На RFID-метку записываются следующие данные:

- Уникальный номер (EPC или UUI), по которому осуществляется идентификация объекта.
- Дополнительная информация, аналогичная штрихкодам, включая символику EAN-128 или стандарт ANSI MH 10.8.2.
- Пароль для доступа к метке или её обнуления.

RFID-считыватели бывают встроенными (например, в терминалы сбора данных), ручными или стационарными и работают с антеннами различных типов. Эти устройства оснащены двусторонними передатчиками, которые ответственны за чтение информации с микрочипов меток.

Портативные системы считывания RFID отличаются компактными размерами и имеют встроенные антенны, обеспечивая автономную работу благодаря аккумуляторам. Заряда достаточно для 4—5 часов непрерывной эксплуатации, а большинство моделей комплектуются сменными аккумуляторами, что позволяет использовать устройства на протяжении всего дня.

Мобильные ридеры оборудованы процессором, жестким диском и оперативной памятью, что дает возможность устанавливать необходимое программное обеспечение для синхронизации и эффективного взаимодействия с компьютером.

Эти портативные RFID-ридеры принадлежат к устройствам промышленного класса, что обуславливает их прочный корпус с высокой степенью защиты от перепадов температур, влаги, пыли и механических ударов.

Для эффективного использования RFID-оборудования необходимо специа-

лизированное программное обеспечение, такое как:

- Программы для учета товаров на определенных платформах (например, 1С:Предприятие).
- Мобильные приложения.
- Клиентские и серверные модули.

Таким образом, все процессы, основанные на RFID-технологии, включают три ключевых этапа:

1. Запись зашифрованной информации на микрочип метки.
2. Считывание данных с радиометки.
3. Расшифровка, анализ и обработка полученной информации.

Работа системы RFID предполагает наличие как минимум двух основных участников: самой метки, прикрепленной к объекту, и приемопередатчика — интеррогатора или считывателя.

Процесс работы RFID-технологии начинается с записи идентификационных данных на метку с помощью специализированного оборудования, например, принтера. Затем тег прикрепляется к объекту. Далее RFID-считыватель устанавливает связь с меткой, генерируя электромагнитное поле, которое питает микрочип. После этого тег активируется и отвечает на запрос, отправляя данные обратно к приемопередатчику через свою антенну; этот процесс называется обратным рассеиванием. RFID-считыватель принимает сигнал от радиометки и фиксирует изменения электромагнитных волн. Полученные данные обрабатываются предустановленным программным обеспечением, после чего информация передается на компьютер, оснащенный необходимым софтом для работы с RFID-метками. Срок жизни RFID-метки - 10 лет. Она устойчива к воздействиям окружающей среды: механическому, температурному, химическому,



Рис. 3.
RFID – метки
и система
контроля
и учета повысит
эффективность
работы
ПАК «Геотом».

влаге. В отличие от наклейки со штрих-кодом или DataMatrix, метка может быть считана даже если ее поверхность загрязнена или стерта.

Автоматическая регистрация перемещения объекта учета из одной зоны в другую позволяет эффективно отслеживать расположение активов. Система предлагает возможность создания цифровой карты, отображающей местоположение объектов в зонах регистрации, что упрощает мониторинг и управление ими. Кроме того, реализована защита от несанкционированного перемещения и выноса объектов учета, что обеспечивает сохранность оборудования.

Остается только добавить, что интерогатор может прекрасно работать в режиме радио «охоты на лис», давая сектор поиска пропавших блоков.

Работа ПАК «Геотом» без предварительной топогеодезической подготовки площади

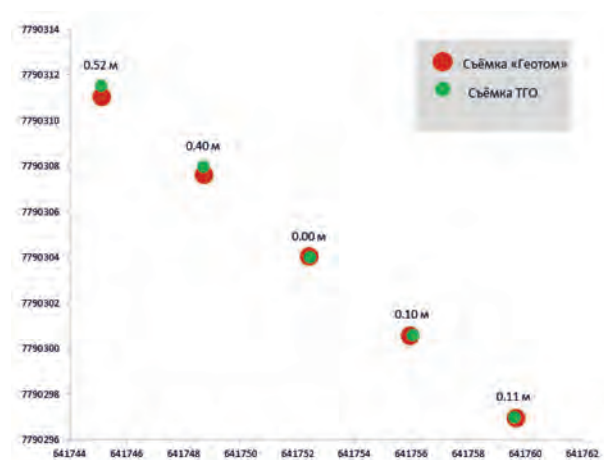
Модули «Геотом» поддерживают четыре навигационные системы: ГЛОНАСС (Россия), GPS (США), GALILEO (ЕС) и QZSS (Япония), обеспечивая широкую совместимость и высокую точность позиционирования. Устройства могут работать в двух режимах — навигации в реальном времени и точной навигации с последующей постобработкой данных.

Проведённая оценка точности позиционирования в режиме постобработки показала среднее отклонение от данных топографической съёмки менее 0,5 метра. Точность координат вполне достаточна для того чтобы каждый полевой блок «Геотом» мог рассматриваться как самостоятельный топогеодезический прибор.

Сопоставление точности позиционирования модулей «Геотом» с данными, полученными штатным геодезическим оборудованием на одном из проектов опытно-производственной эксплуатации. Представлено ниже и на рис.4.

Вешки играют ключевую роль в ориентировании для рабочих сейсмоотряда, как в процессе установки оборудования,

Рис. 4. Сопоставление координат, определенных штатным топооборудованием и по данным ПАК «Геотом» во время опытных работ.



ГЕОТОМ				СНГЕО				Δy	Δx	Δh
2_1	6202149,39	332311,12	102,64	2	6202149,56	332310,97	102,61	0,17	-0,15	-0,03
3_1	6202146,71	332321,26	102,52	3	6202146,89	332321,13	102,53	0,18	-0,13	0,01
4_1	6202144,49	332331,09	102,48	4	6202144,49	332331,26	102,48	0,00	0,17	0,01

так и при последующем его поиске, если оно было засыпано снегом. Оборудование, которое остается на одном и том же месте на протяжении длительного времени, имеет высокую вероятность быть скрытым под снежным покровом. При этом, если отсутствуют специальные инструменты и современные технологии, предназначенные для поиска приборов под снегом, процесс их обнаружения становится значительно более трудоемким и времязатратным. Это может привести к увеличению временных расходов на выполнение работ и снижению общей эффективности сейсморазведки.

С точки зрения качества материала обязательное размещение приемных пикетов в заранее определенных точках, обозначенных вешками до начала сейсмоопераций, не требуется. Системы с

псевдослучайным расположением площадок возбуждения (ПВ) и приема (ПП) используются уже давно, особенно в районах с развитой инфраструктурой или сложным рельефом, где нет возможности регулярно размещать линии. В этой связи возникают отклонения от линейного расположения как для приемных, так и для возбуждающих профилей.

На этапе обработки нерегулярных сейсмических данных, важно учитывать распределение сейсмических трасс по площади и бинам съемки. В ходе полевых работ основным показателем кондиционности является общая кратность наблюдений на объекте, а также в идеале контроль за заполнением трассами ближних, средних и дальних удалений. Специалисты-геофизики сталкиваются с неравномерным распределением трасс

▼ **Рис. 5. Этапы регуляризации данных в классах общих удалений. [1].**

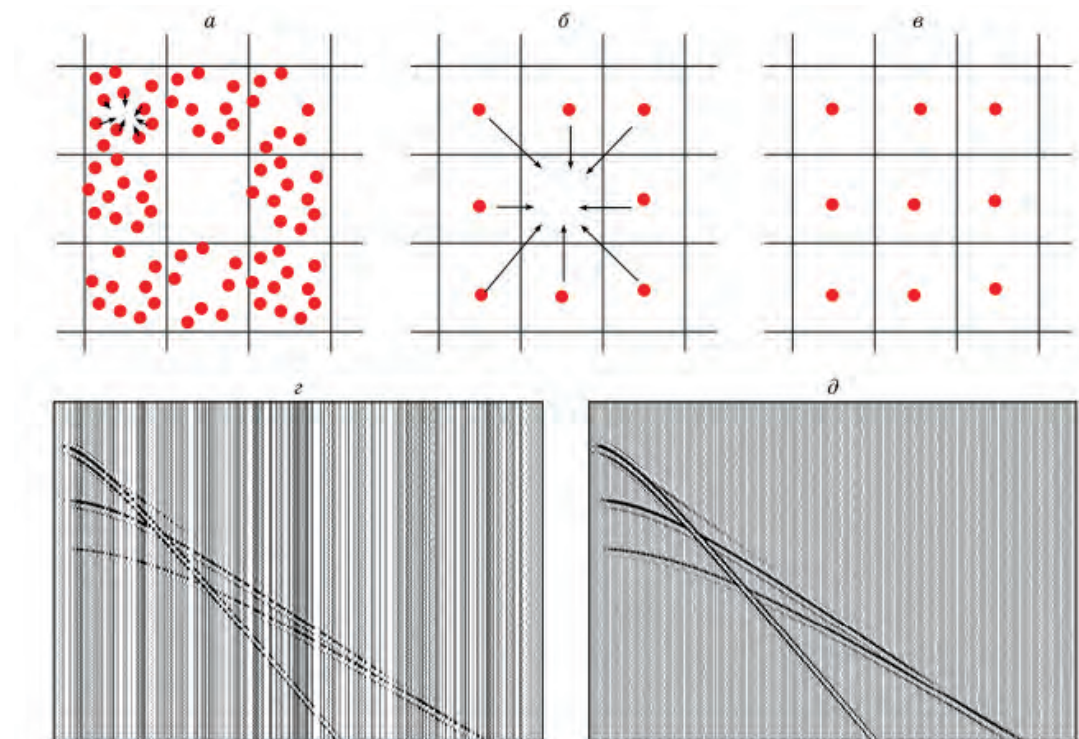
а – этап интерполяции трасс внутри одного бина с целью получения трассы, соответствующей центру бина;

б – этап интерполяции трассы в бине, который не был заполнен во время полевых работ;

в – результат регуляризации в классе удалений;

г – модельная сейсмограмма до процедуры регуляризации;

д – модельная сейсмограмма после регуляризации.



по классам удалений при анализе сейсмических данных и умеют с этим прекрасно бороться.

Существует несколько методов компенсации неравномерности заполнения бинов трассами в процессе обработки сейсмических данных. Качество конечного результата миграции сильно зависит от выбранной стратегии компенсации несоответствий в сейсмических наблюдениях.

Процесс регуляризации представляет собой технологию, нацеленную на выравнивание кратности и восполнение недостающих трасс в бинах сейсмических данных. Регуляризация предполагает интерполяцию трасс по всему объему полевых данных, что позволяет приблизить их к проектируемым показателям. Современные вычислительные мощности позволяют использовать эту технологию в 3D-проектах любого масштаба с оптимальными параметрами, что способствует снижению субъективных ошибок со стороны геофизика-обработчика и обеспечивает получение объективных данных.

Для учета кривизны профиля выполняется криволинейное бинирование по оптимизированной схеме - длительный по времени интерактивный процесс перебора ширины бина.

Независимо от выбора типа регуляризации, решаются следующие задачи в той или иной степени:

1. Сейсмические трассы пересчитываются на заданную регулярную сетку расстояний.
2. Отсутствующие трассы восстанавливаются методом интерполяции.
3. Избыточные трассы обрабатываются и нормируются по амплитуде.
4. Средние точки пересчитываются до центра бина.
5. Кратность гармонизируется.

Таким образом, при обработке материала с точно зафиксированными координатами каждого приемного и возбуждающего пикета, последующее получение кондиционной и полной информации становится несложной задачей.

ПАК «Геотом», благодаря современным электронным компонентам, входящим в его состав, способен успешно выполнять самопозиционирование. То есть предлагается провести адаптацию технологии «Геотом» для работы без предварительной топогеодезии, с установкой вешек на каждом приемном пикете.

Расстановку полевых модулей осуществлять с примерной точностью с использованием бытовых навигационных инструментов типа GARMIN. И хотя, приборы будут стоять не по точной сетке, заданной проектировщиками, в обработке использовать данные, получаемые с каждого блока.

Однако, для реализации данной опции в технологии ПАК «Геотом» необходимо:

1. Найти заказчика, готового работать без привычных вешек и оперативно-го контроля топогеодезических данных по сетке приемных пикетов, установленных относительно нерегулярно.
2. Реализовать систему радиометок, чтобы оперативно вести поиск блоков под снегом без вешек.
3. Реализовать систему визуализации распределения полевых блоков «Геотом» по площади на экране оператора, для определения оперативного контроля равномерности полевой системы наблюдения
4. Разработать технологию расстановки блоков ПАК «Геотом» без использования вешек в виде простых и понятных действий рабочего персонала.

широко применяемого оконного анализа QC), рассчитана доминантная частота или средняя амплитуда. И результат расчета будет передаваться по радиоканалу с определенной технологией и оператором периодичностью.

Однако, для реализации данной возможности также необходима готовность пользователя и заказчика исследований рассматривать полученные цифры как инструмент для оперативного контроля качества материала.

И это не столько вопрос разработки ПАК «Геотом», сколько необходимость сейсморазведчиков учитывать существующие в отрасли нормативные документы.

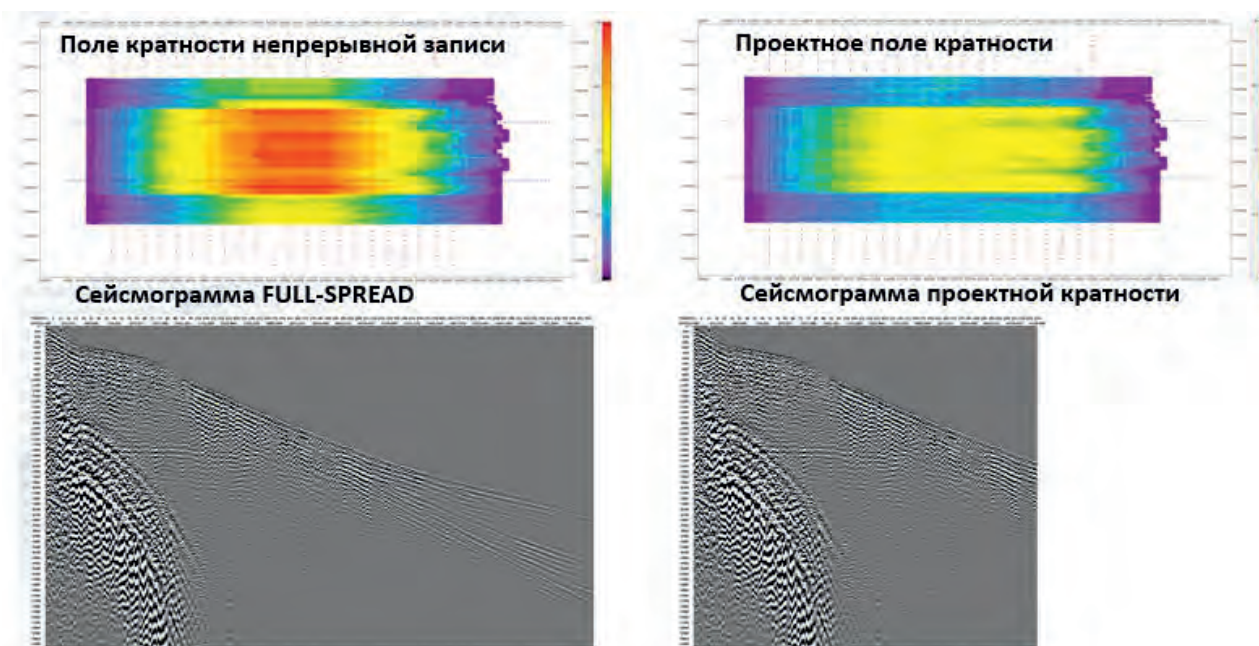
Работа full-spread – целесообразность геологическая и технологические возможности ПАК «Геотом»

Эффекты AVO проявляются на больших удалениях. Традиционная AVO-инверсия не подходит для работы с закритическими отражениями, так как она ограничена умеренными углами падения волны и малыми перепадами параметров на

границах сред. В таких условиях для описания зависимости амплитуд от удалений применяются линейаризованные плоско-волновые коэффициенты отражения (PWRC). Однако PWRC справедливо описывает явления отражения и преломления только на плоской границе между однородными средами. В реальных условиях границы ведут себя более сложно, что существенно усложняет поведение волнового поля. Кроме того, в рамках лучевого метода невозможно корректно рассчитать волновое поле вблизи критической точки, где возникает головная волна, а также в закритической области, где наблюдается интерференция отраженной и головной волн. Поэтому получение данных на больших расстояниях является критически важным для более точного анализа и интерпретации результатов.

Именно для получения дальних удалений существует тенденция увеличения активной расстановки при проведении сейсморазведочных исследований. При этом процесс не может происходить бесконечно, ограничиваясь экономичес-

- ▼ Рис. 7. ПАК «Геотом» позволяет вести регистрацию на всю имеющуюся расстановку, обеспечивая увеличение кратности и получение информации на дальних удалениях.



кой целесообразностью оптимальной канальности съемки. В то же время, технология работы с ПАК «Геотом» предполагает контроль оператором активной расстановки, постепенное отключение выходящих из работы каналов из режима регистрации данных. Прежде всего, для экономии заряда батарей. В то же время, практическая работа происходит в режиме включения всей расстановки для планируемого отстрела, и отключения регистрации также на всей расстановки после проведения всех намеченных возбуждений сейсмического сигнала. И при этом отключение части расстановки не проводится во избежание субъективных ошибок. То есть при работе происходит регистрация данных на гораздо большей канальности, чем определено заданием на регистрацию. При этом также происходит существенное увеличение кратности наблюдений. И эти данные получаются без особых дополнительных усилий и затрат.

Желание использовать возможность регистрации данных на больших удалениях с помощью нодальных систем запатентовано. Заявка: 2019103392, 07.07.2017 Владелец патента: ШЛЮМБЕРГЕР ТЕКНОЛОДЖИ Б.В. (NL) Автор: МОЛДОВЕАНУ, Николае (US), НЕССИМ, Морис (US), Публикация: 2021.06.22, Система наземной сейсмической съемки состоит из множества датчиков, которые расположены далеко за пределами стандартных наблюдательных зон. Эти датчики создают область приемных пунктов с большим удалением, где нет обычных приемников, и определяют границу для получения информации, нужной для качественной инверсии. Главный результат этой системы состоит в увеличении информативности сейсморазведочных работ, так как она позволяет собирать данные на больших и сверхбольших расстояниях.

Существование подобных патентов говорит о целесообразности регистрации на больших удалениях. А ПАК «Геотом» позволяет это реализовывать. И эта дополнительная, относительно стандартного геологического задания информация и технология может стать предметом диалога между заказчиком работы и геофизическими компаниями, использующими в работе ПАК «Геотом».

Аккумуляторы или батареи?



В настоящее время питание полевых блоков ПАК «Геотом» осуществляется батарейным блоком, который обеспечивает срок работы более 100 дней при непрерывной записи с дискретизацией 2 мс и температуре окружающей среды - 40°C. При выключении записи расхода энергии практически не происходит. При этом длительное хранение батарей не снижает их емкостных свойств. Реализованные в зимнем 2025 г. сезоне проекты подтвердили данные расчеты. Среднее снижение заряда батарей за сезон – около 30%.

Выбор использования батареек вместо аккумуляторов в ПАК Геотом определен сочетанием факторов, включающих в себя надежность в условиях низких температур, простоту эксплуатации, долгий срок хранения, устойчивость к внешним факторам, снижение веса и экономические соображения. Выполненные в 2025 году проекты показали, что расчеты разработчиков системы в части расходования батарей на реальных производственных проектах подтвердились практикой.

Выбор в пользу батарей в сложных условиях эксплуатации определялся следующими резонами:

1. Работа в условиях низких температур - Сохранение производительности: Литиевые батарейки показывают более стабильную производительность при низких температурах по сравнению с литиевыми аккумуляторами, которые могут терять значительную емкость в холоде. Для применения в морозных условиях это может быть критически важным, так как надежность и доступность энергии напрямую влияют на эффективность работы оборудования.

2. Простота эксплуатации - Не требуют зарядки: Батарейки, как правило, проще в использовании, так как не нуждаются в зарядных устройствах и дополнительных проводах. Это уменьшает количество необходимых компонентов и упрощает систему, что важно для мобильных и автономных решений, как ПАК Геотом.

3. Долгий срок хранения - Срок службы: Литиевые батарейки имеют длительный срок хранения. Это может быть важным фактором для ПАК, предназначенных для длительного хранения или использования в экстренных ситуациях, когда устройства могут использоваться нечасто.

4. Устойчивость к внешним факторам: Одноразовые батарейки менее чувствительны к неблагоприятным условиям эксплуатации (влажность, пыль и т.д.) по сравнению с аккумуляторами, которые могут быть более уязвимы к перегреву, замерзанию и механическим повреждениям.

5. Снижение веса и размеров - Компактность: Использование батареек может позволить уменьшить общий вес и размеры устройства, что особенно важно для переносных автономных систем, где каждое дополнение к весу имеет значение.

6. Экономические факторы - Снижение затрат: В некоторых случаях использование одноразовых батареек может оказаться экономически целесообразным решением, поскольку нет необходимости в зарядных устройствах и другом оборудовании для обслуживания аккумуляторов.

Однако ПАК «Геотом» работает не только в экстремально минусовых температурах. А также не все пользователи полностью разделяют идеологию использования одноразовых элементов питания. В связи с этим планируется разработка опционального питания ПАК «Геотом» с использованием заряжаемых аккумуляторов.

Опция использования аккумуляторов в ПАК Геотом может быть полезна по следующим причинам:

1. Экономия ресурсов: Перезаряжаемые аккумуляторы могут снизить долгосрочные затраты на энергию, так как их можно использовать многократно, в отличие от одноразовых батареек.

2. Экологичность: Использование аккумуляторов уменьшает количество отходов, связанных с утилизацией батареек, что делает продукт более экологически чистым.

3. Увеличение времени работы: Аккумуляторы, особенно внешние, могут обеспечивать большую емкость, что может привести к более длительному времени работы устройства без необходимости замены источника питания.

4. Гибкость в использовании: Возможность использования как батареек, так и аккумуляторов позволяет пользователям адаптировать ПАК под конкретные условия эксплуатации: в условиях, где доступ к зарядке возможен, можно использовать аккумуляторы, а в условиях определенного времени использования — батарейки.

5. Технологические обновления: Внедрение аккумуляторов может привлечь пользователей, ценящих новые технологии и возможность модернизации своих устройств.

Внедрение опции использования аккумуляторов увеличит универсальность и функциональность ПАК Геотом, делая его более привлекательным для пользователей с различными потребностями.

Заключение

В дополнение к развернутым в публикации опциям для развития системы и технологии ПАК «Геотом», имеются и другие идеи от пользователей, способные значительно улучшить его функциональность и удобство эксплуатации. Учитывая предпочтения пользователей, можно существенно развить оборудование ПАК «Геотом», повысив ее вариативность, универсальность и адаптивность для решения множества задач в полевых условиях.

И еще. Развитие аппаратуры неизбежно связано с необходимостью учета действующих стандартов сейсморазведки. Вопрос их изменений давно назрел. И хочется предложить авторам будущих требований к сейсморазведчикам учитывать возможности ПАК «Геотом», в том числе, и пока нереализованные.

И данная публикация – приглашение к совместному творчеству в этом направлении.

Литература

1. Тиссен А. А., Рыночные перспективы ПАК «Геотом» - российской телеметрической сейсморегистрирующей системы // Приборы и системы разведочной геофизики – 2025 - № 1(84). – С.20-31.
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.

ПАК «Геотом» - к новым высотам инноваций.



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. Мосягин, Е. В. Технология обработки данных речной сейсморазведки в Восточной Сибири.: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук (специальность 1.6.9 – Геофизика); Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, Лаборатория динамических проблем сейсмики. - Новосибирск, 2024. - 22 с. . ГРНТИ 38.57.23. УДК 550.834(282) (571.5)(043).

5. 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.

6. Носов А.В., Старков К.Р., Юрикова А.В., Яковлев А.П. Анализ результативности применения регуляризации сейсмических данных на примере акваторий Черного, Охотского и Карибского морей // Технологии сейсморазведки. 2011. № 1. С. 46–51. УДК 550.834. URL: <http://ts.ipgg.nsc.ru>

Подробнее об авторах



Гурьев
Сергей Владимирович

Компания ГЕОСЕЙС



Савин
Алексей Николаевич

Компания СейсТех



Капустин
Дмитрий Александрович

Компания СейсТех