

**ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ
РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ**

ОБЩЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ

СПЕЦ

ВЫПУСК

2025

ТЕМА НОМЕРА:

ЛАБОРАТОРИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДКИ





ТЮМЕНСКАЯ СЕРВИСНАЯ
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ



TUMSGK.RU

Инновационная
научно-производственная
компания



SIGMA-GEO.RU

Фирма Геосейс



ГЕОСЕЙС.РФ

ТЕМА НОМЕРА:**«Лаборатория технологий геологоразведки»****КОЛОНКА РЕДАКТОРА**

Главный редактор Слонов Д.Н. 4

ТЕМА НОМЕРА**Холмогорский технологический полигон – лаборатория новых решений в разведочной геофизике**
Воцалевский В.З., Гордиенко А.В. 5**Совершенствуя технологии, формируем будущее разведочной геофизики России**
Камалтдинов Р.Р. 12**СИГМА-ГЕО: от геологических задач к эффективным решениям**
Агафонов Ю.А., Агафонов Е.А., Немцева Д.Б. 20**Адаптация ПАК «Геотом» к современным вызовам сейсморазведки. Год 2025**
Гурьев С.В., Савин А.Н., Капустин Д.А. 26**Комплексирование сейсморазведки и электроразведки – значимое повышение информативности и оптимизация затрат на полевые работы**
Агафонов Ю.А., Немцева Д.Б., Оцимик А.А., Мисюркеева Н.В., Селяев В.А. 38**ФУТПРИНТ – интеллектуальный геомониторинг безопасного производства и управления сейсмопартией**
Шевченко И.И., Савченко С.А. 49**Технико-экономическое обоснование внедрения ПАК «Геотом» на проектах 3D в России**
Гурьев С.В., Тиссен А.А. 54**Электроразведочная аппаратура компании «СИГМА-ГЕО», как технологическое решение для геологоразведки нового поколения**
Шарлов М.В., Агафонов Ю.А., Пестюрин Т.Н. 62**Практический опыт работы с ПАК «Геотом». Сезон 2025**
Отзывы пользователей и комментарии авторов технологии 71**Главный редактор:**
Слонов Д.Н.**Редакционная коллегия:**к.т.н. Абдулвалиев М.Т.
д.ф.-м.н. Александров П. Н.
к.т.н. Белоусов А.В.
к.г.-м.н. Волкова Е.Н.
к.т.н. Гафаров Р.М.
д.т.н. Гогоненков Г.Н.
к.т.н. Горбачев С.В.
Гурьев С.В.
к.т.н. Дагаев И.Л.
к.т.н. Детков В.А.
д.т.н. Жуков А.П.
к.г.-м.н. Золотая Л.А.
д.т.н. Кострыгин Ю.П.
д.г.-м.н. Михеев С.И.
к.т.н. Тарасов Н.В.
к.т.н. Циммерман В.В.
к.т.н. Череповский А.В.
д.т.н. Шехтман Г.А.
к.г.-м.н. Шиманский С.В.**Руководитель проекта**
Матвеев С.А.**Корректор:**
Пачикина М.И.**Учредитель:**
СРО МОО ЕАГО**Издатель:**
ООО «ПСРГео»**Адрес издательства:**
г. Саратов, ул. Крайняя, д. 129
Телефон +7-987-822-68-37**Обложка и оформление:**
Мокроусов Д.В.**Вёрстка:**
Мокроусов Д.В.Тираж отпечатан
ИП Волоконский
Андрей Викторович
Тел.: +7-905-326-0213
Тираж: 300 экз.Подписано в печать:
17.05.2025Дата выпуска:
24.05.2025

Ответственность за подбор и изложение фактов в статьях несут авторы. Редакция может публиковать статьи, не разделяя точки зрения авторов. Контакты с авторами статей ведутся через редакцию.

Издание зарегистрировано в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций за номером ПИ № 77-7906 от 27.04.2001 г.
ISSN: 2074-8906
Web-сайт: psrgeo.ru

Организатор журнала:

Турлов П.А.

Уважаемые коллеги!

Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики» собирает большое количество информации, представляющей интерес для различных сегментов нашей аудитории. Иногда материалы в нем настолько актуальны и значимы, что вызывают заинтересованность буквально у каждого, кто открывает наше издание. Однако с увеличением объема информации становится все сложнее уместить все материалы всего лишь в четыре выпуска в год. Причем не столько по объему, а, скорее, по всего четырем обозначенным редакционной коллегией темам. Несмотря на их адаптивность и универсальность. Данный номер является некой «пробой пера», когда важное и знаковое для отрасли событие выносится в отдельную тему.

Предлагаем вашему вниманию специальный выпуск «Лаборатория новых технологий», приуроченный к Технологическому форуму Центра разведочной геофизики ООО «ГПН-ГЕО» - мероприятию, традиционно собирающему специалистов-практиков. Номер посвящен одному очень интересному проекту, с аспектами и нюансами которого я сумел познакомиться непосредственно в полевой партии во время выполнения работ.

В 2025 году компания ТСГК выполнила проект 3D в ЯНАО, который аккумулировал в себе и новые идеи, и отличную организацию, и существенный для односезонного проекта объем. Реализация проекта оказалась возможна благодаря слаженной работе команды исполнителей и заказчика.

Сейсморазведка 3D на данном объекте является важнейшим этапом, который обеспечивает минимизацию геологических рисков, подтверждение запасов Ачимовской толщи и эффективную разработку месторождения. В зимний сезон 2024–2025 гг. работы проводились с использованием технологии «Зеленая сейсмика»[®] с применением взрыв-

ного источника. Этот современный и экологически бережный подход обеспечивает точность разведки, одновременно значительно сокращая негативное воздействие на окружающую среду.

Кроме проведения производственной сейсморазведки на участке осуществлялись электроразведочные работы методом зондирования в ближней зоне (ЗСБ), а также опытно-производственные испытания по дублированию части съемки технологией высокоплотной сейсморазведки и использованием одиночного импульсного сигнала.

Под одной обложкой мы предложили компаниям, чья совместная работа оказалась основой для успешного выполнения полевого этапа данного уникального проекта, рассказать о своих идеях и технологиях, которые наверняка заинтересуют других участников рынка.

Развитие нашей отрасли сегодня требует гибких решений, эффективного партнерства и постоянного внедрения инновационных подходов для достижения устойчивого прогресса. Я уверен, что компании «ТСГК», «СИГМАГЕО», «Сейстех» и «Фирма «Гео-сейс» успешно справились не только со сложным проектом, но и с задачей рассказать о своих передовых технологиях и оборудовании на страницах нашего издания.

Интересного вам прочтения специального выпуска журнала «Приборы и системы разведочной геофизики».



Главный редактор журнала «Приборы и системы разведочной геофизики»

Слонов Д.Н.

Холмогорский технологический полигон – лаборатория новых решений в разведочной геофизике



Руководитель
Центра разведочной
геофизики

Владислав Воцалевский



Руководитель
направления Центра
разведочной геофизики,
блок геологии и разработки
Гордиенко Артем

СПРАВКА: По данным сайта <https://neftegaz.ru/> Холмогорское нефтяное месторождение расположено в ЯНАО (большая часть месторождения находится в ХМАО) в 540 км к юго-востоку от г. Салехарда. Находится в 70 км юго-восточнее Восточно-Перевального месторождения. Приурочено к серии локальных поднятий Надымской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП). Холмогорское месторождение было открыто в 1973 г. скважиной №1 Главтюмень-геологии. По отражающему горизонту «Б» поднятия оконтурены изогипсой - 2850 м. Фундамент не вскрыт.

В пределах Холмогорского месторождения выявлены 6 нефтяных залежей пластово-сводового и литологически экранированного типов. Коллектором служат песчаники с линзовидными прослоями глин. Нефтеносность Холмогорского месторождения связана с отложениями юрского возраста.

Холмогорское месторождение находится в распределенном фонде недр и относится к классу крупных, а по степени промышленной освоенности - к разрабатываемым. Оператор месторождения - «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз».

Особенностью Холмогорского месторождения является его высокая истощенность. Объемы добычи на нем постепенно начали падать с 1993 г. В 1996 г. эксперты сделали вывод, что запасы истощены более чем на 60%. К 2000 г. выработка увеличилась до 96%.

Источник: <https://neftegaz.ru/tech-library/mestorozhdeniya/522475-kholmogorskoe-neftyanoe-mestorozhdenie/>

Введение в проект

Холмогорский проект стал объектом особого внимания специалистов, поскольку месторождение обладает значительным потенциалом для вовлечения в разработку запасов ачимовской толщи (АТ). Однако его сложное геологическое строение и низкая степень изученности потребовали проведения масштабных исследований. Существующие данные 2D не позволили точно определить геометрию залежей, контуры нефтеносности и параметры коллекторов. На соседних месторождениях, таких как Карамовское и Имилорское,

проведение сейсморазведки 3D существенно уточнило геологические модели и увеличило ресурсную базу.

Сейсморазведка 3D на Холмогорском месторождении представляет собой ключевой этап, который критически важен для минимизации геологических рисков, подтверждения запасов Ачимовской толщи (АТ) и обеспечения рентабельной разработки месторождения. В зимний сезон 2024–2025 годов работы выполнялись с применением технологии «Зеленая сейсмика». Этот современный подход не только способствовал более точной разведке, но и



▲ Рис. 1. Технологии и техника, позволяющие сократить ширину просек в лесах, создаваемых для расстановки и доставки оборудования, – основа «зеленой» сейсморазведки.

позволил повысить экологичность работ, сохранив деревья. Такие усилия подчеркивают нашу приверженность к экологически безопасным методам разработки.

****«Зеленая сейсмика»**** — это технология экологичной геологоразведки, созданная «Газпром нефтью». Она основана на применении облегченных технических средств и беспроводных систем, что обеспечивает высокую экологичность и безопасность работ, а также минимизирует углеродный след поисковых проектов.

С 2022 года все проекты «Газпром нефти», проводившиеся в лесных массивах, реализовывались только с использованием «Зеленой сейсмики». Этот подход помог сохранить более 8 миллионов деревьев, которые производят 750 миллионов кубометров кислорода в год. Этого объема достаточно для обеспечения кислородом десяти городов общей численностью 7,5 миллиона человек.

Помимо производственной сейсморазведки, на участке выполнялись электроразведочные работы (ЭРР) методом зондирования становлением в ближней зоне (ЗСБ), а также опытно-производственные испытания по возбуждению импульсного сигнала в движении.

Основным подрядчиком выполнения полевого этапа проекта выступила компания «ТСГК»

Сложные условия и их преодоление

Болота и озера

Заболоченность участка достигала 70%, а заозерность — 30%. Выполнение работ в зимнее время требовало особого подхода в планировании работ из-за теплой зимы. Для обеспечения проходимости использовались буровые установки на различных шасси, с различным давлением на поверхность, способные эффективно работать и доехать до места работы с учетом поверхностных особенностей. Организовывались снежные дороги с применением технологии накатки и проминки, чтобы уплотнить снег и создать устойчивую основу, выдерживающую нагрузку оборудования и минимизирующую риск провалов или повреждений хрупкого ледового покрова.

▼ Рис. 2. Высокая заболоченность участка работ – стандартные условия работы в ЯНАО



Многолетнемерзлые породы (ММП)

В ходе сейсморазведочных работ в зоне многолетнемерзлых пород были опробованы различные варианты параметров бурения для оптимизации качества получаемого сигнала. Первоначально проводилось контрольное бурение одиночных скважин глубиной 21 метр с зарядом 2 кг, затем глубина была увеличена до 24 метров и более с той же массой заряда. Однако это не привело к улучшению результатов. Для повышения интенсивности полезного сигнала тестировались группы скважин. Первая группа состояла из трех скважин по 12 метров каждая с зарядом 1 кг при базе группирования 30 метров, вторая группа имела аналогичные параметры, но с зарядом 2 кг. Анализ показал, что использование групп скважин существенно улучшало соотношение сигнал/помеха (S/N): для групп с зарядом 1 кг значение S/N достигало 38,5–12,8 в зависимости от уровня шума, а для групп с зарядом 2 кг — 57,3–16,4.

Повторное бурение под контролем супервайзера не привело к существенному улучшению материала. По итогам исследований был сделан вывод, что в текущих условиях и с имеющимися техническими ресурсами добиться гарантированных эталонных значений атрибутов не удалось. Наличие многолетнемерзлых пород потребовало применения специальных буровых коронок и больших временных затрат на выбор оптимальной методики возбуждения. Это позволило избежать существенных потерь энергии сигнала и определить оптимальное качество данных.

Техногенные объекты

Для успешного выполнения работ в зоне техногенной нагрузки использовались актуальные материалы ортофотоплана и цифровая модель местности. Эти

данные позволяли детально спроектировать съемку, спланировать полевые работы и разработать мероприятия, направленные на минимизацию потерь номинальной кратности. На исследуемом участке находились нефтепроводы, линии электропередачи и дороги, которые создавали ограничения для размещения профилей. Заблаговременно были получены технические регламенты от владельцев коммуникаций, в которых определялись границы охранных зон для каждой из них. Учет этих зон стал ключевым фактором при планировании работ, так как их соблюдение помогло избежать нарушений безопасности и снизить воздействие на качество результирующих данных.

Методы, технологии и инструменты

Ортофотоплан и цифровая модель местности

Воздушное лазерное сканирование и цифровая аэрофотосъемка стали высокоэффективными технологиями для выполнения сейсморазведочных работ, обеспечив комплексное изучение территории. Полученные материалы, включая ортофотопланы высокого разрешения (10–20 см) и цифровые модели рельефа с точностью до 0,5 метра, позволили решать широкий спектр задач: от корректировки расположения объектов инфраструктуры на векторных слоях GIS до детального планирования полевых работ с учетом охранных зон промышленных и жилых объектов. Особую ценность представляла возможность использования данных для определения оптимального размещения пунктов возбуждения и приема сейсмических сигналов (ПВ и ПП) с учетом особенностей рельефа и инфраструктуры местности, уточнения их альтитуд, а также оперативного сопос-

тавления фактических поверхностных условий с зарегистрированными параметрами сейсмограмм. Применение этих технологий значительно повысило точность планирования и контроля качества полевых работ, позволило выявлять и учитывать природно-техногенные факторы, влияющие на результаты съемки, что в конечном итоге способствовало повышению достоверности и эффективности сейсморазведочных работ в целом.

Беспроводное оборудование

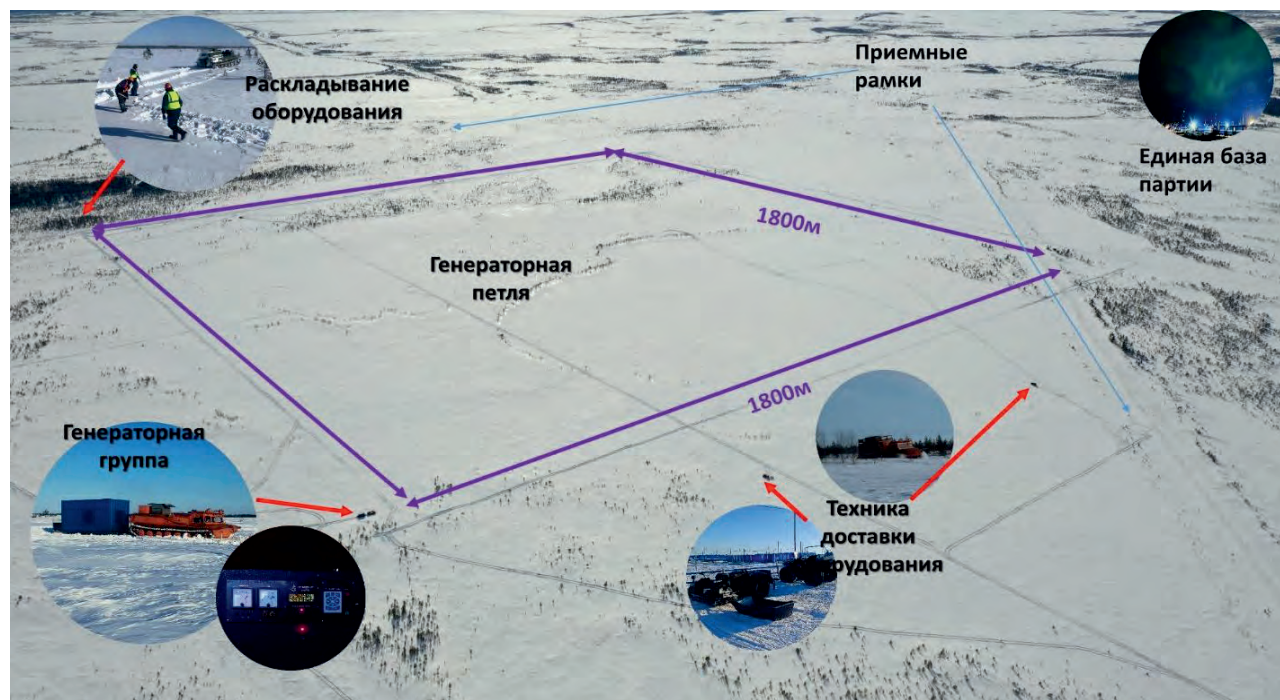
В проекте применялось беспроводное геофизическое оборудование двух типов: система «RT System-2» и отечественный программно-аппаратный комплекс «Геотом» (ПАК «Геотом»). Обе системы обеспечивали высокоточную регистрацию сейсмических данных без использования кабельных соединений, что было особенно важно для работы в труднодоступных и экологически чувствительных зонах. Оборудование соответствовало требованиям проекта, включая контроль качества данных в режиме реального времени, автономную работу при низких температурах и совместимость с форматами данных SEG-D/SEG-Y. Для установки сейсмоприемников использовались одиночные датчики с чувствительностью не хуже 80 В/м/с и собственной частотой 6 Гц, которые заглублялись в грунт (плотный снег) для минимизации внешних помех. Плотный контакт грунт/штырь геофона обеспечивал специальный инструмент – погружатель, который мог захватить одиночный прибор и под весом рабочего заглубить его до плотной структуры снега. Это позволило эффективно решать геологические задачи проекта с применением технологии «Зеленая сейсмика», минимизируя воздействие на окружающую среду.



▲ Рис. 3. Использование погружателей сейсмоприемников обеспечило эффективную и надежную установку оборудования для регистрации.

Электроразведочные работы методом ЗСБ

Метод зондирования становлением в ближней зоне (ЗСБ) основан на изучении переходных (нестандартных) процессов в геологической среде после отключения тока в источнике. В основе метода лежит эффект электрокинетической связи, позволяющий получать информацию о коллекторских свойствах пород и их насыщении в межскважинном пространстве. Целью работ на Холмогорском месторождении стало прогнозирование распространения коллекторов и построение карты вероятности типа насыщения в интервалах 20–50 метров для ачимовских и юрских отложений. Ожидаемые результаты включали создание карты перспектив нефтегазоносности, вероятностный прогноз типа насыщения, куб удельного электрического сопротивления для совместной интерпретации с



▲ Рис. 4. Технология выполнения работ ЗСБ.

данными сейсморазведки, а также таблицу ранжировки нефтегазоперспективных объектов с подтверждаемостью прогноза не менее 70%.

Импульсный источник в движении

Технология возбуждения сейсмических сигналов импульсными источниками в движении представляет собой инновационный метод проведения сейсморазведочных работ. В отличие от традиционного буровзрывного метода, данная технология использует импульсные источники, которые возбуждают сейсмические сигналы при постоянном перемещении с шагом между пунктами возбуждения около 5 метров.

Испытания данной технологии проводились с целью решения нескольких важных задач: снижения затрат на проведение сейсморазведочных работ за счет уменьшения количества персонала, сокращения использования специализированной техники и оборудования; повышения эффективности полевых работ за счет увеличения производительности до 20%, возможности круглосуточной

ной работы и сокращения простоев; расширения возможностей применения за счет возможности работы в техногенных, промышленных и природоохранных зонах, повышения экологичности и безопасности работ.

Целью испытаний является сравнение результатов высокоплотной технологии с импульсным источником с традиционным буровзрывным методом по следующим параметрам: качество сейсмических данных, энергия сигнала, частотный диапазон, стабильность (повторяемость) сейсмического сигнала, точность позиционирования источников.

Цифровой двойник

Цифровой двойник сейсморазведочных работ «Газпром нефти» обеспечил полный цикл управления сейсмическими проектами, охватывая все этапы работ от планирования сети до сопровождения камеральных работ. Платформа объединила всех участников проекта — от заказчиков до подрядчиков — в едином цифровом пространстве, обеспечивая прозрачность и оперативный



▲ Рис.5. Подготовка источников возбуждения перед началом опытных работ по высокоплотной сейсморазведке.

обмен информацией. Система автоматизировала ключевые процессы: расчет параметров съемки, согласование контуров проекта, планирование ресурсов и контроль качества данных. Встроенные AI-инструменты и предиктивная аналитика позволили прогнозировать риски и оптимизировать производственные процессы. Система также автоматически формировала документацию, включая технические задания и отчетность, что значительно сократило трудозатраты на бюрократические процедуры. Благодаря комплексному подходу к управлению проектами, Цифровой двойник позволил не только повысить качество сейсморазведочных работ, но и создать эффективную экосистему взаимодействия между всеми участниками процесса на единой платформе.

Заключение по выполнению полевого этапа проекта

- Объем выполненных производственных сейсморазведочных работ в рамках одного зимнего полевого сезона составил 594 км².
- Объем выполненных опытно-производственных испытаний с источником в движении достиг 25 км², отработа-

но 18242 пунктов возбуждения (91,2 км по линиям возбуждения), достигнута производительность 30 км/в сутки с шагом ПВ 4-5 метров.

- Объем выполненных производственных электроразведочных работ составил 309 физических наблюдений.

Применение современных технологий, таких как беспроводное оборудование, точечный прием, свежая аэрофотосъемка и дифференцированный подход к буровзрывным работам, позволило успешно провести сейсморазведочные работы в сложных условиях Холмогорского месторождения. Достигнутые результаты подтвердили эффективность выбранных решений и их потенциал для использования на других объектах с аналогичными условиями.

Значимые направления развития технологий разведочной геофизики

Современная геофизика сталкивается с рядом актуальных вызовов, требующих инновационных подходов и технологических решений. Центр разведочной геофизики «Газпромнефть-ГЕО» предлагает отрасли стратегический подход, направленный на повышение эффективности, качества данных и рентабельности геологоразведочных работ.

Малые площади сейсморазведки как новая геологическая ниша на рынке

- Развитие мобильных и легких сейсморазведочных партий для освоения невовлеченных запасов на малых площадях;
- Внедрение бескабельного оборудования, точечных приемников и альтернативных методик (например, слалом-профилирование);
- Интеграция мелких объемов работ в региональные стратегии с гибким графиком выполнения.

Высокоплотная сейсморазведка

- Повышение информативности данных за счет оптимизации плотности съемки;
- Создание инструментов для оценки влияния плотности данных на решение геологических задач;
- Внедрение цифровых решений для снижения неопределенностей и повышения качества интерпретации.

Комплексирование нескольких методов на одном этапе полевого проекта

- Дополнение сейсмических исследований электроразведочными работами;
- Использование единой инфраструктуры полевой партии, технологического транспорта, рабочего персонала для отрядов, использующих несейсмические методы;
- Сокращение сроков полевого этапа проекта, требующего нескольких методов исследования.

Работа в зонах техногенной нагрузки, разработки месторождений

- Использование бескабельного оборудования и импульсных источников для минимизации техногенных шумов.
- Разработка программных инструментов для принятия решений о повторных исследованиях.

Слалом-профилирование и импульсные источники

- Тиражирование технологии слалом-профилирования для работы в сложных

условиях.

- Усовершенствование компактных буровых установок и цифрового проектирования.
- Использование импульсных источников в движении для повышения плотности и качества данных.

Технологическая политика и цифровизация

«Газпром-нефть» внедряет единую техническую политику в области полевой сейсморазведки, направленную на:

- Оптимизацию процессов через цифровые двойники и системы мониторинга;
- Консолидацию потребностей и взаимодействие с подрядчиками через «Единое окно»;
- Развитие отечественных технологий.

Заключение

Развитие нашей отрасли сегодня требует гибких решений, эффективного партнерства и постоянного внедрения инновационных подходов для достижения устойчивого прогресса. Центр разведочной геофизики открыт для сотрудничества и готов к тестированию новых перспективных технологий.

PS

Москва, 18 апр - ИА Neftegaz.RU. Газпром нефть получила новые лицензии на технологические полигоны для внедрения отечественных решений по добыче трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ). Это позволит компании сформировать крупнейшую в России сеть площадок для создания новых подходов к разработке ТРИЗ.

Об этом сообщила пресс-служба компании.

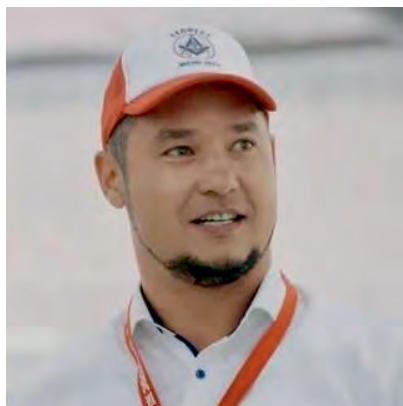
Техполигоны будут созданы на Верхнесалымском и Холмогорском участках в ХМАО-Югре.

Источник:

https://neftegaz.ru/news/dobycha/886909-gazprom-neft-sozdaet-v-zapadnoy-sibiri-set-poligonov-dlya-razvitiya-tekhnologii-dobychi-triz/?bitrix_include_areas=Y&ELEMENT_ID=886909&clear_cache=Y



Совершенствуя технологии, формируем будущее разведочной геофизики России



Компанию ТСГК представляет
генеральный директор

Камалтдинов Рустам Робертович

История ТСГК в цифрах: активы и достижения

Компания, созданная в 2007 году изначально работала исключительно на проектах в Западной Сибири, выполняя 2-3 проекта в год. Работало три взрывные партии, имевших неплохое оснащение и квалифицированный персонал. Но при этом география проектов ТСГК была достаточно скромная, ограничиваясь ХМАО и Томской областью. Рыночная доля была небольшая.

Современный рынок сейсморазведки сталкивается с множеством вызовов, обусловленных его изменчивостью и нестабильностью. Изменения в экономике, законодательстве и экологических требованиях ведут к колебаниям спроса на геофизические услуги. В таких условиях узкая специализация — работа всего на несколько заказчиков, ограниченные географические регионы или технологии — становится рискованной. И ни одна рыночная ниша не может являться уютной гаванью для компании, гарантирующей стабильную доходность и загруженность активов. Компании, не диверсифицирующие свои предложения, обязательно сталкиваются с финансовыми трудностями при изменениях ситуации. Диверсификация — это возможность выхода на новые рынки, расширения

клиентской базы и освоения новых технологий. Но эта стратегия невозможна без привлечения новых партнеров и ресурсов. И такими партнерами для ТСГК стали компании группы **Геосервис 360: «Фирма «Геосейс» и АО «Курагнавторемонт».**

Холдинговая компания «Геосейс» успешно функционирует на рынке геофизических услуг с 1997 года. Она зарекомендовала себя как надежный партнер, предлагающий качественные решения в сфере геофизики. Компания предоставляет широкий ассортимент современного геофизического оборудования от ведущих производителей, а также уникальные собственные разработки, такие как ПАК «Геотом». В наличии стандартные наземные телеметрические комплекты, специализированные системы для транзитных зон и решения для многоволновой сейсморазведки, что обеспечивает высокую эффективность и точность исследований.

Использование невзрывных источников линейки «Геотон» позволяет проводить сейсморазведку в сложных условиях, включая лед водоемов и техногенные зоны, гарантируя получение качественной информации даже в сложных географических областях.

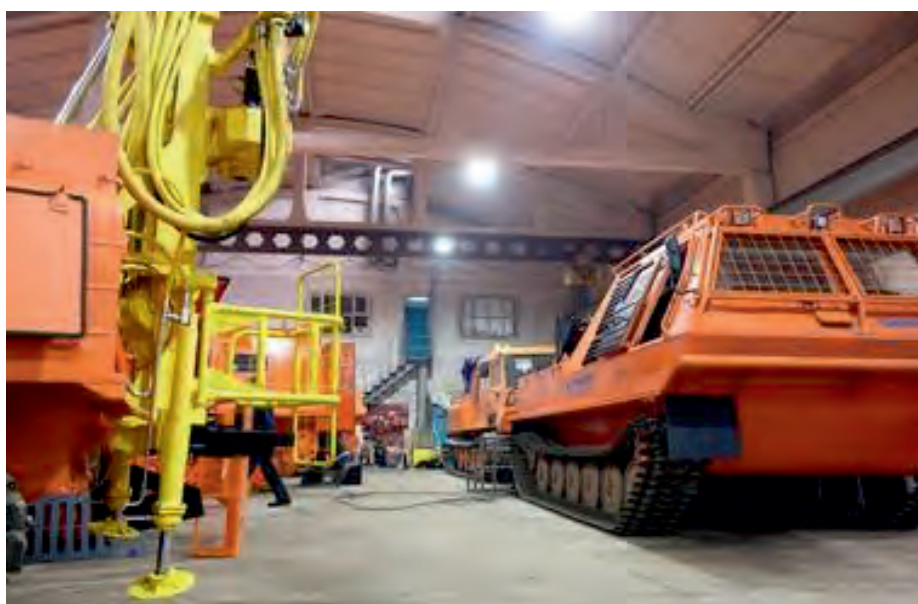


▲ Рис. 1. Холдинг «Геосейс» - легкая техника для сложных проектов.

АО «Курганавторемонт» — динамично развивающееся предприятие с солидными традициями и опытом. Предприятие является лидером по производству современных буровых установок, снегоболотоходов, оборудования и инструмента для геофизических и инженерно-строительных изысканий, а также импульсных источников. Буровое оборудование компании успешно зарекомендовало себя и на международном рынке, с географией поставок от Ямала до Африки и от Балтики до Дальнего Востока. Практически все организации России, занимающиеся геофизической

разведкой и инженерными изысканиями, являются потребителями продукции АО «Курганавторемонт», которое является одним из крупнейших поставщиков уникального бурового оборудования.

К 2025 году ТСГК стала компанией, которая готова выполнять проекты любой сложности в любом регионе. Мы готовы одновременно развернуть до 7 универсальных партий для выполнения проектов 2D/3D. География проектов стала существенно шире — помимо традиционного для ТСГК ХМАО, появился опыт работ в Якутии, на Таймыре, в южном регионе. В линейке технической



◀ Рис. 2.
В цехах АО
«Курганавторемонт».

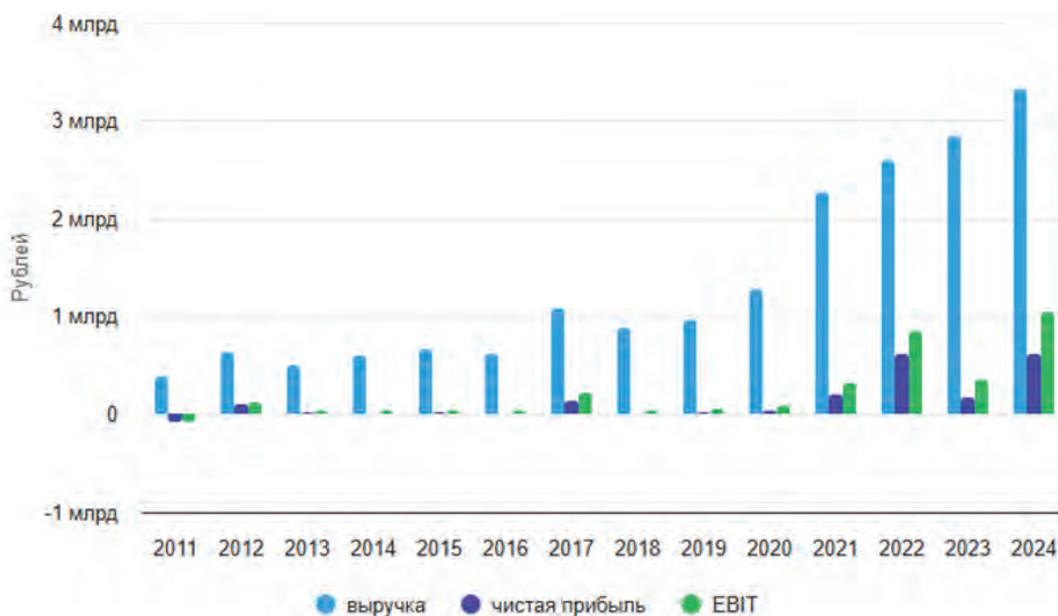


▲ Рис. 3. ТСГК является отлично организованной и оснащенной геофизической компанией. (Фото предоставлено пресс-службой компании «Газпром Нефть»)

оснащенности холдинга более 70 тыс. каналов различных сейсморегистрирующих систем: 428 и 508 система Sercel, Aram, WirelessSeismic. С 2024 года используется новая российская бескабельная система ПАК «Геотом». Полевые лагеря компании по организации безопасного комфортного производства персонала соответствуют самым высоким требованиям Заказчика. Для выполнения буровых работ используются

гидромеханизированные буровые установки, установленные, как на вездеходах, так и на санном основании, а также малогабаритные буровые установки для бурения скважин в эксклюзивных зонах на визирах при наличии ограничений на проведение работ. Кроме взрывных технологий в арсенале компании возможность выполнять исследования с виброисточниками (NOMAD, «Батыр», СВ-14/150), или с импульсными источни-

▼ Рис. 4. Объемы выручки и доходность ТСГК (по данным <https://www.audit-it.ru/>)





▲ Рис. 5. География работ компании ТСГК.

ками (ЭМИ-100, «Геотон»).

Технологическая трансформация компании, открытость к инновациям и эксперименты, а также нацеленность на постоянное развитие сделали ТСГК не просто конкурентоспособной, но и одним из лидеров в своей области. Сегодня компания обладает квалификацией потенциального исполнителя для множества крупных заказчиков, включая тех, кто славится высокой притязательностью к исполнителям. Благодаря своему опыту и высокому уровню профессионализма, ТСГК успешно справляется с самыми сложными задачами, подтверждая свою репутацию надежного партнера на рынке.

И эти изменения позволяют компании иметь хорошие показатели по выручке, несмотря на падающий в течение последних пяти лет рынок геофизических услуг по России в целом.

«Совершенствоваться - значит меняться, быть совершенным - значит меняться часто».

Унистон Черчилль.

От идеи до реализации: путь к новым стандартам технологий.

У геологов, работающих на болотах есть правило – «не стоять». Как только ты останавливаешься, ты начинаешь застревать, тонуть. Так же и в нашем бизнесе – чтобы выжить, надо двигаться вперед.

В компании не только внимательно следят за новинками в оборудовании и технологиях, появляющиеся на рынке, изучая положительный опыт успешных проектов других геофизиков, но и активно иницируют свои новые разработки, задавая тем самым общий тренд в развитии отрасли. В компании успешно развиваются «зеленые технологии сейсморазведки».

В линейке источников возбуждения давно и успешно используются импульсные источники, в том числе, и при работе «в движении». Организовывается собственная сборка импульсных источников. Именно проекты ТСГК стали ключевой производственной площадкой для обкатывания российской бескабельной сейсморегистрирующей системы ПАК «Геотом».



▲ Рис. 6. ПАК «Геотом» готовится к работе на проекте компании ТСКГ.

Работа по технологическому развитию компании осуществляется в рамках системной стратегии, основанной на запросах рынка и потребностях ключевых заказчиков. Партнерство с «Газпром Нефть» уже несколько лет приносит положительные результаты. Благодаря

тесному взаимодействию с профессионалами одной из самых инновационных компаний в российской геологоразведке удалось разработать ряд технологических новшеств. Компания активно тестирует новые идеи и стремится внедрять инновации. Опробованные технологии

▼ Рис. 7. Технологический полевой семинар ГПН ГЕО на проекте компании ТСКГ.



интегрируются в ассортимент, предоставляя участникам рынка возможность оценить преимущества ТСГК как мобильной, динамичной и успешной геофизической компании. Сотрудничество открывает новые горизонты для достижения значимых успехов.

Технологии, меняющие эффективность сейсморазведочных работ

Сейсморазведочная партия №3 завершила полевые работы на Холмогорской площади в сезоне 2024-2025 годов, успешно проведя 3D сейсморазведку на площади 594 км². Хотя работы изначально планировались на два года, команде удалось выполнить проект всего за один полевой сезон.

В ходе выполнения работ использовались две бескабельные системы для регистрации данных, среди которых особенно выделяется отечественный комплекс ГЕОТОМ. Он был применен в рекордном количестве — 7500 полевых блоков, что стало важным прорывом для российской сейсморазведки. Проект

выделяется не только своим масштабом, но и внедрением передовых инициатив в области производственной безопасности. В рамках работы проходили испытания новых технологий, включая прототипы системы "Цифровой диспетчер 2.0" — важный шаг к внедрению уберизации работы сейсмопартии, — разработанная совместно "ТСГК" и новой ИТ-компанией "ТГТ".

Дополнительно в рамках проекта были проведены работы по одновременному выполнению электроразведочных работ ВЭЗ совместно с деятельностью сейсморазведочной партии. Важность комплексирования нескольких методов на крупных и сложных проектах понятна многим специалистам. Тем не менее, когда работы выполняются в разное время, это требует полной мобилизации электроразведочного отряда, организации лагеря и сертификации ПОБТОС для используемой техники.

При использовании ресурсов сейсморазведочной партии, включая технику и рабочий персонал, можно существенно

▼ Рис. 8. На базе СП-3 — ежедневный инструктаж персонала перед началом работ.





▲ Рис. 9. Электроразведочные работы с участием специалистов и техники ТСГК.

сократить время на исследования и облегчить организацию работ. Необходимое специальное оборудование для электроразведки и состав ИТР поставляются на площадку, в то время как остальные ресурсы предоставляются сейсморазведочной партией. Такая синергия позволяет уменьшить совокупные затраты и быстрее выполнять задания для заказчика. Комплексные исследования, сочетающие сейсморазведку и электроразведку, правильно организованные, приводящиеся практически одновременно, могут установить новые стандарты в области геологоразведки.

Проведены опытно-промышленные испытания (ОПИ) с использованием импульсных источников в движении для высокоплотной сейсморазведки. Чтобы избежать временных потерь при накоплении на одной точке, источники производят возбуждение с интервалом всего в 5 метров, обеспечивая непрерывный процесс. Сигнал, полученный таким образом, имеет широкий спектр, а высокая кратность способствует эффективному шумоподавлению и компенсирует недостаточную энергию одиночного возбуждения по сравнению с накопительными методами.

Эта технология дает возможность получать качественную геологическую информацию как на целевых горизонтах, так и в верхних слоях разреза. Такой подход не только ускоряет выполнение



▲ Рис. 10. Группа импульсных источников ЭМИ в процессе подготовки к опытным работам.

работ, но и значительно повышает информативность исследований. В процессе ОПИ удалось достигнуть производительности в 6840 ф.н. в сутки.

На сегодня остается много недостаточно изученных участков, как на «старых» территориях, так и в краевых зонах месторождений, которые были разбурены, но не исследованы сейсморазведкой, а также в урбанизированных зонах. На этих «малых» объектах сейсморазведка с импульсными источниками может предоставить ценную геологическую информацию. Успех проведенных ОПИ может открыть новую рыночную нишу для сейсморазведчиков, ориентированных на поддержку разработки объектов УВС.

Перспективы будущего компании ТСГК и отрасли

Конечной целью реализации стратегической программы развития является трансформация принципов работы сейсмопартии и создание абсолютно новой парадигмы для выполнения сейсморазведочных работ.

1. Комплектование команды: Формирование состава партии с акцентом на конкретные проектные задачи, основываясь на оптимальных технических решениях, а не на доступном оборудовании. Это требует наличия многообразного оборудования как внутри компании, так и у внешних соисполнителей.

2. Уберизация процессов: Максималь-

ная автоматизация всех производственных и инфраструктурных элементов, связанных с работой сейсморазведки.

3. Разнообразие бурового парка: Обеспечение парка буровой техники, пригодной для работы в любых условиях – от тяжелых буровых установок на мощной вездеходной базе до мобильных ручных систем для горных районов.

4. Бескабельные системы: Широкое внедрение бескабельных технологий с возможностью контроля работоспособности оборудования и мониторинга сейсмических данных.

5. Экологические инициативы: Приоритет при формировании партии отдается «зеленым» технологиям сейсморазведки, включая использование техники шириной не более 1,5 м, слаломное профилирование и бескабельные технологии с контролем качества получаемых данных.

6. Оптимизация состава: Снижение численности партии на 15-20% через оптимизацию технических решений и уменьшение количества тяжелой техники на каждом проекте.

7. Безопасное производство: Создание условий для безопасного выполнения работ с минимизацией производственного риска, включая улучшение методов мониторинга и контроля, а также предоставление необходимого обучения персоналу по вопросам охраны труда и безопасности на рабочем месте.

8. Сокращение вырубки леса: Уменьше-

ние объемов необходимой вырубки древесины.

9. Обучение и развитие команды: Постоянное повышение квалификации сотрудников, внедрение программ обучения и тренингов, направленных на освоение новых технологий и методов работы.

10. Инвестиции в исследования и разработки: Обеспечение финансирования для научных исследований и разработок, способствующих внедрению передовых технологий в процессы сейсморазведки.

Мы осознаем амбициозность поставленных целей и понимаем, что для их достижения потребуются значительные усилия со стороны всей нашей команды. Мы уверены, что слаженная работа каждого сотрудника и его готовность к новым вызовам позволят нам добиться поставленных целей. Наша команда высококлассных профессионалов обладает не только необходимыми знаниями и опытом, но и энтузиазмом для внедрения инноваций. Вместе мы сможем преодолеть все трудности на пути к созданию современной, эффективной и экологически безопасной сейсморазведочной практики, что укрепит позиции нашей компании в отрасли и повысит ее конкурентоспособность.

Мы надеемся, что наши достижения станут ориентирами для других компаний и зададут стандарт сейсморазведки в России, способствуя общему прогрессу и устойчивому развитию всей отрасли.

ТСГК – развиваем технологии для будущих открытий



СИГМА-ГЕО: от геологических задач к эффективным решениям

■ Агафонов Ю.А., Агафонов Е.А., Немцева Д.Б., ООО «СИГМА-ГЕО», г. Иркутск



*Компанию ООО «СИГМА-ГЕО» представляет
Генеральный Директор, к.т.н.,
Агафонов Юрий Александрович*

Введение

Процесс освоения месторождения, от поиска до эксплуатации, представляет собой сложный многоэтапный цикл, требующий решения широкого спектра геологических, технических и экономических задач. Успех на каждом этапе напрямую зависит от выбора методов разведки, точности интерпретации данных и способности адаптироваться к меняющимся условиям рынка.

Учитывая современные тенденции, перед недропользователями стоит сложная задача: повысить эффективность геологоразведочных работ (ГРП), минимизировав при этом риски на этапе эксплуатации месторождений и сократив сроки ввода в разработку. Весьма значимый блок геологических задач, которому необходимо уделять серьезное внимание – прогноз условий бурения скважин, исследование верхней части разреза (ВЧР) с целью поиска подземных вод, изучения строения мерзлоты и т.д.

СИГМА-ГЕО предлагает недропользователям – именно комплексную геофизику, с помощью которой можно эффективно решать задачи геологоразведки и одновременно получать большой объем полезной геологической информации для разработки месторождений.

История СИГМА-ГЕО

С момента создания в 2011 году, деятельность компании была направлена преимущественно на производство геофизического оборудования и программного обеспечения. Благодаря инновационным технологическим решениям, которые были применены в программно-аппаратурных комплексах FASTSNAP и SGS-TEM, компания начала получать контракты не только в России, но и за рубежом.

Эффективные технологии полевых работ, высокотехнологичная электроразведочная аппаратура, инновационные алгоритмы обработки и интерпретации

Актуальные вызовы диктуют необходимость использования технологий и методик, сочетающих высокую информативность исследований при минимальных затратах. На первый план выходит роль сервисных геологоразведочных компаний, задача которых трансформироваться из простого исполнителя в стратегического партнёра, способного предложить не отдельные услуги, а интегрированные решения «под ключ».

Именно такие решения уже более 10 лет предоставляет научно-производственная компания СИГМА-ГЕО.





▲ Рис. 1. Инновационная электроразведочная аппаратура FASTSNAP (слева) и SGS-TEM (справа).

данных заслужили доверие среди пользователей. В результате, спрос на исследования с технологиями СИГМА-ГЕО начал стремительно расти среди недропользователей, которые стали включать требования по использованию аппаратуры FASTSNAP и SGS-TEM в программу геологоразведочных работ. Это не только укрепило репутацию бренда, но и сформировало новый отраслевой стандарт оснащенности для исполнителей комплексных геофизических исследований.

В 2018 году компания совершила качественный скачок в развитии, усилив команду профессиональными геофизиками, геологами и инженерами с многолетним опытом полевых и камеральных работ. Привлечение экспертов, специализирующихся на электроразведке методом зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ) и малоглубинных ЗСБ (мЗСБ), позволило расширить спектр услуг и повысить конкурентоспособность. Это отразилось на контрактной базе: началось активное сотрудничество с гигантами энергетического сектора, такими как «Газпром», «Газпромнефть», «Роснефть», «Иркутская нефтяная компания (ИНК)» и другими. СИГМА-ГЕО стала исполнителем электроразведочных работ в рамках госконтрактов на геофизические работы, реализуемых по линии

Роснедра. Для реализации масштабных проектов были сформированы новейшие мобильные полевые партии, оснащенные современной аппаратурой и вездеходной техникой, что обеспечило качественное решение сложных геологических задач в труднодоступных регионах.

Безусловно, для любой сервисной геофизической компании особое значение имеют крупные и долгосрочные проекты. Чтобы работать на крупных проектах крайне важно обеспечивать информативность геологических результатов, культуру производства, соблюдать сроки, обеспечивать высокий уровень охраны труда, техники безопасности и охраны окружающей среды. СИГМА-ГЕО за годы своего развития вышла на системную работу на лицензионных участках и месторождениях Восточной и Западной Сибири (Ковыктинское, Хандинское, Чаяндинское, Бованенковское и другие). Можно отметить, что на многих участках электроразведочные проекты выполнялись и выполняются планомерно, происходит переход от 2D к 3D, повышается плотность съемки, добавляются проекты по детальному изучению ВЧР.

Важным достижением стало участие СИГМА-ГЕО в знаковом трехлетнем проекте на Ямале, где совместно с партнерами был выполнен крупнейший



▲ Рис. 2. Покорение Арктики – электроразведочные работы на Тамбейской группе месторождений.

объем малоглубинных исследований – 4000 квадратных километров мЗСБ на Тамбейской группе месторождений. Эти исследования, направленные на изучение верхней части разреза, требовали применения специализированного оборудования и адаптации методик к условиям вечной мерзлоты. Успешная реализация проектов с высокой производительностью подтвердила способность компании решать сложные задачи в сжатые сроки, выполнять крупные проекты, укрепляя статус надежного партнера в отрасли.

Таким образом, сочетание технологических инноваций, профессиональной команды и стратегического партнерства с научными институтами, стало основой для динамичного развития компании, превратив ее в ключевого игрока в сфере электроразведочных сервисов и выполнения комплексных геофизических работ.

Локомотив технологий электроразведки

На сегодняшний день СИГМА-ГЕО —

признанный лидер в сфере электроразведочных работ, занимающий ведущие позиции в России и за рубежом по объемам исследований методами 2D/3D/4D зондирования становлением поля в ближней зоне ЗСБ и малоглубинных ЗСБ мЗСБ. Инновационные технологии, клиенто-ориентированные сервисы и богатый опыт специалистов позволяют компании успешно решать геологические задачи любой сложности на всех этапах поиска, разведки и разработки месторождения.

Успешно выполненные проекты в России и по всему миру наглядно демонстрируют эффективность технологий компании при решении геологических задач в широком диапазоне глубин: от задач изучения ВЧР (поиск поземных вод, гидроминерального сырья, изучение мерзлоты, соленосных комплексов, решение рудных задач) и до глубинных, региональных исследований (поиск и разведка углеводородов, геологическое изучение крупных объектов, 4D мониторинг).

Уже более 10 лет СИГМА-ГЕО успешно реализует проекты в области поиска и разведки нефтегазовых и рудных месторождений, решает задачи по поиску подземных вод и гидроминерального сырья, демонстрируя, что современная электроразведка — это не просто инструмент сбора данных, а основа для принятия стратегических решений.



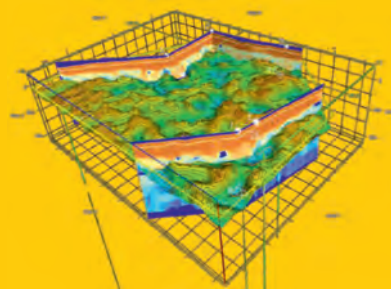


▲ Рис. 3. География проектов СИГМА-ГЕО в России.

Подтверждаемость прогноза и удовлетворенность Заказчика – это первоочередная цель для СИГМА-ГЕО при выполнении работ по каждому проекту. Достижение этой цели стало возможным благодаря синергии опыта, технологических инноваций, и налаженной системе оценки качества данных на каждой стадии производственного процесса.

вые партии СИГМА-ГЕО – на текущий момент самые современные в России. Продуманное оснащение партий и логистика полевых подразделений делает возможность автономной работы до 4 месяцев и более, даже в отдаленных регионах со сложными климатическими условиями.

СИГМА-ГЕО владеет самыми современными технологиями, позволяющими проводить полный цикл геофизических исследований – начиная с проектирования и проведения полевых работ с последующей обработкой и интерпретацией полученных данных, заканчивая геологическим истолкованием результатов.

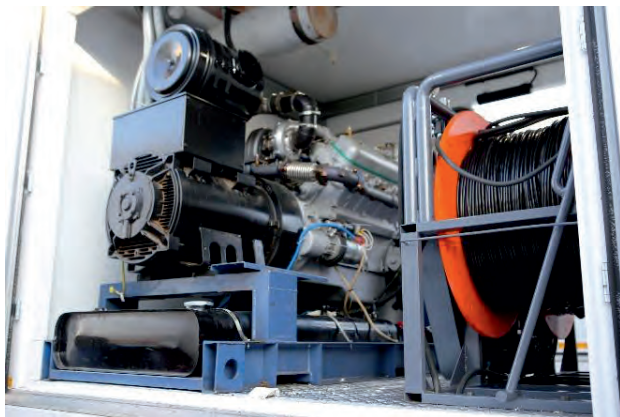


Технологическая независимость и способность самостоятельно обеспечивать производственный цикл необходимой техникой, аппаратурой и программным обеспечением – важный фактор устойчивости любой компании.

СИГМА-ГЕО располагает собственным парком вездеходной автомобильной и гусеничной техники Российского производства. Благодаря генераторным установкам для ЗСБ мощностью 150 кВт и прочим техническим решениям, по-

Аппаратурно-программное направление деятельности также остаётся фактором лидерства компании в отрасли. Более 20 лет специалисты СИГМА-ГЕО, совместно с СИГМА-ЭЛЕКТРОНИКА, продолжают разрабатывать и модернизировать передовую электроразведочную аппаратуру:

- SGS-TEM - многоканальные помехозащищенные высокоточные комплексы для ЗСБ;
- FASTSNAP - мобильные высокоско-



▲ Рис. 4. Применение современной техники для выполнения полевых работ – генераторная установка и смоточные агрегаты (слева) и колесная партия на базе автомобилей УРАЛ-Next (справа).

ростные телеметрические комплексы для мЗСБ;

- SMT32 - инновационные 32-х разрядные пятиканальные станции для МТЗ и АМТЗ.

Все комплекты аппаратуры – полностью Российская разработка, что особенно актуально в настоящее время, когда импортозамещение является острой необходимостью. Современные тренды геологоразведочного рынка ставят перед отраслью всё более сложные задачи: от поиска месторождений в условиях неоднородных сред до прогнозирования геологических рисков. В этом контексте разработка специализированного программного обеспечения становится не просто инструментом, а необходимостью. Компания СИГМА-ГЕО фокусируется на адаптации своих решений — ведётся постоянная оптимизация алгоритмов обработки и интерпретации данных, а также создание инновационных программных продуктов (ПО Model 5, TEM-Processing, GeoIID и др.).

СИГМА-ГЕО имеет экспертную систему контроля качества, является разработчиком ПО для обработки и интерпретации данных электроразведки, в т.ч. для тонкослоистого моделирования, обладает оригинальными запатентованными методиками прогноза горно-геологи-

ческих условий бурения – интервалов поглощений и АВПД, а также расчета статических поправок по данным мЗСБ, апробированными на участках недропользователей.

Программные решения позволяют интегрировать данные электроразведки с результатами сейсморазведки, повышая точность интерпретации и существенно снизить геологические неопределенности.

Наука и кадровый потенциал

Основу компании составляют высококвалифицированные специалисты — геофизики, геологи, инженеры и программисты с опытом работы в отрасли более 20 лет. Коллектив активно сотрудничает с ведущими российскими и зарубежными научными институтами, участвуя в совместных исследованиях и внедрении инновационных методик. Результаты работ регулярно публикуются в авторитетных международных журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science.

Компания не только представляет доклады на научно-практических конференциях, но и выступает их организатором и спонсором, способствуя обмену опытом между специалистами отрасли. С 2018 года СИГМА-ГЕО является спонсо-



◀ **Рис. 5.**
Электроразведочные
работы с аппаратурой
FASTSNAP в Южной
Америке.

ром и соорганизатором конференции ГЕОБАЙКАЛ, а также постоянным участником конференций проводимых Ассоциацией геологов, геофизиков и инженеров (АГГИ).

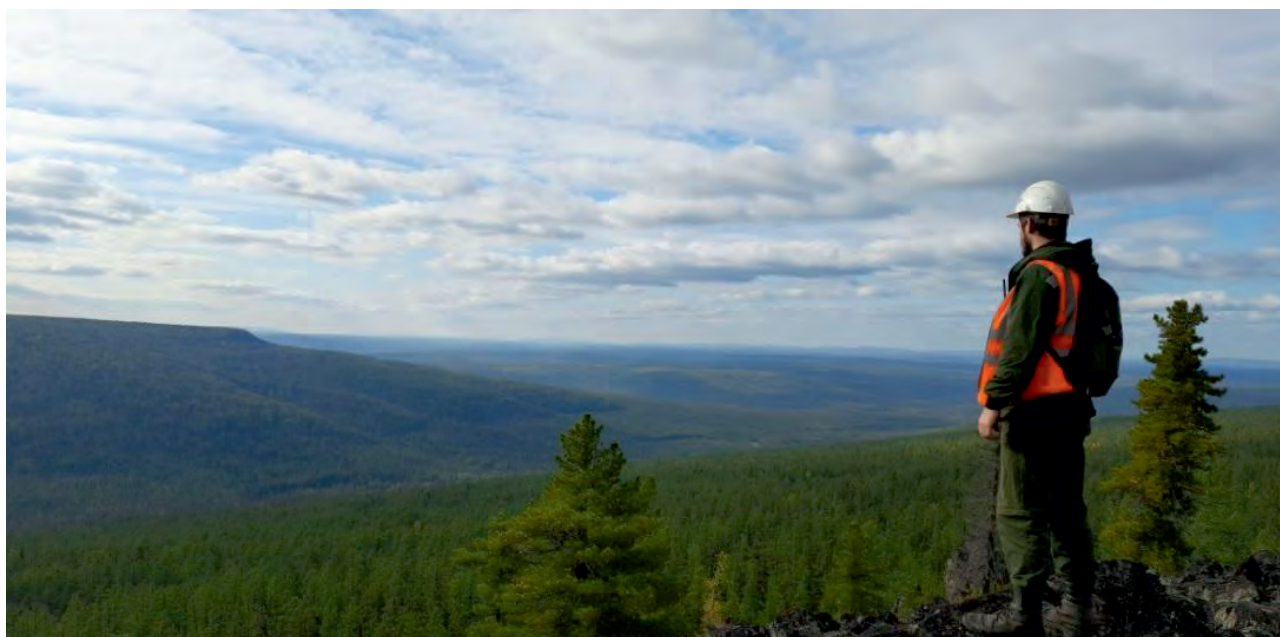
Международные проекты

СИГМА-ГЕО расширяет географию деятельности, реализуя сервисные и аппаратурные проекты за рубежом – в Малайзии, Индонезии, Китае и странах Южной Америки. С 2023 года успешно выполняются работы по поиску гидроминерального сырья в Перу и Аргентине.

Заключение

СИГМА-ГЕО сочетает передовые технологии, профессионализм команды и строгий контроль качества, что позволяет компании оставаться флагманом электроразведки.

Инновационные подходы, признанные на международном уровне, и активная научная деятельность укрепляют позиции компании как лидера, способного решать задачи любой сложности в любой точке мира.



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 интеррогатор может прекрасно работать в режиме радио «охоты на лис», давая сектор поиска пропавших блоков.

Работа ПАК «Геотом» без предварительной топогеодезической подготовки площади

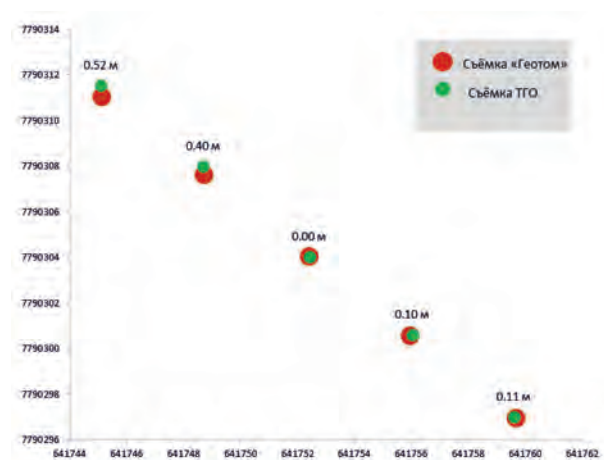
Модули «Геотом» поддерживают четыре навигационные системы: ГЛОНАСС (Россия), GPS (США), GALILEO (ЕС) и QZSS (Япония), обеспечивая широкую совместимость и высокую точность позиционирования. Устройства могут работать в двух режимах — навигации в реальном времени и точной навигации с последующей постобработкой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

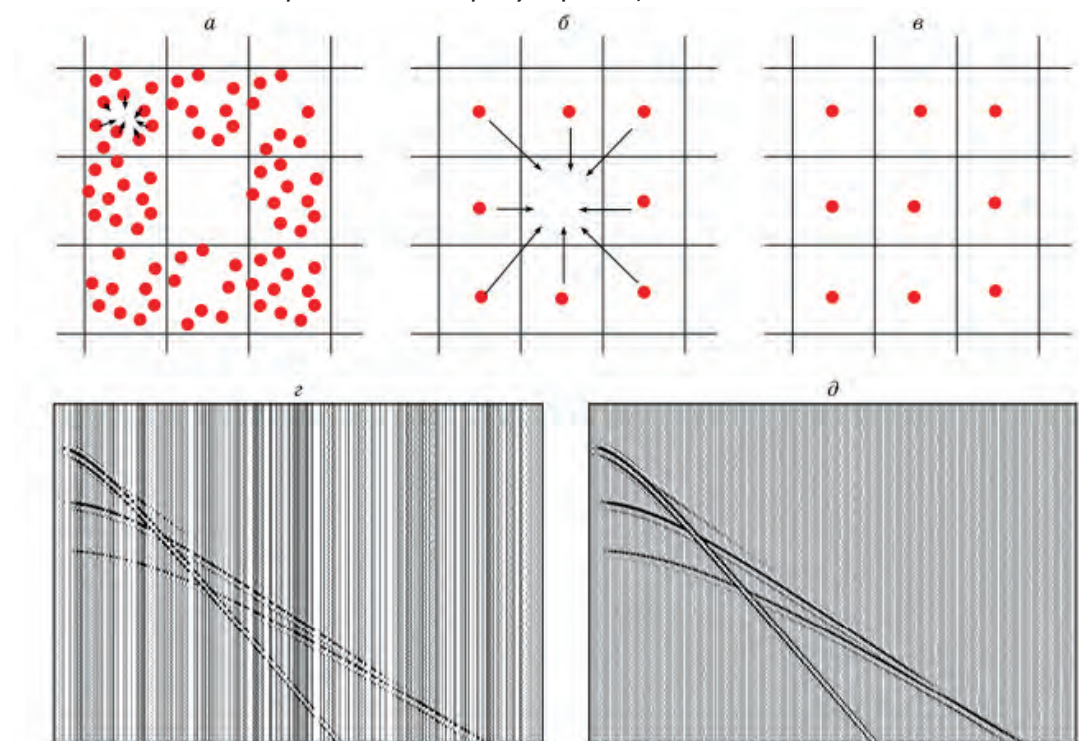
а – этап интерполяции трасс внутри одного бина с целью получения трассы, соответствующей центру бина;

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.

QC в процессе работы – имеющиеся возможности и перспективы развития технологии.

В настоящее время ПАК «Геотом» дает полную информацию по состоянию всей приёмной расстановки – статус каждого блока, контролируется вертикальность сейсмоприемника, его подключение. А также уровень шумов, что является самым существенным фактором, влияющим на условия регистрации сейсмических данных. Контроль виброисточников или импульсных источников возбуждения осуществляется по инструментальным тестам источников, независимо от сейсмостанции.

Технология ПАК «Геотом» предлагает несколько решений для оперативного анализа условий возбуждения при использовании взрывных источников.

Вариант 1: После отработки каждого возбуждения сигнала, или нескольких физических наблюдений, оператор скачивает по радиоканалу 1-2 трассы из зоны расчета атрибутов для передачи на ПВД.

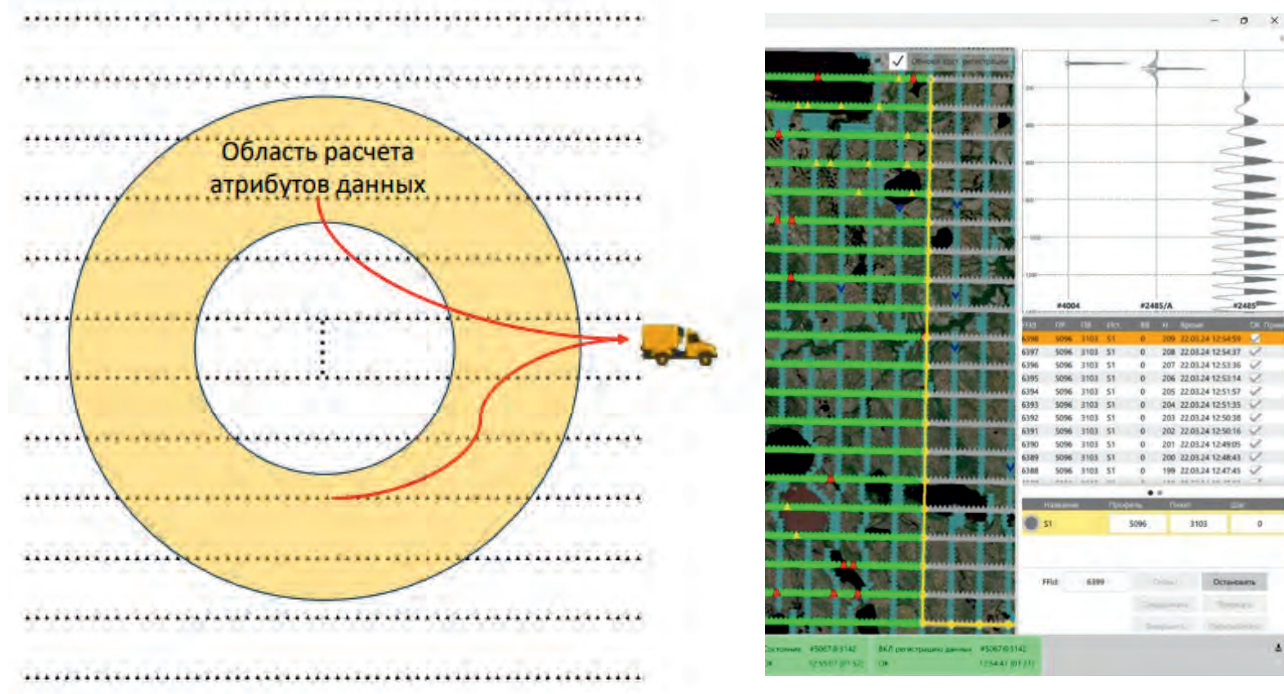
Вариант 2: После отработки смены выбирается облако ПП, которые были всегда в активной расстановке, с них скачивается весь отработанный материал за смену, формируются сейсмограммы ОПП, которые передаются на ПВЦ.

Вариант 3: используя стандартное считывающее устройство, которое компактно и может работать в отрицательных температурах провести выборочное считывание данных непосредственно на площади работ.

Однако процессор, находящийся в блоке «Геотом» позволяет вести расчеты, что собственно и происходит, когда оператор задает вопрос по контролю наклона и сопротивлений, или оценке уровня шумов. И по радиоканалу уходит просто цифровое значение – объем данных существенно ниже, чем если бы приходил запрос на скачивание сейсмоданных.

По участкам трассы, которая формируется постоянно при записи данных, можно проводить расчеты – отношение амплитуд в заданных интервалах (аналог

▼ Рис. 6. Выборочное скачивание данных ПАК «Геотом» позволяет контролировать корректность работы источников сейсмических колебаний.



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.

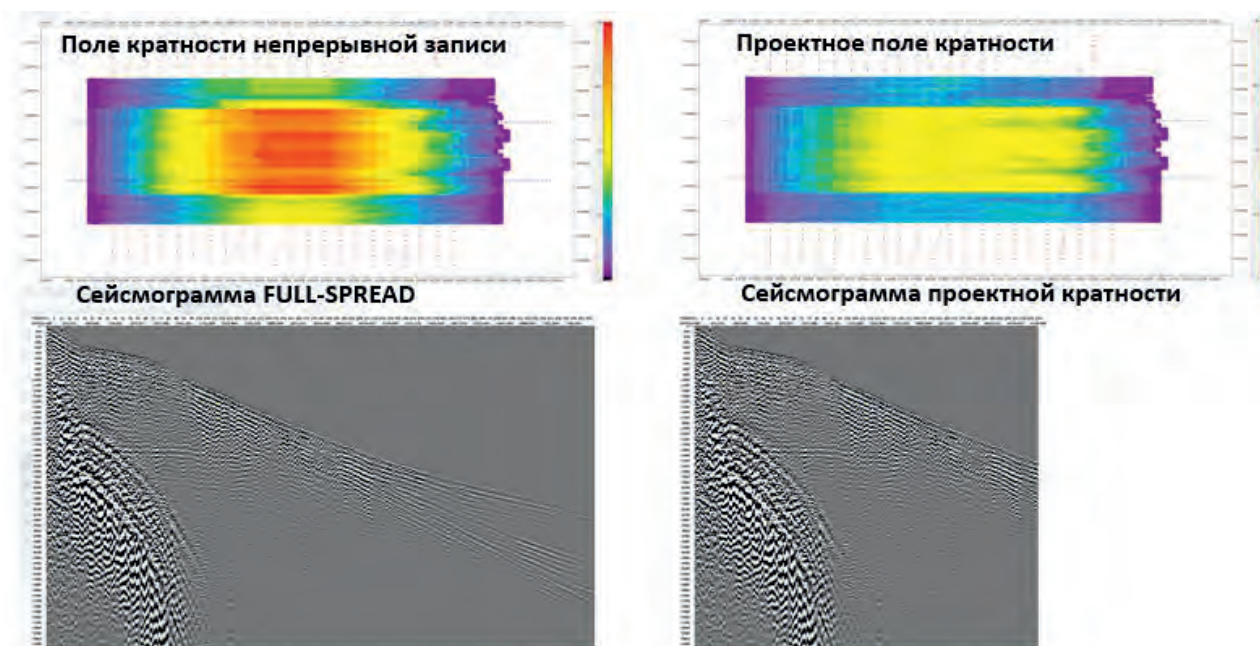
Работа full-spread – целесообразность геологическая и технологические возможности ПАК «Геотом»

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 сверх-больших 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

Комплексирование сейсморазведки и электроразведки – значимое повышение информативности и оптимизация затрат на полевые работы

■ Агафонов Ю.А.¹, Немцева Д.Б.¹, Оцимик А.А.¹, Мисюркеева Н.В.^{1, 2}, Селяев В.А.¹

¹ – ООО «СИГМА-ГЕО», г. Иркутск, ² – ИЗК СО РАН, г. Иркутск.

Введение

Планирование геологоразведочных работ (ГРП) на минеральные ресурсы и углеводороды (УВ) всегда происходит в условиях жёсткого дефицита информации о недрах. Великие открытия XX века – гигантские ловушки сводового типа, сделанные простейшими средствами на энтузиазме первопроходцев, уже в прошлом, и выявление новых залежей требует гораздо более сложных и наукоемких средств. Время глобальной цифровизации дало геологам возможность работать с трех- и четырехмерными моделями данных, формировать общее информационное поле из данных разных источников, что ожидаемо повышает точность любых прогнозов. По сути, при наличии мощного технического и программного оснащения добывающая отрасль ограничена только количеством входных данных для моделирования.

Применительно к нефтегазовым проектам, наиболее востребованным источником данных для моделирования является сейсморазведка – признанный площадной источник глубинной и стратиграфической привязки, а также инструмент, с помощью которого наиболее эффективно решаются структурные задачи при поиске ловушек УВ. Однако опыт показывает, что применение сейсморазведки как монометода не может гарантировать достаточную продуктивность исследований. Причина в том, что любой геофизический метод имеет определенные объективные ограничения, и сейсморазведка – акустический метод изучения недр – не является исключением: опираясь исключительно

на сейсмоакустические характеристики разреза, весьма затруднительно, например, определить тип насыщения ловушки, так как смена флюида не ведёт к заметным изменениям в акустическом поле.

На старте каждого из этапов освоения территорий, будь то поисково-оценочный, разведочный или эксплуатационный этап, дальнейшая успешность зависит от достоверности или, напротив, неоднозначности результатов предыдущего этапа. Тем удивительнее, что большинство недропользователей сосредоточены на преодолении ограничений сейсморазведки, пренебрегая прочими поисковыми инструментами, что вряд ли может быть научно или экономически оправдано. Таким образом, учитывая ограничения акустических методов, прогнозы перспектив УВ в ловушках неструктурного или смешанного типа не будут достаточно обоснованными.

В то же время неподтверждение геологической цели, например, при заложении скважин глубокого бурения обернется миллиардными убытками и лицензионными рисками. При этом очевидно, что организации-недропользователи должны стремиться к снижению геологических неопределенностей и, как следствие, избеганию рисков при реализации своих инвестиционных проектов.

Поэтому, для достижения максимального успеха геологоразведочных работ (ГРП) и разработки месторождений УВ рекомендуется применять комплексирование сейсморазведочных работ (СРП) с электроразведочными (ЭРП).

Почему именно электроразведка?

Электроразведка – совокупность методов изучения строения земной коры и поисков месторождений полезных ископаемых, основанных на изучении естественных или искусственных электромагнитных полей. Физическая сущность электроразведки заключается в изучении зависимости электромагнитного поля, естественного или искусственного от электрических (а иногда и от магнитных) свойств среды, на которую это поле действует [Электроразведка ..., 2019].

Применение электромагнитных методов для изучения геологического строения разреза базируется на петрофизической связи удельного электрического сопротивления горных пород с параметрами пористости, насыщения, структуры порового пространства, минерализации и температуры пластовых вод – зависимости Дахнова – Арчи (1) [Дахнов, 1985]:

$$\begin{aligned} \rho_{н.п} &= P_n \rho_{в.п}; \quad \rho_{в.п} = P_n \rho_v; \\ P_n &= a K_n^{-m}; \quad P_n = a K_v^{-n}, \end{aligned} \quad (1)$$

где P_n – электрический параметр пористости, P_n – параметр насыщения, a (показатель глинистости породы) и m (показатель цементации породы) – константы, которые определяют экспериментально для коллекции образцов, представляющей изучаемый геологический объект, K_n – коэффициент пористости, K_v – коэффициент водонасыщенности.

Другими словами, любой материал можно и нужно рассматривать с позиции проводник/непроводник электрического тока. В свою очередь проводники также разделяются по параметру проводимости или электрического сопротивления. Если рассматривать горные породы, то определяющим фактором для их разделения является наличие воды: самыми проводящими элементами разреза будут глины и пласты-коллекторы с минерали-

зованной водой. Нефте- и газонасыщенный коллектор также будет контрастным относительно вмещающих пород.

Электроразведка не является новым направлением геофизики: как разведочный метод исследования недр электроразведка развивалась одновременно с сейсморазведкой, и также получила импульс к качественному скачку при развитии цифровых технологий. Например, в исследовании Рыбальченко [Рыбальченко и др., 2020] представлены зависимости УЭС терригенного коллектора – сеномана - по ЗСБ от эффективных газонасыщенных толщин для условий Западной Сибири. Также рассчитаны связи продольной проводимости по данным ЗСБ с линейной емкостью и насыщением терригенного коллектора венда Восточной Сибири. Представленные материалы наглядно демонстрируют высокую чувствительность электромагнитных зондирований к изменениям емкостных свойств и насыщения коллектора. Также имеется положительный опыт определения насыщения карбонатных коллекторов в Восточной Сибири.

Учитывая физические основы полей разного вида, ни один из методов исследований, кроме электроразведки, не имеет предпосылок к разделению коллекторов по типу насыщения, что делает его незаменимым в нефтегазовой отрасли. Наиболее же весомым ограничением электроразведочных методов является намного меньшая точность самостоятельного глубинного и стратиграфического расчленения разреза по сравнению с результатами, демонстрируемыми сейсморазведкой. Таким образом, целесообразность комплексирования СРР и ЭРР не вызывает сомнений: создать структурный каркас по данным сейсморазведки и наполнить его пласты электрическими свойствами – вот формула успеха при поисках УВ.

Все ли электромагнитные методы одинаково эффективны?

Электроразведка характеризуется наибольшим разнообразием методов среди прочих направлений геофизики. Однако, для нефтегазопроисковых задач из числа наземных методов, наибольшее развитие получили зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ) и магнитотеллурические зондирования (МТЗ).

ЗСБ – это метод с импульсным контролируемым источником, основанный на изучении поля переходных процессов, которое возбуждается при изменении тока в источнике.

К преимуществам метода ЗСБ относятся:

- высокая разрешающая способность и точность,
- широкий диапазон глубины исследований (от нескольких десятков метров до 5-7 км),
- высокая пространственно-временная плотность наблюдений,
- высокоомные экраны не являются помехой для изучения подэкранных отложений,
- 100% экологичность метода,
- отсутствие заземления установок,
- возможность круглогодичной работы в любых климатических и географических условиях.

Возможности ЗСБ при решении нефтегазопроисковых задач [Поспеев, 2018]:

- оконтуривание зоны распространения коллекторов,
- оценка перспектив нефтегазоносности,
- выделение разрывных нарушений,
- определение формы и размеров ловушек и залежей углеводородов и гидроминерального сырья,
- картирование и оценки проницаемости разрывных нарушений,

• прогноз ёмкостных свойств и типа насыщения,

- выбор мест заложения скважин,
- прогноз условий бурения,
- мониторинговые исследования (отслеживание динамики обводнения пластов-коллекторов в процессе эксплуатации месторождения).

МТЗ представляет собой разновидность индукционного частотного зондирования, основанного на изучении естественного переменного электромагнитного поля Земли различной частоты. К основным преимуществам метода МТЗ относится:

- наибольшая глубинность исследования среди электромагнитных методов (от 0.5 до 100 и более км),
- отсутствие необходимости применения генераторных установок.

МТЗ применяется для решения широкого спектра производственных и научных задач: от поисков месторождений полезных ископаемых до регионального картирования геологических структур и изучения глубинного строения Земли [Пальшин и др., 2017; Семинский и др., 2023].

Востребованность именно этих методов при решении нефтегазопроисковых задач связана с тем, что они позволяют изучать разрез до глубин 5-7 км и более, обеспечивая при этом достаточную, но не равнозначную детальность исследования: ЗСБ превосходит МТЗ по разрешающей способности.

Что касается прочих широко известных электроразведочных методов, представленных на рынке – вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ), электро-томография (ЭТ), георадиолокация (ГРЛ) – они применяются в основном при производстве малоглубинных исследований (гидрогеологические, геокриоло-

гические, рудные, инженерные и экологические задачи) и неэффективны при поисках и разведке нефтяных и газовых месторождений. Это связано с естественными ограничениями методов: глубинность исследований ВЭЗ и ЭТ определяется геоэлектрическими условиями изучаемой среды и наибольшими разносами, усредненная глубина исследований составляет 100-200 м, в то же время производство полевых работ ЭТ и ВЭЗ требует осуществления гальванического контакта электродов с землей, что в некоторых условиях (выходы скальных пород, мерзлое состояние приповерхностных слоев) влечет значительные затраты времени и труда. Помимо этого, высокоомные экраны в разрезе (мерзлота, базальты, траппы и т.д.) существенно ограничивают область применения методов постоянного тока. ГРЛ же не требует заземления установок, однако глубина исследования ГРЛ составляет в среднем 20 см – 20 м, что наиболее актуально для инженерных задач: обнаружения пустот и просадок, участков подтопления, скрытых коммуникаций и т.д. Следует отметить, что сегмент исследований верхней части разреза (ВЧР) представлен еще одним методом – малоглубинной модификацией зондирования становлением поля в ближней зоне (мЗСБ).

Зондирования **мЗСБ** позволяют детально изучать верхнюю часть разреза, при этом производство полевых работ не требует выполнения заземления, высокоомные экраны не являются помехой для исследования подэкранных отложений, а глубинность достигает в среднем 500-600 м, что делает метод мЗСБ более универсальным среди прочих для целей изучения ВЧР.

Особенности комплексных полевых работ и экономическая эффективность

Говоря «комплексирование СРР и ЭРР», мы подразумеваем три варианта его реализации:

1) одновременное производство полевых этапов СРР и ЭРР, отдельные камеральные этапы без создания единой модели участка недр;

2) полевые работы разнесены по времени, одновременная интерпретация результатов ЭРР и СРР и создание единой модели участка недр;

3) одновременное производство полевых этапов, комплексная интерпретация результатов ЭРР и СРР и создание единой модели участка недр.

Собственно, третий вариант и является оптимальным для повышения эффективности реализации как в затратной части, так и в части итоговых результатов моделирования.

Параллельное проведение электроразведочных и сейсморазведочных работ на одной площади в один сезон не только ускоряет изучение недр, но и обеспечивает значительную экономию трудовых и финансовых затрат для инвесторов. Рассмотрим основные преимущества совмещения этих методов по третьему варианту.

1. Сокращение затрат на подготовку инфраструктуры и разрешительную документацию

Оба вида исследований требуют создания одинаковой инфраструктуры на объекте работ: рубка или расчистка профилей, прокладка подъездных путей, создание переправ. Одновременное выполнение ЭРР и СРР позволяет использовать одну инфраструктуру, экономя средства на её организацию, а также на сопутствующие сервисы: медицинское обеспечение, питание, контроль

ПБОТОС, супервайзинг заказчика.

Нельзя упускать и такой сложнейший сегмент подготовки, как оформление разрешительной документации на использование лесных участков или сельскохозяйственных угодий, что помимо существенных затрат несет риски срыва работ.

Монетизировать выгоду совместной отработки сложно, но логично предположить сокращение затрат в 1,5–2 раза.

2. Ускорение сроков реализации проекта

Помимо снижения бюрократической нагрузки на проект явным преимуществом комплексирования полевого и камерального этапов является единый срок выхода результатов интерпретации обоих методов исследований. Инвестор получает результат, сформированный с использованием актуальных на этот момент программного обеспечения и априорной информации, что исключает сомнения по поводу обоснованности финальной модели. Напротив, добавление в модель результатов интерпретации разных лет не гарантирует корректность модели и соответствие ее текущим реалиям, особенно если разные методы выполняют разные исполнители, при этом актуализация камеральных результатов требует дополнительного contracting и, соответственно, затрат.

3. Синергия результатов

Совместный анализ электро- и сейсмических данных и формирование общей модели достигает цели, недоступной каждому из методов по отдельности: позволяет создать привязанный по глубине разрез или куб данных с выделенными по признаку насыщения интервалами. Это безусловно улучшает геолого-геофизическую модель объекта

изучения, снижая вероятность ошибок и придавая гибкость планированию дальнейших этапов освоения территории.

Варианты комплексирования

В зависимости от этапов ГРП и от методики полевых работ можно классифицировать комплексные исследования на следующие варианты:

2D CPP + 3СБ – интервал глубин – весь осадочный чехол.

2D CPP + 3СБ + МТЗ – имеет повышенную глубинность, что особенно актуально на региональном этапе.

3D CPP + 3СБ – площадные высокоплотные исследования, которые позволяют изучать интервалы геологического разреза, перспективные на углеводороды, а также дают информацию о среднем интервале разреза.

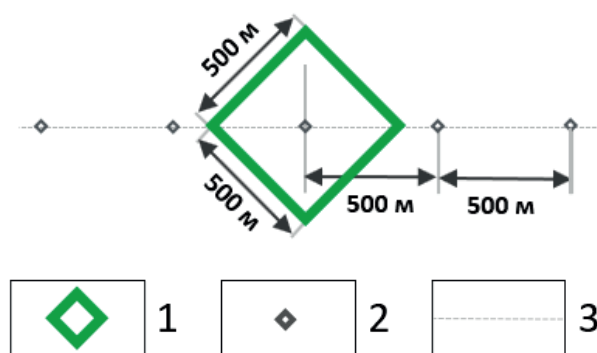
3D CPP + 3СБ + мЗСБ – площадные высокоплотные исследования. Дополнительно детально изучается ВЧР, при этом получаемая геологическая информация является максимально полной для построения модели месторождения от поверхности до фундамента.

Предлагаемые методики уже были многократно апробированы на лицензионных участках крупнейших Российских недропользователей в различных регионах. Далее рассмотрим варианты комплексных исследований более подробно.

Применение методики 2D 3СБ в комплексе с CPP

2D 3СБ представляет собой профильную модификацию метода 3СБ (Рис.1). Данная методика находит свое применение на **региональном и поисково-оценочном этапах ГРП**.

Наблюдения 2D 3СБ выполняются по сети сейсморазведочных профилей 2D МОГТ (МОГТ - метод общей глубинной



▲ Рис. 1. Пример единичной установки 2D ЗСБ.

Условные обозначения:

1 - генераторная петля,

2 – приёмные петли, 3 – линия профиля.

точки), также учитываются любые доступные на местности дороги: сельские, лесные, лесовозные и другие, что позволяет выполнять опережающие электроразведочные работы для оптимизации сети сейсморазведочных наблюдений, благодаря чему возможно проектирование дорогостоящих СРР в зонах с заведомо высокой вероятностью обнаружения залежей нефти и газа.

Постановка комплекса методов 2D ЗСБ с 2D МОГТ позволяет с большей надежностью оконтурить области перспектив нефтегазоносности для планирования дальнейших детализационных 3D работ и размещения точек проектных скважин. Экономический эффект заключается в снижении затрат за счёт оптимизации сети сейсморазведочных работ и мини-

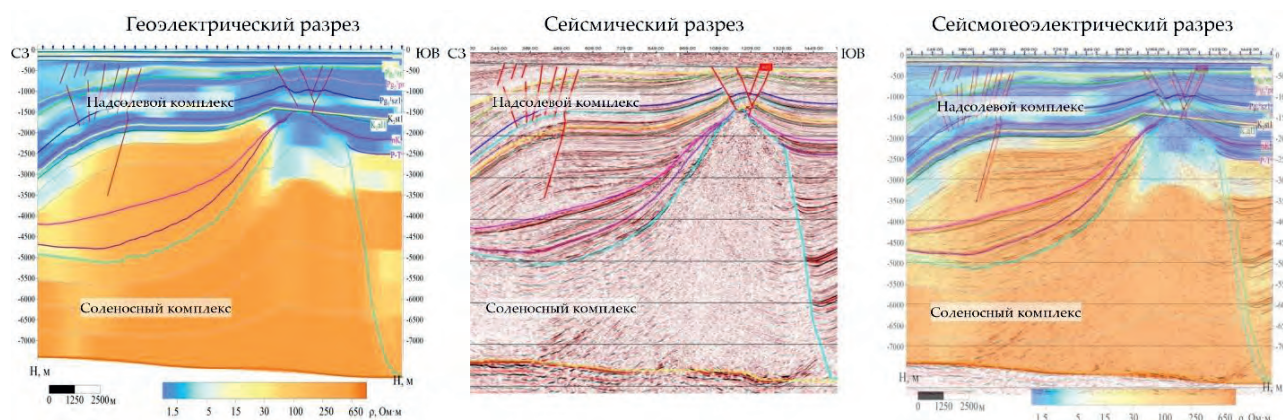
мизации рисков бурения «сухих» поисково-оценочных скважин. Возможность изучения средней части геологического разреза дополнительно позволяет прогнозировать горно-геологические условия бурения.

В качестве показательного примера можно привести результаты комплексных работ (2D ЗСБ с СРР), выполненных на территории Республики Калмыкия. Применение 2D ЗСБ позволило повысить информативность внутри мощных соленосных структур, которые слабо дифференцируются по данным 2D МОГТ, детально изучить и обнаружить ловушки углеводородов в надсолевом комплексе, а также выявить зоны разуплотнения пород внутри соляных куполов, связанные с разломами. (Рис.2).

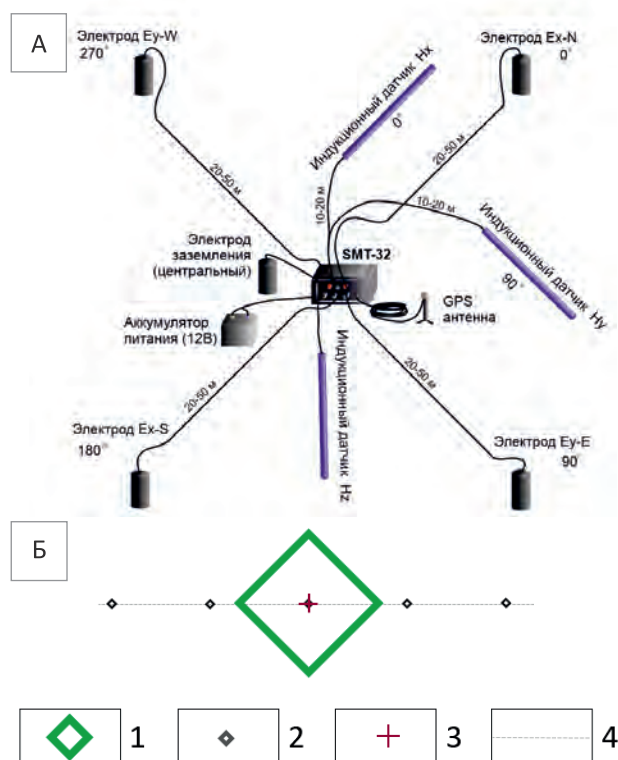
Применение комбинации методов 2D ЗСБ и МТЗ в комплексе с СРР

Комбинирование профильных наблюдений 2D ЗСБ и МТЗ с 2D МОГТ (Рис.3) применяется также на **региональном и поисково-оценочном этапах ГРП**, основное преимущество такого подхода – изучение разреза до глубины 10 км и более, особенно в случаях, когда он сложен высокопроводящими отложениями.

Комплексирование данных 2D ЗСБ и МТЗ с 2D МОГТ позволяет получить представление о геоэлектрическом



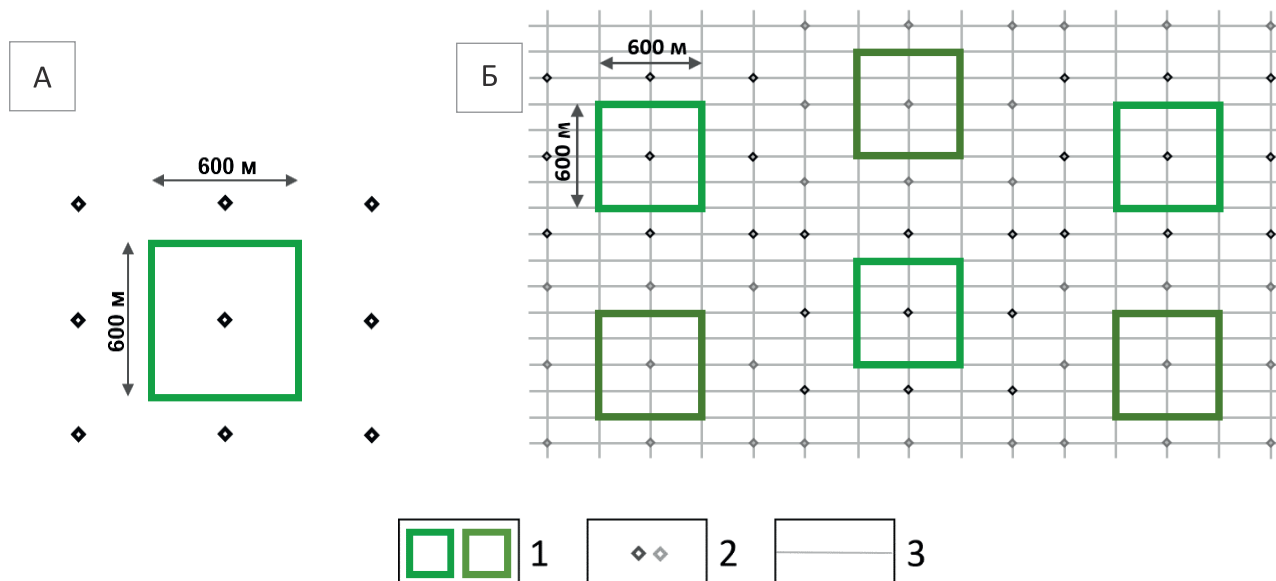
▲ Рис. 2. Совмещение сейсмического и геоэлектрического разрезов.



▲ Рис. 3. Пример установки МТЗ:
А – единичная; Б – схематичное
расположение на профиле в комбинации
с 2D ЗСБ. Условные обозначения:
1 – генераторная петля ЗСБ,
2 – приёмные петли ЗСБ,
3 – установка МТЗ, 4 – линия профиля.

строении участка работ до глубины 10-15 км и более: значительная глубинность исследований достигается за счет приме-

▼ Рис. 4. Пример установки 3D ЗСБ: А – единичная; Б – расположение установок по площади. Условные обозначения: 1 – генераторные петли, 2 – приёмные петли, 3 – линии профилей.

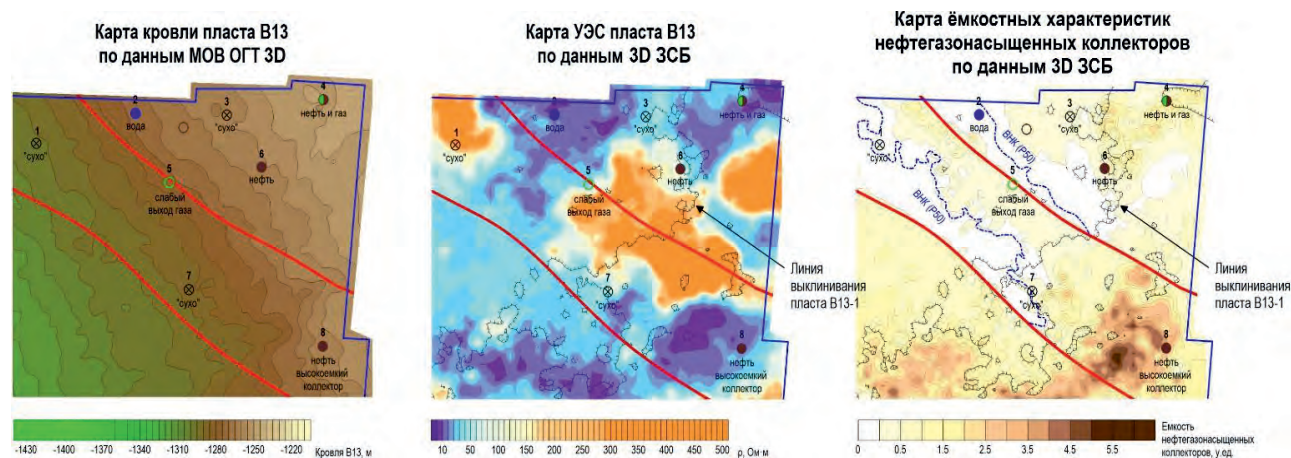


нения МТЗ, при этом верхняя часть разреза (до 4-7 км) восстанавливается более детально благодаря данным ЗСБ (в силу того, что метод ЗСБ характеризуется большей разрешающей способностью). При этом, методически верно располагать пикеты МТЗ на точках, совпадающих с соосными наблюдениями ЗСБ, это имеет значение при выполнении камеральных работ.

Данная методика эффективно справляется с решением задач по оценке перспектив нефтегазоносности в условиях мощного осадочного чехла. Особенно актуально применение этой технологии для изучения мощных отложений рифея, которые зачастую рассматриваются в качестве перспективных в нефтегазоносном отношении.

Применение методики 3D ЗСБ в комплексе с СРР

3D ЗСБ представляет собой площадную модификацию метода ЗСБ (Рис.4). Эта методика рекомендована к применению на **разведочном и эксплуатационном этапах ГРП**, где требуется наибольшая детализация физико-геологической модели месторождения.



▲ Рис. 5. Прогноз фильтрационно-ёмкостных свойств по данным 3D ЗСБ.

Полевые работы методом 3D ЗСБ выполняются, как правило, по сети сейсморазведочных профилей 3D МОГТ. Параметры методики наблюдений 3D ЗСБ могут значительно варьироваться в зависимости от особенностей участка работ и поставленных геологических задач, на рисунке продемонстрирован только один пример из множества возможных.

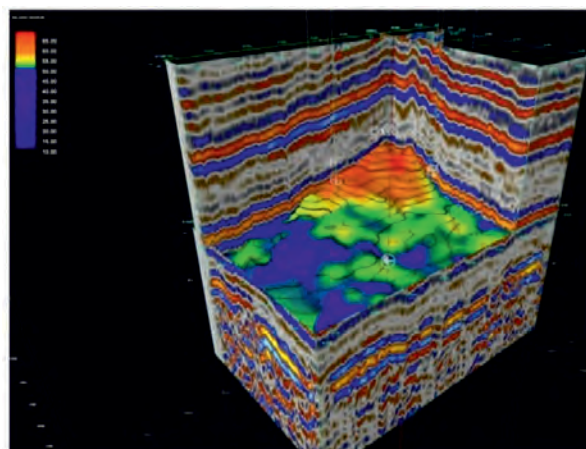
Применение высокоплотных площадных наблюдений 3D ЗСБ в комплексе с 3D МОГТ позволяет определить форму и размер ловушек и залежей углеводородов, картировать разрывные нарушения и определить их проницаемость, оценить коллекторские свойства и тип насыщения резервуаров, минимизировать риски бурения «сухих» скважин, прогнозировать интервалы вероятных аномально низких и аномально высоких пластовых давлений (АНПД и АВПД), оптимизировать технологическую схему разработки (ТСР) за счет выделения наиболее продуктивных зон.

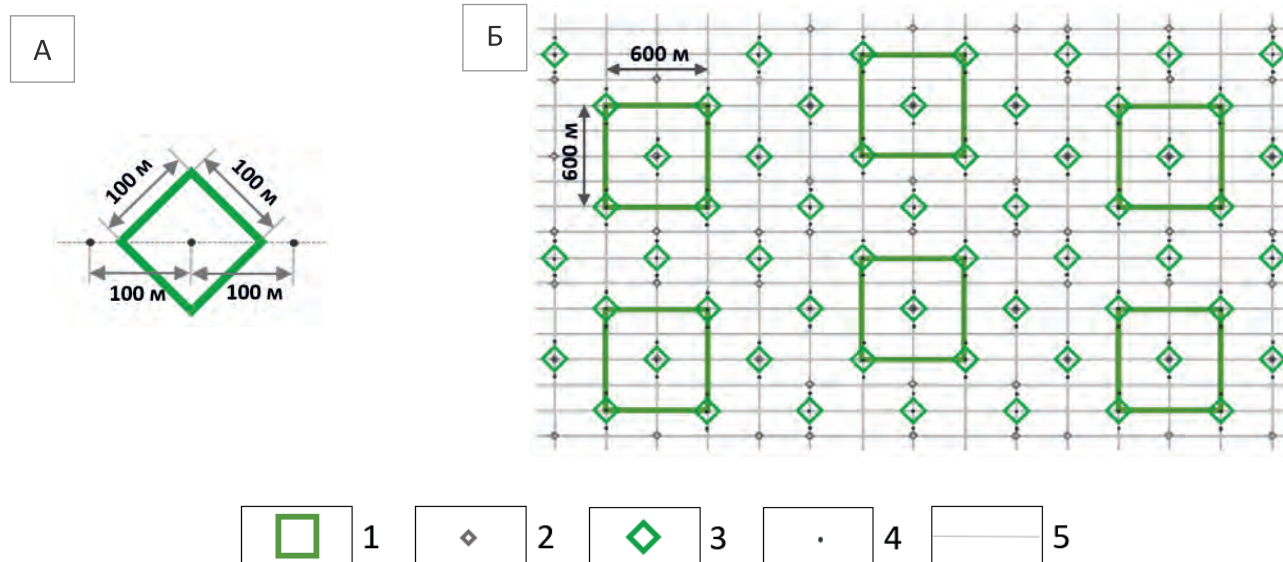
В качестве примера можно привести результаты работ 3D ЗСБ, выполненных на территории крупного нефтегазоконденсатного месторождения в Иркутской

области. Использование высокоплотных наблюдений 3D ЗСБ с применением детального структурного каркаса по данным 3D МОГТ позволило изучить геоэлектрические свойства отдельных горизонтов-коллекторов, а с привлечением данных по скважинам – прогнозировать насыщение и емкостные свойства нефтегазонасыщенных коллекторов (Рис. 5).

Применение структурной основы по данным МОГТ 3D в процессе интерпретации данных 3D ЗСБ позволило прогнозировать насыщение и детально оконтурить газовую залежь в сеноманском нефтегазоносном комплексе (НГК) на одном из крупных газоконденсатных месторождений в Западной Сибири (Рис. 6).

▼ Рис. 6. Комплексная модель сеноманского НГК.





▲ Рис. 7. Пример установки мЗСБ: А – единичная, квадратные приёмные петли аппроксимированы точками; Б – расположение установок по площади в комбинации с 3D ЗСБ. Условные обозначения: 1 – генераторные петли 3D ЗСБ, 2 – приёмные петли 3D ЗСБ, 3 – генераторные петли мЗСБ, 4 – приёмные петли мЗСБ, 5 – линии профилей.

Применение комбинации методик 3D ЗСБ и мЗСБ в комплексе с СРР

Дополнение комплекса 3D ЗСБ + 3D МОГТ малоглубинными зондированиями мЗСБ (Рис.7) позволяет детально уточнить модель месторождения, а именно - верхнюю часть разреза.

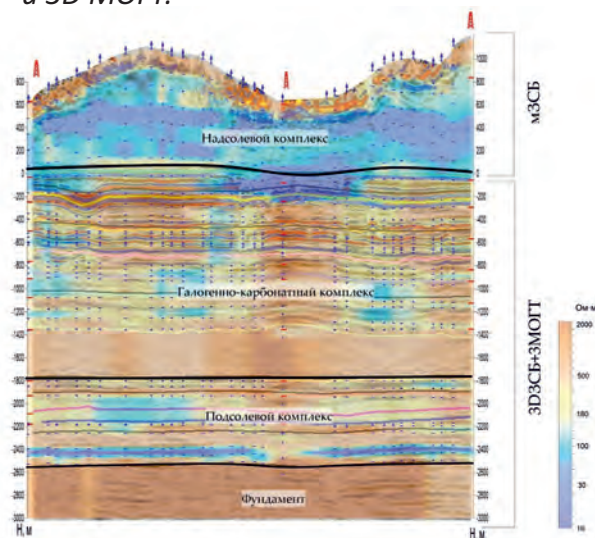
Исследования мЗСБ обеспечивают детальность восстановления модели ВЧР, недоступную «глубинным» 3D ЗСБ, за счет большей локальности исследований и особенностей аппаратуры.

Актуальность применения технологии мЗСБ связана в первую очередь с картированием резервуаров подземных вод с целью обеспечения нужд бурения и системы поддержания пластового давления (ППД). Технологии поиска водоносных горизонтов, основанные на применении метода мЗСБ, апробированы в различных климатических, географических и геологических условиях, эффективность прогнозов многократно подтверждена бурением [Валеев Р.Р. и др., 2019, Оцимик А.А. и др., 2024].

В качестве примера рассмотрены комплексные электроразведочные

работы 3D МОГТ, 3D ЗСБ и мЗСБ на территории уникального газоконденсатного месторождения в Восточной Сибири. Применение методики мЗСБ позволило получить детальную геоэлектрическую модель ВЧР до глубины 500 – 600 м, закартировать водоносные горизонты в отложениях ордовика и верхнего кембрия, 3D ЗСБ в комплексе с 3D МОГТ позволили выявить зоны развития коллекторов, а также вертикальной трещи-

▼ Рис. 8. Комплексный сейсмо-геоэлектрический разрез по данным мЗСБ, 3D ЗСБ и 3D МОГТ.



новатости в галогенно-карбонатном комплексе, детально изучить строение нижних горизонтов осадочного чехла, в том числе отдельных пластов-коллекторов (Рис. 8).

Еще одной задачей, актуальной для нефтегазового хозяйства, является изучение многолетней мерзлоты, картирование которой также входит в спектр геологических задач, эффективно решаемых методом мЗСБ [Оцимик А.А. и др., 2023].

Применение методики 4D ЗСБ в комплексе с СРР

Еще одна технология, применяющаяся на эксплуатационном этапе ГРП - мониторинговые наблюдения 4D ЗСБ, подразумевающие выполнение повторяющихся через определенный промежуток времени измерений с полным воспроизведением первоначальной раскладки установок 3D ЗСБ. Полевые работы 4D ЗСБ, как и 3D ЗСБ выполняются по сети сейсморазведочных профилей 3D МОГТ.

При инверсии данных 4D ЗСБ используется структурный каркас по данным 3D МОГТ. 4D ЗСБ мониторинговые исследования в комплексе с 3D МОГТ позволяют не только получить точную геолого-геофизическую модель месторождения, но и картировать во времени движение фронта заводнения залежи, при этом ранее выполненные 3D электроразведочные работы будут являться «нулевым замером» для 4D ЗСБ наблюдений. Применение методики 4D ЗСБ позволяет регулировать добычу, оптимизировать систему разработки и план перевода скважин в ППД, выполнять мониторинг эффективности системы ППД.

Выводы

Комплексирование источников информации в любой отрасли – это гарант прироста информативности.

Естественно, что эта позиция применима и к процессам поиска, разведки и добычи нефти и газа.

Резюмируя выше сказанное, неоспоримым фактом является то, что синергия сейсморазведки и электроразведки (в основном ЗСБ) обеспечивает такие результаты, которые недоступны ни одному другому методу или комплексу методов. Можно сказать, что исключение из правила составляет ковровое поисковое бурение, если абстрагироваться от его стоимости, но в текущей рыночной ситуации данный вариант явно несостоятелен. Сейсморазведка и метод ЗСБ сохраняют свои преимущества и взаимно нивелируют ограничения друг друга при совместной интерпретации: структурная интерпретация и прогноз насыщения – это дополненная реальность разведочной геофизики.

Также логично выглядит применение к электроразведке этапности, принятой для сейсморазведочных работ: этапы изучения территории требуют соответствующей модификации (2D, 3D, 4D) и плотности наблюдений ЗСБ.

Сравнивать удорожание этапа разведочной геофизики на 10% за счёт включения в комплекс электроразведки ЗСБ и монетизированные риски неуспешного поисково-разведочного и эксплуатационного бурения – прерогатива владельца инвестиционного проекта, но даже ориентировочный расчёт говорит в пользу комплексирования, особенно при единовременном выполнении полевого и камерального этапа обоих методов.

Параллельное выполнение и комплексирование результатов ЭРР и СРР на нефть, газ и минеральные растворы – это не только технологический прогресс, но и грамотная экономическая стратегия. В условиях непрерывного усложнения бюрократических процессов и удорожа-

ния работ/услуг/материалов такой подход становится критически важным для повышения эффективности инвестиционных проектов.

Литература

1. Валеев Р. Р., Колесников Д. В., Буддо И. В., Ильин А. И., Аксеновская А. А., Черкасов Н. А., ... & Гринченко В. А. (2019). Подход к решению проблемы дефицита воды для системы поддержания пластового давления нефтяных месторождений Восточной Сибири (на примере Среднеботуобинского НГКМ). Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, (1), 55-67.

2. Дахнов В.Н. Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщения горных пород. М.: Недра, 1985. 310 с.

3. Оцимик А.А., Буддо И.В. Изучение криогидрогеологических условий с помощью электромагнитных исследований методом малоглубинных зондирований становлением поля в ближней зоне на примере западной части Якутского артезианского бассейна // Науки о Земле и недропользование. 2023. Т. 46. № 2. С. 160–181. <https://elibrary.ru/obdobc>, <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-2-160-181>.

4. Оцимик А.А., Буддо И.В., Мисюркеева Н.В., Токарева О.В., Шелохов И.А., Акулова И.В., Агафонов Ю.А. Критерии поисков подземных вод в условиях распространения многолетней мерзлоты на территории Лено-Виллюйского артезианского бассейна Республики Саха (Якутия). ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. 2024; 9 (4) : 125 – 134. <https://doi.org/10.51890/2587-7399-2024-9-4-125-134>.

5. Пальшин Н.А., Алексанова Е.Д., Яковлев А.Г., Яковлев Д.В., Бревес В.Р. Опыт и перспективы использования

магнитотеллурических зондирований в осадочных бассейнах // Геофизические исследования. – 2017. – Т. 18. – №. 2. – С. 27-54.

6. Поспеев А. В. и др. Современная практическая электроразведка. – 2018.

7. Рыбальченко В.В., Трусов А.И., Буддо И.В., Абрамович А.В., Смирнов А.С., Мисюркеева Н.В., Шелохов И.А., Оцимик А.А. и др. Повышение достоверности решения нефтегазописковых задач по результатам комплексирования сейсмо- и электроразведки на участках ПАО «Газпром» (Западная и Восточная Сибирь) // Газовая промышленность. 2020. № 10/807. С. 20–29].

8. Семинский И.К., Семинский А.К., Поспеев А.В., Рустамова Ф.Р. Комплекс геофизических методов для изучения глубинного строения Ангарского разлома — крупнейшего разрывного нарушения Байкальского рифта // Геология и геофизика. 2023. т. 64 (9). с. 1357–1365. doi: 10.15372/GiG2023127, EDN: flidmq

9. Электроразведка: учебное пособие /авт. - сост.: А.А. Иванов, К.В. Новиков, П.В. Новиков. - М.: МГРИ, 2019. - 80 с.

ФУТПРИНТ — интеллектуальный геомониторинг безопасного производства и управления сейсмопартией

■ Шевченко И.И., Савченко С.А., ООО «ТСГК», г. Тюмень.

Введение

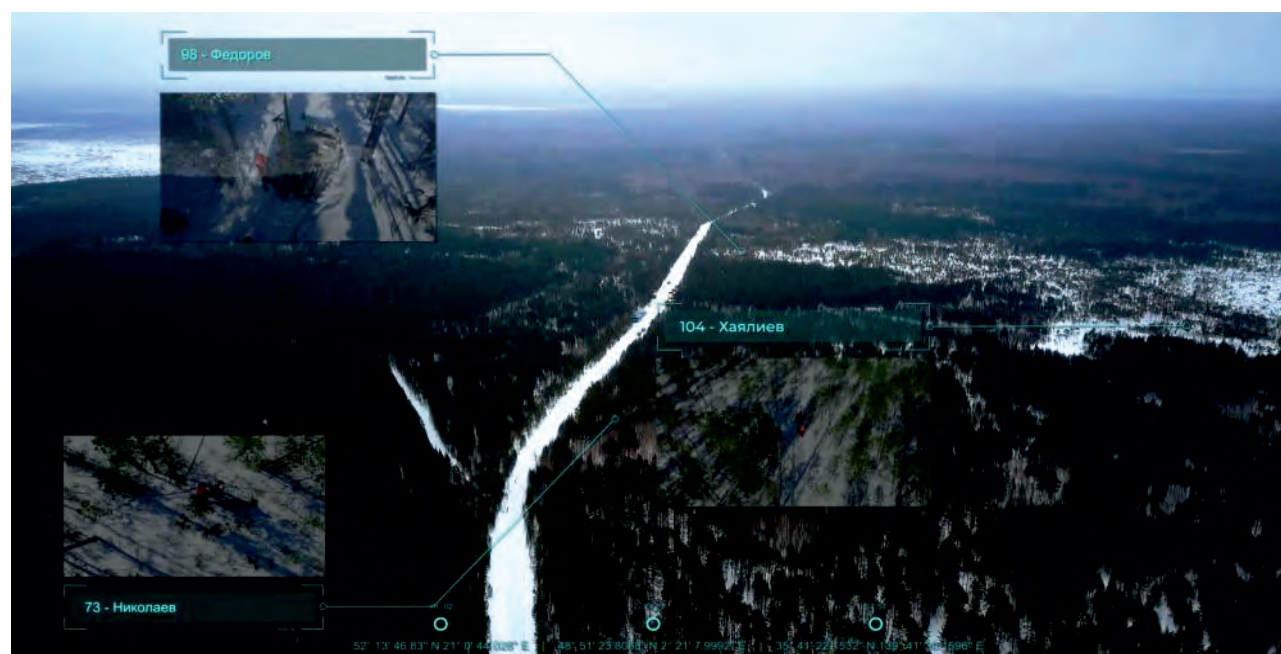
В эпоху цифровизации, цифровой диспетчер, который видит все — персонал, технику, условия ведения работы, — становится краеугольным камнем в сфере сейсморазведки. Его важность трудно переоценить, так как он позволит обеспечить интеграцию всех процессов, позволяя эффективно управлять ресурсами, снижать риски и повышать безопасность на производстве. Цифровая консолидация и автоматизация процессов, относящихся к мониторингу и координации работы, позволяют сократить время реакции на критические ситуации и повысить оперативность принятия решений. Больше нет необходимости координировать каждое действие по радиосвязи, рисовать и ставить отметки на бумажной карте, высчитывая расстояния и местоположение объектов и маршрутов движения. И эта статья посвящена концепции цифровой партии и системе, названной «Футпринт», которая

представляет собой модель, способную трансформировать подход к организации работы сейсморазведочной партии, как единого тонкого механизма, состоящего из большого количества элементов и взаимосвязанных факторов. Это инструмент эффективной и безопасной работы. Удобный и простой.

Аспекты и вызовы геомониторинга в сейсморазведке

Мониторинг объектов партий является первоочередной задачей в сейсморазведке, играя решающую роль в обеспечении безопасности и эффективности полевых работ. Введение современных технологий в эту область требует системного подхода к организации процесса, сосредоточенного на безопасных и устойчивых методах работы. Основные вызовы и риски, возникающие в данной сфере, во многом связаны с увеличением количества единиц техники, используемой на производственных площадках.

▼ Рис. 1. Мониторинг работы бригад на различных видах работ.



Переход на легкую технику, необходимую для обеспечения гибкости и оптимизации процессов, ведет к более напряженному движению на площадке и увеличивает риск потенциальных инцидентов. В таких условиях существование структурированной внутреобъектовой логистики становится критически важным для минимизации времени реагирования на возникшие проблемы и для организации безопасных маршрутов перемещения техники и персонала.

Одним из основных аспектов, который следует учитывать, является скорость и качество получения информации. Своевременные данные, собираемые и обрабатываемые с помощью цифровых платформ, играют ключевую роль в снижении аварийных ситуаций и повышении уровня безопасности на всех этапах работ. Например, использование цифровых диспетчеров и кроссплатформенного программного обеспечения позволяет более эффективно решать классические организационные задачи. Корректировка полевых заданий, мониторинг состояния работников и отслеживание техники — все эти операции становятся более простыми и эффективными, что в свою очередь способствует повышению общей продуктивности. А анализ набранных статистических данных позволяет строить предиктивные модели развития событий в будущем, планировать наиболее оптимальные маршруты, связывать пробеги с расходом топлива и запасных частей для планового обслуживания техники.

Однако, несмотря на достигнутые успехи, ключевой проблемой, с которой сталкивается сейсморазведка, остается необходимость поддержания стабильной связи между всеми участниками

процессов. Эффективная коммуникация между диспетчерами, рабочими и руководством является основополагающей для успешной реализации концепции уберизации, которая акцентирует внимание на интеграции технологий и обмене данными в реальном времени.

Применение современных средств связи и информационных технологий должно стать приоритетом для достижения высоких стандартов безопасности и оперативности.

В будущем система мониторинга работников в реальном времени станет важнейшим элементом, способствующим повышению уровня безопасности и эффективности на всех этапах сейсморазведочных процессов. Она позволит не только отслеживать перемещение и состояние сотрудников, но и обеспечит возможность быстрого реагирования на аварийные ситуации, что в свою очередь будет способствовать созданию более безопасной и эффективной рабочей среды в условиях постоянно меняющихся требований отрасли. Отслеживать передвижения будет можно не только с диспетчерского пункта, а из любого места с любого устройства, главное наличие интернетсоединения.

Архитектура системы «Футпринт»

Система «Футпринт» представляет собой комплексную архитектуру, разработанную для геомониторинга людей и транспортных средств. Она включает в себя как аппаратные, так и программные компоненты, что обеспечивает высокую эффективность и надежность в работе.

Основные функции

1. Отслеживание объектов: Обеспечивает мониторинг людей и транспортных средств в реальном времени.

2. Управление геозонами: Позволяет создавать и контролировать различные производственные зоны, как эксклюзивные зона на местности, так и зоны проведения работ повышенной опасности.

3. Анализ нарушений: Осуществляет анализ нарушений на ответственных участках, которые могут угрожать безопасности или эффективности работы сейсмопартии.

4. Мониторинг состояния и передача данных "SOS".

5. Формирование отчетов: Предоставляет возможность создания подробных отчетов и уведомлений на основе собранной информации, что облегчает принятие оперативных решений.

Основные компоненты системы:

- Устройство геопозиционирования: Физическое оборудование, осуществляющее текущее позиционирование людей и транспорта, передающее данные на шлюз данных.

- Шлюз данных: Аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий прием и передачу данных между устройствами геопозиционирования и серверной

частью Web-приложения.

- Серверная часть Web-приложения: Центральный элемент, обрабатывающий и хранящий данные, с которыми взаимодействует клиентская часть.

- Тайловый сервер: Отвечает за визуализацию данных на карте.

- Клиентская часть Web-приложения: Интерфейс для пользователей, позволяющий взаимодействовать с системой в режиме реального времени.

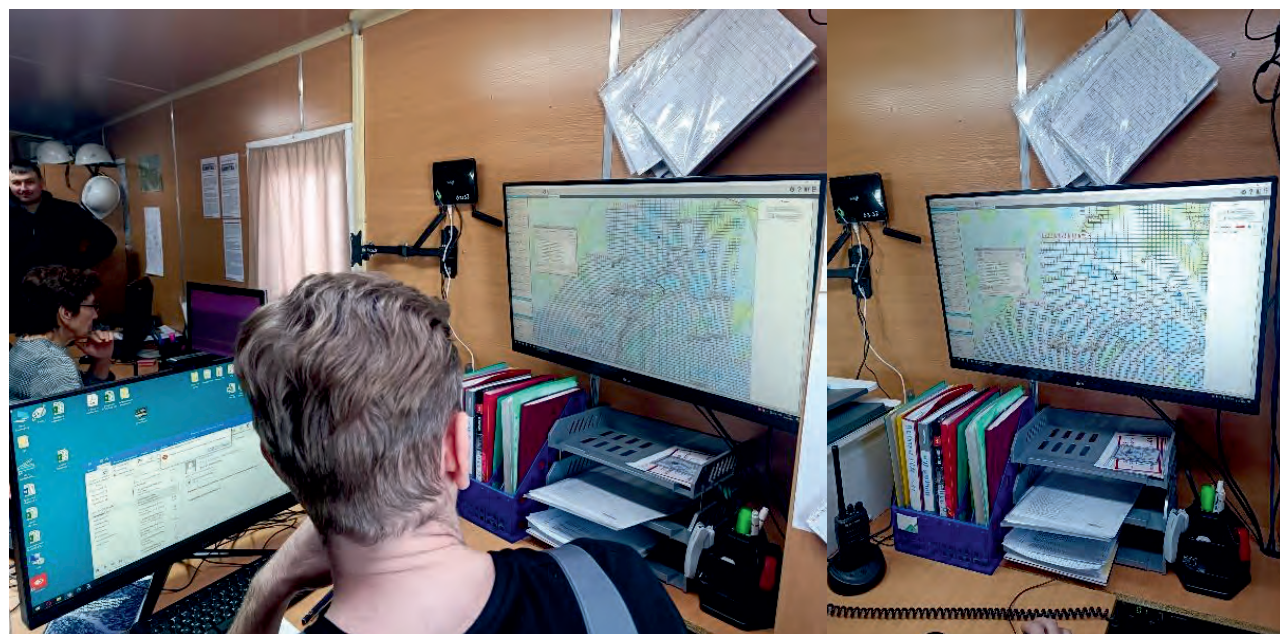
Ключевые аспекты архитектуры

- Многослойная структура: Обеспечивает гибкость и масштабируемость системы.

- Адаптивность и гибкость системы к изменениям условий работы и появлению новых задач.

- Четкое разделение ролей пользователей: Оптимизирует взаимодействие с функционалом системы, позволяя различным пользователям (диспетчерам, администраторам, разработчикам и линейным руководителям подразделений) иметь доступ к необходимым инструментам в зависимости от их ролей.

▼ Рис. 2. Рабочее место диспетчера системы «Футпринт» – удобно, просто, функционально.



Роли пользователей:

1 Диспетчер: Просмотр (П) большинства функций и редактирование (Р) в необходимых случаях для выполнения задач.

2 Администратор: Полный просмотр и редактирование (П+Р) функций, связанных с управлением приложением и пользователями, без возможности прямого изменения данных в базе.

3. Разработчик (Суперпользователь): Полный доступ (П+Р) ко всем функциям системы, включая изменение состояния моделей данных и управление наполнением базы данных.

Перспективы развития системы «Футпринт»

Система «Футпринт» уже зарекомендовала себя как надежное и эффективное решение для геомониторинга, однако в будущем открываются широкие возможности для ее развития и совершенствования. Одним из ключевых направлений является внедрение передовых технологий искусственного интеллекта и машинного обучения.

Эти технологии смогут автоматизировать процессы анализа данных, значительно увеличивая точность прогнозов и совершенствуя алгоритмы распознавания нарушений. Кроме того, стоит рассмотреть расширение функционала системы, включая более усовершенствованные возможности визуализации данных и создание более интуитивно понятного интерфейса. Это сделает взаимодействие пользователей с приложением еще более комфортным и эффективным.

Не менее важным шагом в развитии «Футпринт» является интеграция с другими уже существующими технологиями и системами безопасности, такими как

видеонаблюдение, системы контроля доступа и различные защитные мероприятия на объектах. Эта интеграция позволит создать единую, комплексную информационную систему, которая значительно упростит управление безопасностью и оптимизацию всех процессов. Также возможность интеграции с мобильными приложениями даст пользователям шанс получать уведомления и актуальную информацию в режиме реального времени, что повысит оперативность реагирования на потенциальные инциденты и в целом улучшит уровень безопасности на местах.

Кроме того, экономическая целесообразность развития и внедрения системы «Футпринт» играет ключевую роль в ее дальнейшей реализации. Эффективное использование данной системы не только способствует существенному снижению затрат на контроль производственных процессов, но также минимизирует риски, связанные с возможными чрезвычайными ситуациями и нарушениями. Инвестиции в систему могут привести к значительному повышению производительности работы, сокращению потерь и повышению общего уровня безопасности на объектах. В конечном итоге, внедрение системы «Футпринт» существенно повысит конкурентоспособность организаций, обеспечивая высокий уровень доверия со стороны клиентов и бизнес-партнеров.

Заключение

Таким образом, развитие системы «Футпринт» открывает новые горизонты для повышения эффективности управления безопасностью и создает дополнительные экономические возможности для организаций, стремящихся адаптироваться к современным вызовам и



▲ Рис. 3. Коллеги-геофизики знакомятся с возможностями системы «Футпринт» на базе СП №3, ООО «ТСГК».

требованиям рынка. Внедрение передовых технологий геомониторинга в стандарты современной сейсморазведки не только оптимизирует процессы контроля и анализа данных, но и обеспечивает более безопасное функционирование объектов.

Развитие системы – в широком сотрудничестве со всеми участниками рынка разведочной геофизики, в интеграции инновационных решений для формирования более надежной и эффективной системы управления рисками. Объединение усилий приведет к значительным улучшениям в области безопасности и устойчивого развития, что окажет положительное влияние технологии организации работы полевой геофизической партии в любом регионе, на заказчиков,

определяющих безопасность на производстве как свой главный приоритет.

Подробнее об авторах



Шевченко
Илья Игоревич

Компания
ООО «ТСГК»



Савченко
Станислав Александрович

Компания
ООО «ТСГК»

Технико-экономическое обоснование внедрения ПАК «Геотом» на проектах 3D в России



Гурьев
Сергей
Владимирович



Тиссен
Александр
Артурович



В настоящее время в отрасли сейсморазведки в России, в целом, сформирован подход к контролю технологии со стороны заказчиков. Актуальность изменений обсуждалась на различных форумах и публикациях не раз, но в настоящее время все сейсморазведочные компании должны работать с учетом сегодняшних требований рынка. Именно этот подход определяет возможность, либо сложности с внедрением нового оборудования и технологий.

Ключевые составляющие требований заказчика можно сгруппировать по трем направлениям:

- Постоянный контроль состояния приемной расстановки с точки зрения работоспособности и вертикальности сейсмоприемников;
- Постоянный контроль условий регистрации данных по уровню микросейсм;
- Оперативный контроль работы источников возбуждения.

В статье «Рыночные перспективы ПАК «Геотом» — российской телеметрической сейсморегистрирующей системы.» в журнале «Приборы и системы разведочной геофизики» №1 за 2025 год было представлено технологическое обоснование соответствия данной системы существующим в отрасли стандартам.

ПАК «Геотом» — это отечественная телеметрическая сейсморегистрирующая система, которая гармонично соче-

тает современные технологии и тенденции в сейсмическом приборостроении с текущими отраслевыми требованиями. Система обладает широкими возможностями для соответствия современным стандартам и требованиям контроля процесса проведения сейсморазведочных работ представителями заказчика. ПАК «Геотом» обеспечивает надежное выполнение исследований и гарантирует высокое качество получаемых сейсмических данных. Эта разработка упрощает работу сейсморазведчиков, повышая эффективность благодаря мобильности, удобству использования и высокой адаптивности.

Данная публикация предлагает оценить возможности трансформации сейсмопартии и технологии при переходе с кабельных систем, превалирующих в отрасли, на использование ПАК «Геотом», как основной сейсморегистрирующей системы.

Сопоставление организации работы партии производится исходя из задачи обеспечения одинаковой производительности на проекте. Несомненно, каждый проект уникален, зависит от конфигурации площади, существующих препятствий и помех для работы, слаженности коллектива сейсмопартии и сложившихся в компании-исполнителе работ походов и требований к принципам комплектования производственной единицы. Приведенный расчет сделан



А - ПАК «Геотом» (Россия) - российская телеметрическая сейсморегистрирующая система.

▲ Рис. 1. Оборудование для регистрации сейсмических данных.

исходя из собственного опыта авторов публикации выполнения сейсморазведочных проектов, и другие исполнители сделают иной расчет.

Однако, опыт авторов основывается также на практических результатах первого сезона производственной эксплуатации ПАК «Геотом» и успешно



Б - 428 XL (Sercel), Франция – самая массовая в России сейсморегистрирующая система.

выполненных проектах – 3D в ЯНАО (взрывная технология возбуждения) и 2D в Якутии (вибрационная технология возбуждения).

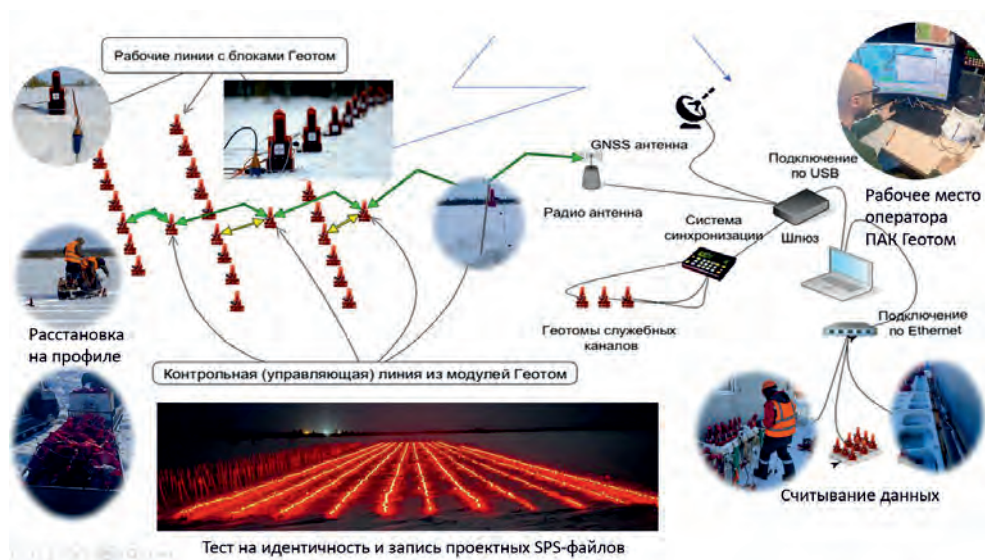
Весовые и эксплуатационные характеристики сейсмооборудования

▼ Табл. 1. Весовые характеристики ПАК «Геотом» (Сейстех) и SN428XL (Sercel).

	ПАК "ГЕОТОМ"	вес, тонн		шт	вес, 1 шт	вес, тонн
Каналов на проект*	12500		SN428XL			
Вес 1 блока в работе, кг	1,6 кг	20	4х канальная коса FDU 428	3000	14 кг	42
Транспортная тара ящик на 4 блока	2,5 кг		LAUL 428	300	2,4 кг	0,72
	3125 шт		LAUX 428	32	5,5 кг	0,176
Вес системы при транспортировке, кг	2,3 кг на канал	28,75	АККУМУЛЯТОРЫ	375	16 кг	6
Объем при транспортировке	112,5 куб.м					
Считывающее устройство на 6 ячеек	10 шт	0,1				
ШЛЮЗ-Станция	3 - 4 шт					
ВЕС ПРИЕМНОЙ РАССТАНОВКИ в РАБОТЕ, тонн		20,1	ВЕС ПРИЕМНОЙ РАССТАНОВКИ в РАБОТЕ, тонн			48,896
* на проект рекомендуется планировать запас каналов для ротации и формирования управляющей линии						

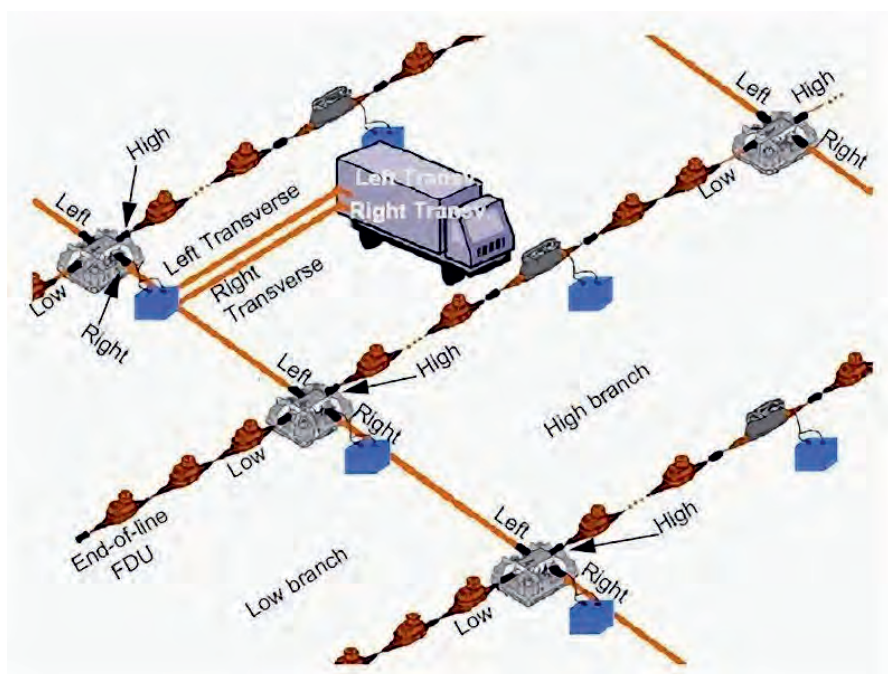
Методика работ	МОГТ 3D
Метод возбуждения колебаний	Взрыв
Тип сейсмостанций	
Система наблюдения	Центрально-симметричная
Параметры группирования сейсмоприёмников	YF-SOLO-5Hz
Всего каналов на проекте / активная	12000 / 4800
Количество линий в активной расстановке	20
Количество активных каналов в линии	240
Расстояние между линиями ПП / ПВ, м	300 / 300
Шаг ПП / ПВ, м	25 / 50
Ежедневная плановая регистрация, ф.н.	400 ф.н.

▲ Табл. 2. Методика наблюдения при выполнении типовых сейсморазведочных задач.



▲ Рис. 2. Схема работы ПАК «Геотом».

- Рис. 3. Схема работы SN428XL (Sercel).
Источник информации:
<https://duniaseismik.blogspot.com/>



		ПАК "ГЕОТОМ"			SN428XL
		Персонал			Персонал
Оператор сейсмостанции		4*			3
Количество бригад в сейсмоотряде	13	26		10	50
Людей в бригаде	2			5	
Техника	Снегоход			МТЛБ	
Бригады наладки	4	4		10	10
Людей в бригаде наладки	1			2	
Техника	Снегоход	4 шт.		Вездеход	10 шт.
Аккумуляторная		0			2
ГМЛ		1		ГМЛ	6
	ВСЕГО	35			71

*рекомендуется отдельный оператор
для считывания данных

▲ Табл. 3. Сопоставление численно-квалификационного состава персонала сейсмоотрядов.

Различие в технологическом конвейере использования ПАК «Геотом» и SN428XL (Sercel)

Расстановка и наладка приемных линий. Использование бескабельного ПАК «Геотом» позволяет осуществлять расстановку приемных каналов быстрее и меньшими ресурсами. Корректно установленный канал ПАК «Геотом» в 98% не требует наладки, как отдельного технологического элемента. В кабельной системе, помимо установки сейсмоприемника и проверки контакта требуется разложить кабель между каналами, проконтролировать соединение между косами, установить аккумуляторы, обслужить управляющую кабельную линию. Скорость подготовки системы ПАК «Геотом», исходя из накопленно-

го опыта опытных и производственных проектов в 1,5 – 2 раза чем у кабельных или частично кабельных систем.

Технология «Геотом» максимально адаптивна к технологии «Зеленая сейсмика ©», что позволяет существенно уменьшить ширину проездных просек для раскладки сейсморегистрирующей системы.

Транспортировка. Технология «Геотом» основывается на использовании легких транспортных средств и оборудования, что позволяет значительно сократить расход топлива и энергетические затраты по сравнению с классическими кабельными методами. (Рис.5.) Расход топлива МТЛБ на 100 км пути – 90-120 л., расход топлива снегохода – в 4 раза ниже. Благодаря мобильной технике, достига-



▲ Рис. 4. ПАК «Геотом» создан в концепции «Зеленая сейсмика ©».

А – профиль для работ с кабельной системой, Б – профиль для ПАК «Геотом».

ется эффективное использование ресурсов и ускорение процесса проведения работ. Этот подход особенно актуален для условий, требующих минимизации затрат и воздействия на окружающую среду, облегчает транспортировку и расстановку оборудования в труднодоступных местах. В результате внедрения «Геотом» сокращаются операционные расходы и уменьшается экологический след, что делает данную технологию привлекательной для широкого внедрения.

Оборудование ПАК «Геотом» доставляется на проект в транспортировочных

ящиках по четыре блока в каждом. Вес одного транспортировочного ящика – 2,5 кг., ящики собираются в удобные для механизированной погрузки паллеты (Рис.6.)

Энергообеспечение ПАК «Геотом» реализовано батарейными блоками, которых хватает более чем на 100 дней непрерывной записи. Это предполагает работу в течении зимнего сезона без замены батарейных блоков в процессе работы – ни на базе, ни, тем более на профиле. Практика выполненных проектов показывает, что снижение заряда

▼ Рис. 5. Удобное оборудование ПАК «Геотом» позволяет использовать легкую технику.



Источник фото:
<https://www.gazprom.de/press/news/reports/2015/chayndi-treasure/>





◀ Рис. 6.
Транспортировка
ПАК «Геотом»
производится
в специальной
таре.

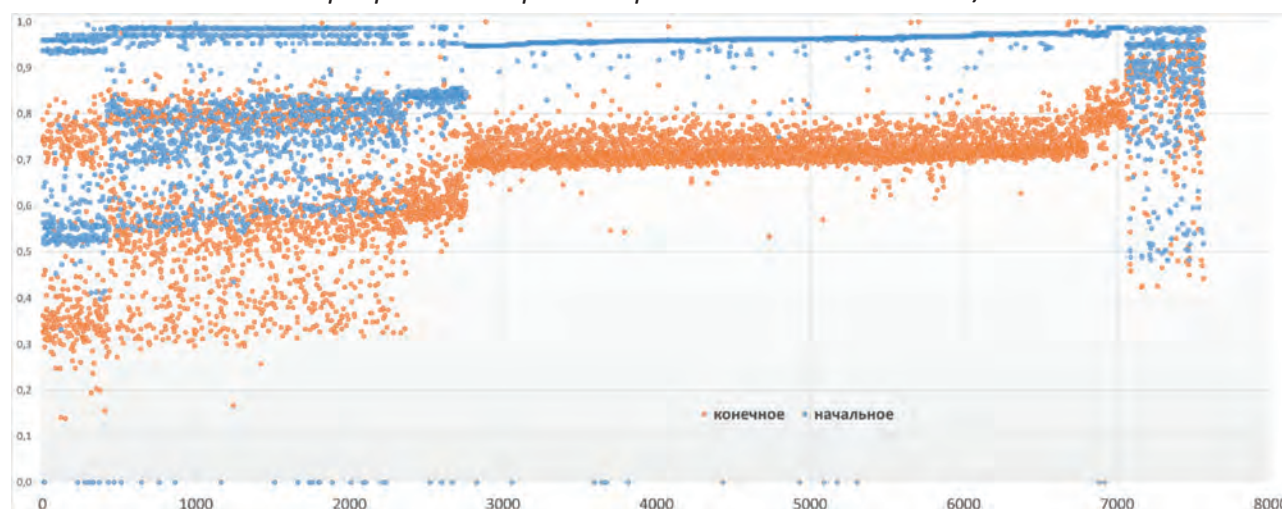
батарей за сезон происходит в соответствии с заявленными показателями – на 25-40%. На рисунке 7 представлен графика разряда батарей за 4 месяца работы на преокте. Разное время разряда батарей обусловлено тем, что в процессе работы не контролировалось равномерность участия в регистрации отдельных полевых блоков. На проекте из 7500 каналов ПАК «Геотом» часть каналов использовалась с новыми блоками, а часть пошла в работу после двух лет опытно-промышленной эксплуатации. На графике видно, что в целом, скорость разряда батарей на проекте соответствует заявляемым параметрам.

При работе с кабельными системами необходимо практически ежедневно менять аккумуляторные батареи на профиле – один аккумулятор на 40-60 каналов.

На систему в 12000 каналов необходимо иметь как минимум, 370 аккумуляторов с учетом необходимого обслуживания и ротации.

Обслуживание и замена аккумуляторов, реализуется одновременно с наладкой линий. Работа с таким количеством аккумуляторов требует развертывания аккумуляторной мастерской, со всеми необходимыми допусками и разрешениями.

▼ Рис. 7. Статистика разряда батарей на проекте 3D в сезоне 2024/2025.



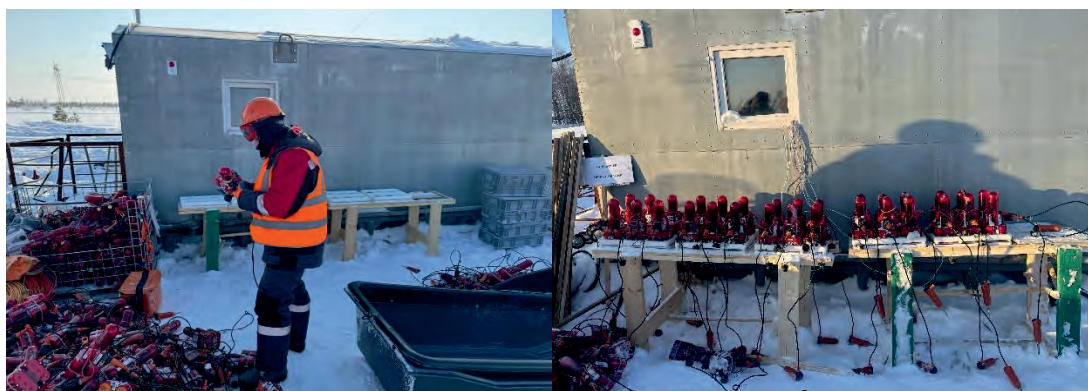
- Рис. 8. Доставать бескабельное оборудование из под снега легче, чем кабельное.



Условия эксплуатации во время бурана или оттепели. Полевые блоки «Геотом» — бескабельные, поэтому после бурана их легче извлечь из-под снега. Как и после оттепели с последующим вмерзанием. В отличие от кабельных систем, которые вмерзают в снег вместе с проводами, что требует выкапывания километров погребенного или вмерзшего кабеля (Рис. 8.). Блоки «Геотом» после снегопада могут быть найдены как по координатам, определяемым системой управления оператором, так и простым металлоискателем в районе проектного пикета.

Скачивание сейсмической информации. Относительно технологии работы с кабельными системами, получающими сейсмический материал непосредственно в процессе регистрации, в технологию «Геотом» добавляется процедура скачивания данных. В процессе перемотки данных происходит считывание данных. На скачивание примерно недельного отстрела требуется 3-5 минуты с каждого блока. Количество модулей считывания данных необходимо планировать для того, чтобы вся дневная перемотка данных могла быть считана за 1-1,5 часа (Рис. 9.). Либо при проектиро-

- ▼ Рис. 9. Для считывания данных в технологии ПАК «Геотом» не обязательно нужно специальное помещение.



вании количество оборудования ПАК «Геотом» должно рассчитываться с запасом на ротацию. Кроме того, оборудование для считывания данных не требует отдельного помещения, компактно и может быть приближено максимально к полевой расстановке.

Можно добавить к преимуществам ПАК «Геотом» его удобство при работе в сложных поверхностных условиях – в зоне техногена, сложного рельефа, различных препятствий, на которых работа кабельными системами затруднена, и отсутствие соединительных кабелей приобретает ключевое значение для технологичности размотки.

Заключение

Наверняка, новые пользователи системы ПАК «Геотом» найдут свои аргументы и преимущества использования данной российской разработки. И то, что ПАК «Геотом» является российским программно-аппаратным комплексом является еще одним немаловажным плюсом для пользователей системы.

Президент России Путин В.В. предложил установить льготы по налогу на прибыль для компаний, приобретающих российское высокотехнологичное оборудование [1]. Об этом он сказал 21 февраля 2025 г. в своем послании Федеральному собранию. Глава государства напомнил, что с 2023 года российские компании, приобретая передовые отечественные IT-решения и продукцию с использованием искусственного интеллекта, имеют возможность сократить выплаты по налогу на прибыль. «Причем эти расходы учитываются с повышенным коэффициентом — в 1,5 раза больше фактических затрат. То есть на каждый рубль, вложенный компанией в покупку такой продукции, приходится налоговый вычет в 1,5 рубля»,

Источник:

1. <https://pharmmedprom.ru/news/za-pokupku-rossiiskogo-visokotehnologichnogo-oborudovaniya-dadut-nalogovie-lgoti/>

Электроразведочная аппаратура компании «СИГМА-ГЕО», как технологическое решение для геологоразведки нового поколения

- Шарлов М.В., ООО «СИГМА-ГЕО», ООО «СИГМА ЭЛЕКТРОНИКА», г. Иркутск.
- Агафонов Ю.А., ООО «СИГМА-ГЕО», г. Иркутск.
- Пестюрин Т.Н., ООО «СИГМА ЭЛЕКТРОНИКА», г. Иркутск.

Методы электроразведочных исследований являются популярным и востребованным инструментом в комплексе геологоразведочных работ; с их помощью решается широкий круг задач в различных отраслях — от нефтегазовой геологии и рудных месторождений до инженерных и экологических задач. Одновременно с развитием теории электроразведки, а также благодаря неуклонному улучшению элементной базы в микроэлектронике и прогрессу в области компьютерных технологий, совершенствуются и расширяются возможности аппаратуры для проведения полевых электроразведочных исследований. Требования заказчиков к информативности, точности и производительности таких исследований постоянно увеличиваются, вследствие чего разрабатываются и выпускаются новые модификации разнообразной измерительной электроразведочной аппаратуры.

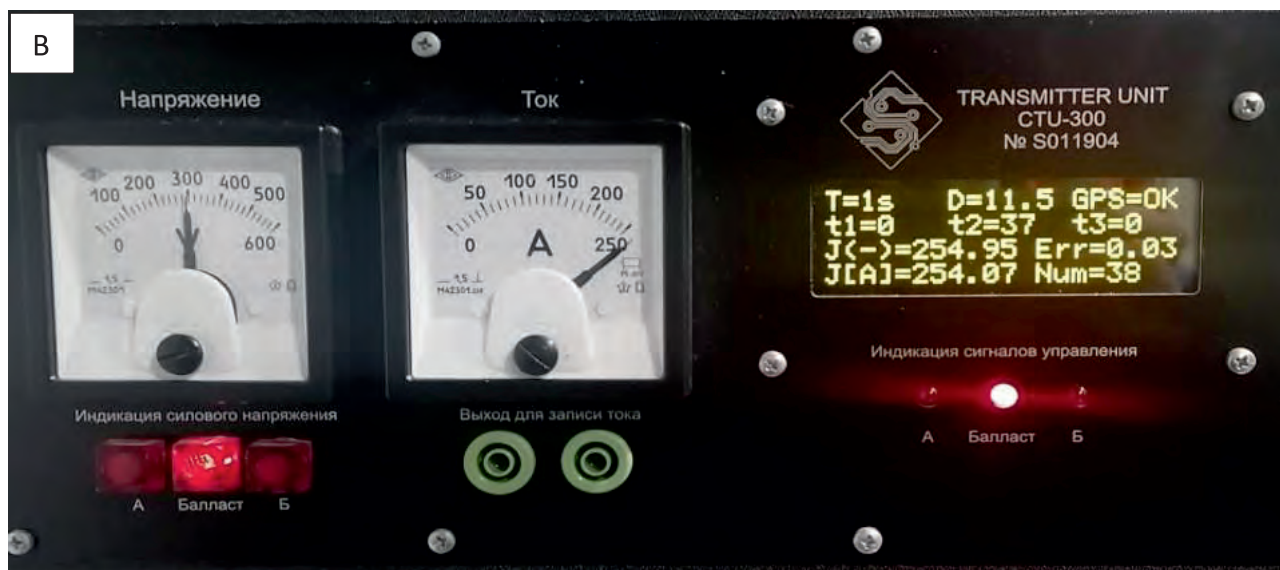
Эффективные решения для полевых работ требуют использования высокотехнологичной электроразведочной аппаратуры, а также внедрения современных алгоритмов обработки и интерпретации полученных данных. Именно такие решения, разработанные группой компаний «СИГМА ЭЛЕКТРОНИКА» и «СИГМА-ГЕО», завоевали заслуженное доверие в отрасли. В результате этого их используют в качестве современного стандарта электроразведки в целом по индустрии, что не только укрепило репутацию бренда, но и фактически создало новый отраслевой стандарт оснащенности для компаний, проводя-

щих комплексные геофизические исследования. В итоге сформировался независимый спрос на современную и надежную аппаратуру, который успешно удовлетворяется компанией «СИГМА-ГЕО», поставляющей инновационные решения для рынка.

Многоканальная телеметрическая цифровая электроразведочная станция SGS-ТЕМ ПИКЕТ-32

Разработана в 2017 году (с обновлениями в 2019 и 2022 годах) М.В. Шарловым и Т.Н. Пестюриным на базе аппаратуры SGS-ТЕМ ПИКЕТ-2 предыдущего поколения [1]. Новая модификация отличается применением современных электронных компонентов с улучшенными характеристиками, включая 32-битный АЦП и малошумящий инструментальный усилитель, а также расширенными техническими параметрами (точность синхронизации, диапазон времен регистрации сигнала, скорость передачи данных по цифровому каналу, беспроводной интерфейс передачи данных и др.). При этом архитектура станции осталась аналогичной многоканальным телеметрическим сейсморазведочным комплексам, основанным на централизованной работе одноканальных измерителей. Это позволяет одному оператору контролировать работу оборудования на профиле, а результаты измерений с всех каналов становятся доступными для анализа в моменте измерений, что повышает качество работы и минимизирует вероятность ошибок.

Высокоточный многоканальный



▲ Рис. 1. Состав аппаратуры SGS-ТЕМ ПИКЕТ-32: А – измеритель, Б – рюкзак и цифровая линия связи на катушке, В – коммутатор тока CTU-300 с силой тока до 300 А.

комплекс SGS-ТЕМ ПИКЕТ-32 (рис. 1) предназначен для проведения электроразведочных работ на больших глубинах. Технические решения и полнофункциональный программный комплекс делают SGS-ТЕМ ПИКЕТ-32 одной из самых совершенных и универсальных измерительных систем для масштабных работ с многоразностной зондирующей установкой. Станция предназначена для структурных и нефтегазопроисковых работ, изучения осадочных бассейнов, геологического картирования, рудной электроразведки, инженерной геологии, гидрогеологии, геоэкологических исследований и 3D-исследований. С помощью этой станции доступны методы электромагнитных исследований, такие как зондирование в ближней (ЗСБ) и дальней

(ЗСД) зонах, метод вызванной поляризации (ВП), частотные зондирования (ЧЗ) и методы постоянного тока.

Телеметрический аппаратно-программный комплекс SGS-ТЕМ включает следующие ключевые компоненты (рис. 2):

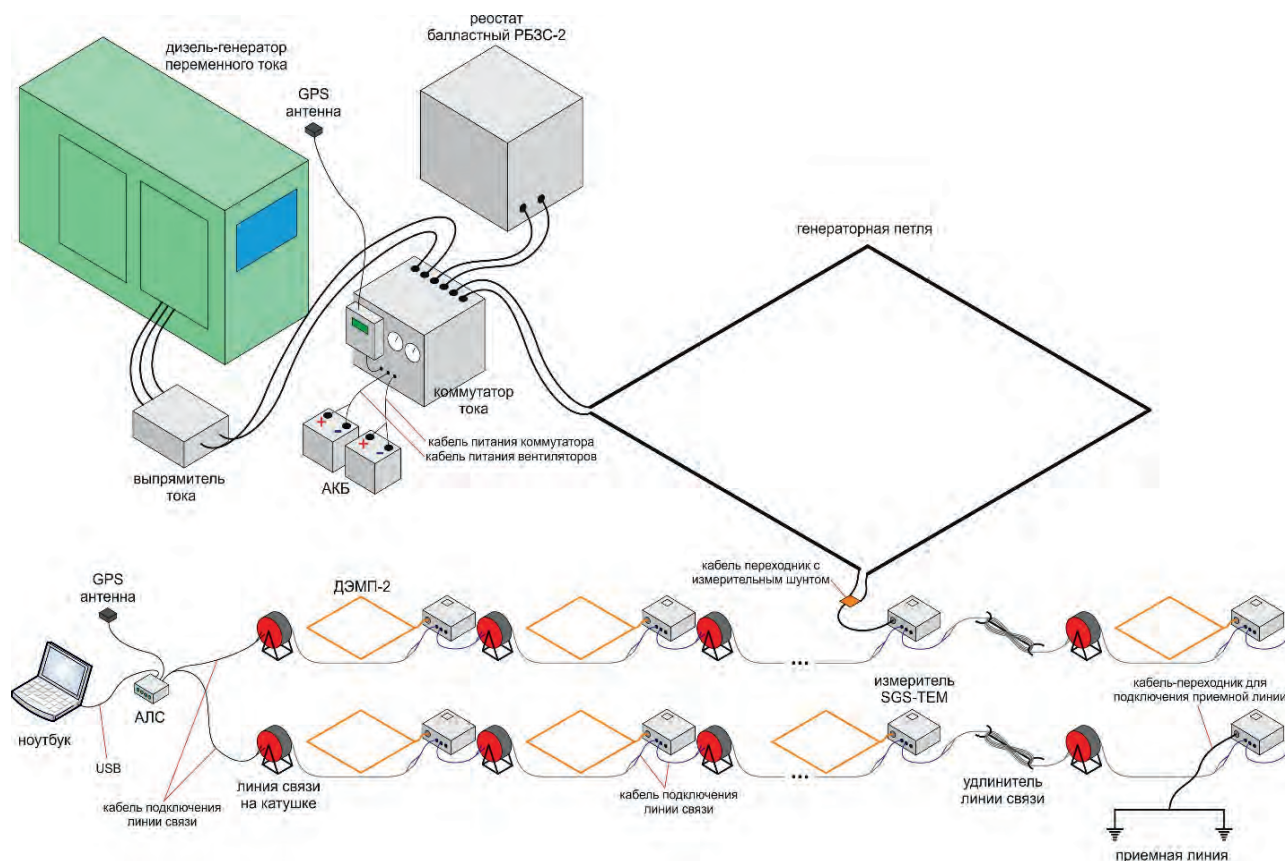
1. Полевые телеметрические модули (измерители)

- Максимально используемое количество каналов: 32 (возможное расширение до 64).

2. Бортовой комплекс

- Состоит из адаптера линий связи (АЛС) и персонального компьютера или ноутбука.

- Предназначен для управления параметрами измерителей, сбора и обработки зарегистрированных данных.



▲ Рис. 2. Схема подключения компонентов станции SGS-TEM ПИКЕТ-32.

Из Учебника «Современная практическая электроразведка»

/ науч. ред. чл.-кор. РАН Д.П. Гладкочуб ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние,

Ин-т земной коры. – Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2018. – 231 с. –

ISBN 978-5-9909584-1-8 (в пер.). DOI: 10.21782/B978-5-9909584-1-8.

3. Система возбуждения электромагнитного поля

- Основана на мощном транзисторном коммутаторе тока (СТУ-250 или СТУ-300) со спутниковой системой синхронизации GPS/GLONASS.

4. Программный комплекс

- Для регистрации, обработки и интерпретации данных электромагнитных зондирований.

Технические характеристики измерителя SGS-TEM ПИКЕТ-32

Измеритель построен на базе 32-разрядного АЦП ADS1262 фирмы Texas Instruments с использованием современных технологий поверхностного монтажа.

• Тип и разрядность АЦП: дельта-сигма ($\Delta\Sigma$), 32 разряда (включая знак).

• Шаг дискретизации: 25, 31, 62.5, 250 мкс, 1 мс, 3 мс, 20 мс.

• Измерение и сохранение входного сигнала с арифметическим шагом регистрации (full waveform recording) открытым каналом (без применения фильтрации и интегрирования во временные «окна»; данные операции выполняются при последующей обработке в программном обеспечении с настройками по выбору пользователя).

• Количество мультиплексируемых входных каналов (секций): 2. К разным входным секциям одновременно могут быть подключены датчики электромагнитного поля с разным магнитным моментом, для измерения как ранних, так и поздних времен становления сигнала, т.е. изучения как малых, так и больших глубин геоэлектрического разреза.

- Вход: дифференциальный (симметричный).
- Коэффициент усиления измерительного канала: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 256, 512; задается оператором индивидуально для каждого измерителя. Перед регистрацией измеряется с погрешностью не более 0,3 %.
- Полный теоретический динамический диапазон измерительной системы: более 240 дБ.
- Максимальное количество отсчетов при регистрации единичной реализации сигнала: 20 000 (диапазон измеряемых времен от 25 мкс до 400 секунд).
- Приемник поля: любой тип (многовитковая петля, активный индукционный датчик, заземленная линия).
- Программное управление коммутацией встроенного параллельного шунта: позволяет снизить паразитные осцилляции многовитковых датчиков.
- Скорость передачи данных: 0.1 - 3 Мбит/с на расстоянии до 1 км между измерителями (устанавливается в зависимости от качества и длин сегментов цифровой линии связи).
- Доступны модификации с беспроводными интерфейсами передачи данных (LoRa, WiFi).
- Встроенный GNSS-приемник: для фиксации координат расположения измерителя.
- Система синхронизации с точностью не хуже 10-6 сек: на основе GNSS или внешней проводной синхронизации.

Преимущества аппаратуры SGS-ТЕМ ПИКЕТ-32

Высокая разрешающая способность: регистрирующее оборудование и полевые технологии отвечают требованиям электроразведки, обеспечивая повышенную пространственно-времен-

ную плотность измерений; применение современного 32-разрядного АЦП позволяет измерять поздние времена становления с высокой точностью.

Принцип "открытого канала": реализован с регистрацией неизменных исходных сигналов с арифметическим шагом дискретизации по времени.

Беспроводной интерфейс передачи данных: позволяет организовывать высокоплотные 3D сети наблюдений и повысить производительность полевых работ.

Внешняя обработка сигналов: Обработка сигналов целиком вынесена на внешний компьютер, что позволяет использовать высокоэффективные математические алгоритмы для подавления помех.

Гибкость применения: Конфигурация станции позволяет применять метод зондирования в ближней зоне (ЗСБ) в промышленных районах, где использование электромагнитных зондирований ранее было невозможно или крайне затруднено.

Возможность работы в любых типах климата: от арктического до пустынного, от экваториальных джунглей до Сибирской тайги;

Высокая производительность в работе: комфортная и надежная система, компактная и легкая по весу; за счет интуитивно понятного интерфейса обеспечивается быстрое обучение операторов-геофизиков.

Телеметрический программно-аппаратурный комплекс FASTSNAP

Предназначен для проведения малоглубинных электроразведочных исследований.

Устойчивый интерес к изучению верхней части разреза (ВЧР) для решения инженерных, рудных и других задач,



▲ Рис. 3. Коммутатор тока и измерительный модуль комплекса FASTSNAP четвертого поколения.

связанных с малой глубиной, способствует развитию специализированной аппаратуры. Группа специалистов из Иркутска и Новосибирска (С.М. Стефаненко, А.В. Поспеев, Ю.А. Агафонов и М.В. Шарлов), опираясь на более чем десятилетний опыт в области цифровой электроразведочной техники, в 2005 году разработали первую версию скоростной телеметрической электроразведочной станции FastSnap [1,2]. Эта станция была ориентирована на решение задач малой и средней глубины с использованием метода зондирования в ближней зоне (ЗСБ). Успешное применение первой модификации станции, которое обеспечило высокое качество результатов электроразведки, позволило осуществить ее дальнейшую доработку. В 2007 году была выпущена вторая версия, отличающаяся улучшенной схмотехникой. В 2014–2015 годах М.В. Шарлов и Т.Н. Пестюрин разработали третье поколение станции, которое выделялось новым уровнем интеграции компонентов, увеличенным количеством каналов и улучшенными техническими характеристиками. На данный момент актуальным является четвертое поколение аппаратуры FastSnap, появившееся в 2022 году, основными улучшениями в котором

стала работа с ранними временами сигнала и минимизированный собственный отклик измерителя, расширенный набор периодов (частот) работы коммутатора, а также беспроводная модификация станции.

С момента появления FASTSNAP было проведено более 100 000 зондирований как в России, так и за границей, что привело к успешному решению десятков инженерных, геологических и экологических задач. Благодаря компактным размерам и малому весу полевых телеметрических измерителей и коммутатора тока (рис.3.) стало возможным проводить полевые работы в пешеходном режиме. При исследовании в условиях сложного (пересеченного) рельефа это позволяет осуществлять зондирование с любым заданным шагом.

Более того, уникальная скорость и разрешение аналого-цифрового преобразования, а также использование компьютерных технологий для обработки данных позволяют проводить исследования в условиях высокого уровня промышленных помех.

Приемный канал измерителей FASTSNAP основан на использовании двух АЦП (высокочастотном конвейерном АЦП и низкочастотном $\Delta\Sigma$ АЦП),

которые обеспечивают минимальный шаг дискретизации в 25 нс (с частотой дискретизации 40 МГц в высокочастотном режиме) и длительность регистрации до 3 секунд на поздних временах (в низкочастотном режиме), что позволяет исследовать геоэлектрические параметры на глубинах от 3–5 м до 1000–1500 м. В дополнение к методу ЗСБ, станция FastSnap также может применяться для измерений методами постоянного тока, ВП и радио-магнитотеллурического зондирования.

Технические характеристики измерителя FASTSNAP RXU-V3:

- Аналого-цифровые преобразователи (АЦП): Высокочастотный: 14 - 22 разряда, ΔT от 25 нс; Низкочастотный: 24 разряда, Δt от 25.6 мкс.
- Шаг дискретизации: арифметический: 25, 100, 800 нс; 6.4, 25.6, 204.8 мкс.
- Количество отсчетов на регистрацию: до 14 500 на единичную реализацию сигнала.
- Время регистрации сигнала от 25 нс до 3 с.
- Вход сигнала дифференциальный, макс. уровень входного сигнала:
 - Для высокочастотного АЦП: ± 1 В.
 - Для низкочастотного АЦП: ± 3 В.
- Предварительный усилитель: двухкаскадный, изменение коэффициента усиления от 1 до 280.
- Входное сопротивление усилителя: 5 кОм, при коммутации буферного каскада: 3 МОм.
- GNSS-приемник: встроенный, с точностью синхронизации ± 90 нс и определением пространственных координат.
- Система связи: двухпроводная линия «витая пара» длиной до 450 м, скорость передачи данных 1 Мбит/с.
- Доступна модификация с беспровод-

ным интерфейсом передачи данных (LoRa).

- Энергоснабжение: внутренние аккумуляторы для длительной работы.

Технические характеристики коммутатора тока FASTSNAP CTU-30:

- Управление: Автономное (с пульта управления) или с ПК (кабель управления или беспроводной интерфейс LoRa).
- Масса: Около 7 кг, встроенный аккумулятор 6 В, емкость 12 А·ч.
- Питание: Входное напряжение до 400 В; макс. ток 30 (45) А; макс. мощность ~2000 Вт.
- Синхронизация: Высоточная на основе GNSS (точность не хуже ± 90 нс).
- Период следования импульсов: 9 частотных и временных диапазонов, от 0.0001 (10 кГц) до 128 сек.
- Скважность токовых импульсов: Без паузы, 3:1, 1:1, 1:3.
- Набор шунтирующих резисторов (50 – 2000 Ом), для автоматического шунтирования колебательного процесса («звона») в генераторной петле.
- Время выключения тока (ramp): 3.5 мкс для генераторной петли 100 × 100 м.

Программное обеспечение:

Программное обеспечение FASTSNAP является частью единого программного комплекса для электромагнитных исследований. Программа FastEM-registration управляет параметрами измерителей и коммутатора, сбором и визуализацией сигналов, а также их сохранением в базе данных. Это обеспечивает возможность работы как в ручном, так и в автоматическом режиме с возможностью экспрессной обработки сигналов в реальном времени.

Данные характеристики делают систему FastSnap эффективным инструментом для выполнения геоэлектрических исследований с высоким качеством и

мобильностью, необходимыми в современном научном и практическом контексте.

Преимущества системы FASTSNAP

1. Обеспечивает высокую производительность работ, что позволяет проводить комплексные исследования в кратчайшие сроки.

2. Возможность работы в любых типах климата — от арктического до пустынного, а также в экваториальных джунглях и Сибирской тайге. Это делает оборудование пригодным для глобального применения.

3. Высокая частота дискретизации: Измеряемый сигнал с частотой дискретизации от 25 нс позволяет проводить сверхточные исследования строения геоэлектрического разреза.

4. Повышенная помехозащищенность: Аппаратура имеет высокую устойчивость к помехам, что гарантирует точность и надежность измерений даже в сложных условиях.

5. Экологичность: 100% экологичность аппаратуры делает её безопасной для использования в природных экосистемах, что особенно важно для современных исследований.

6. Высокая мобильность: Легкий вес

оборудования обеспечивает простоту транспортировки и высокую мобильность полевых партий, что ускоряет процесс развертывания в любой местности.

7. Интуитивно понятный интерфейс: Простота управления и интуитивно понятный интерфейс способствуют быстрому обучению операторов-геофизиков, что позволяет минимизировать время на подготовку к работе и повысить общую эффективность.

8. Наличие беспроводного интерфейса управления коммутатором тока и измерителем позволяет организовывать сложные сети наблюдений на земле, а также применять аппаратуру для съемки с использованием БПЛА в режиме зондирования или сканирования.

Эти преимущества делают систему FastSnap идеальным выбором для проведения геофизических исследований в самых различных условиях, обеспечивая высокую точность, надежность и удобство в использовании.

SMT32 – цифровой регистратор АМТ/МТ-поля

Аппаратура разработана в 2021 году и построена на базе лидирующего 32-разрядного АЦП [3]. Предназначена для

▼ Рис. 4. Внешний вид регистратора магнитотеллурического поля SMT-32 и устройства для калибровки индукционных магнитометров.



выполнения регулярных площадных или профильных измерений методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ и АМТЗ), а также для работы в составе мониторингового оборудования для долговременного измерения естественного МТ-поля на специализированных оборудованных полигонах.

Данный комплекс предназначен для регистрации магнитных (H_x , H_y , H_z) и электрических (E_x , E_y , а для мониторинговых измерений также оснащен шестым каналом – E_z) компонентов естественного магнитного поля Земли. Устройство позволяет выполнять измерения как в диапазоне частот, характерных для глубинного магнитотеллурического зондирования (от 0.0001 до 400 Гц), так и в аудио-диапазоне (АМТЗ) (от 1 до 10000 Гц), что значительно расширяет возможности решения задач на всех этапах геологоразведочных работ: региональном, поисково-оценочном и разведочном.

Область применения:

- Региональное картирование геологических структур
- Поиск и разведка месторождений полезных ископаемых
- Изучение глубинного строения Земли
- Мониторинг сейсмической активности

Технические характеристики SMT32

- Тип регистрирующей станции: цифровая, 32-разрядная
- Частотный диапазон измерителя: от 0.0001 до 10 000 Гц
- Измеряемые параметры: E_x , E_y , E_z , H_x , H_y , H_z
- Рабочий диапазон температур: от -40 °С до +60 °С

- Рабочая влажность: 0-95% (без наличия сплошной пленки воды)
- Входное сопротивление для электрических каналов: не менее 20 Мом.
- Частота дискретизации сигнала: 24 000, 2 400, 150, 15 Гц (возможность сохранения недецимированного сигнала на частотах 24 000 и 2 400 Гц).
- Фильтрация: настраиваемые цифровые децимирующие фильтры нижних частот; режекторные фильтры на 50/60 Гц.
- Память для сохранения данных: встроенная, объемом 128 Гб
- Подключение и управление: Wi-Fi, Высокоскоростной USB-разъем, HDMI.
- Габариты: 22 × 25.5 × 9.5 см.
- Масса: 2 кг.

SMT32 является эффективным инструментом для выполнения различных измерений и исследований в реализации проектов с использованием технологии МТ-зондирования.

Заключение

Компании «СИГМА-ГЕО» и «СИГМА ЭЛЕКТРОНИКА» разрабатывают собственную линейку электроразведочной аппаратуры для обеспечения высококачественных и точных измерений в геологоразведочных исследованиях. Самостоятельная разработка позволяет адаптировать технологии под конкретные потребности клиентов и гарантировать надежность и эффективность решений, обеспечивая при этом импортонезависимость.

Создание уникального оборудования и программного обеспечения способствует укреплению конкурентных позиций группы компаний и отвечает на растущий спрос на высокоточные технологии в области геофизики, позволяя

уверенно двигаться к своей цели — быть лидером в предоставлении передовых решений для геологоразведки.

Литература

1. Шарлов М.В., Агафонов Ю.А., Стефаненко С.М. Современные телеметрические электроразведочные станции SGS-TEM и FastSnap. Эффективность и опыт использования. // ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ, 2010, №1, с. 27–31.

2. Шарлов М.В., Буддо И.В., Мисюркеева Н.В., Шелохов И.А., Агафонов Ю.А. Опыт эффективного изучения верхней части разреза методом зондирования становлением поля в ближней зоне с системой FastSnap // ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ, 2017, №2, с. 8–24.

3. Куклина Ф.Р., Семинский И.К., Немцева Д.Б., Гомульский В.В., Давыденко С.А., Шарлов М.В., Агафонов Ю.А. Новейший российский аппаратно – программный комплекс

для магнитотеллурических зондирований «SMT-32» // ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ, 2024, №1, с. 45–51.

Современная практическая электроразведка» / науч. ред. чл.-кор. РАН Д.П. Гладкочуб ; Рос. акад. наук, Сиб. отделение, Ин-т земной коры. – Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2018. – 231 с. – ISBN 978-5-9909584-1-8 (в пер.). DOI: 10.21782/B978-5-9909584-1-8

Практический опыт работы с ПАК «Геотом», сезон 2025 г. Отзывы пользователей и комментарии авторов технологии.

ПАК «Геотом» представляет собой не просто очередную сейсморегирующую систему, расширяющую ассортимент оборудования для сейсморазведочных компаний. Это, прежде всего, инновационная технология и новая организация работ, отличающаяся от традиционных, применяемых в отрасли. В зимнем поле-вом сезоне 2024/2025 года было выполнено два проекта с использованием данной системы в производственных условиях: один — в ЯНАО, (594 кв.км., 40 392 ф.н.), и второй — в Якутии, (733,775 пог.км., 29 351 ф.н.) Результаты взаимодействия разработчиков системы с пользо-вателями ПАК «Геотом» позволили сформировать набор актуальных вопро-сов и ответов, которые могут быть весьма полезными для будущих пользователей российской системы при планировании и подготовке новых полевых работ. Эти вопросы раскрывают особенности рабо-ты системы, ее преимущества и нюансы внедрения, что существенно облегчит

адаптацию и эффективное использо-вание «Геотом» в различных условиях и регионах на будущих проектах.

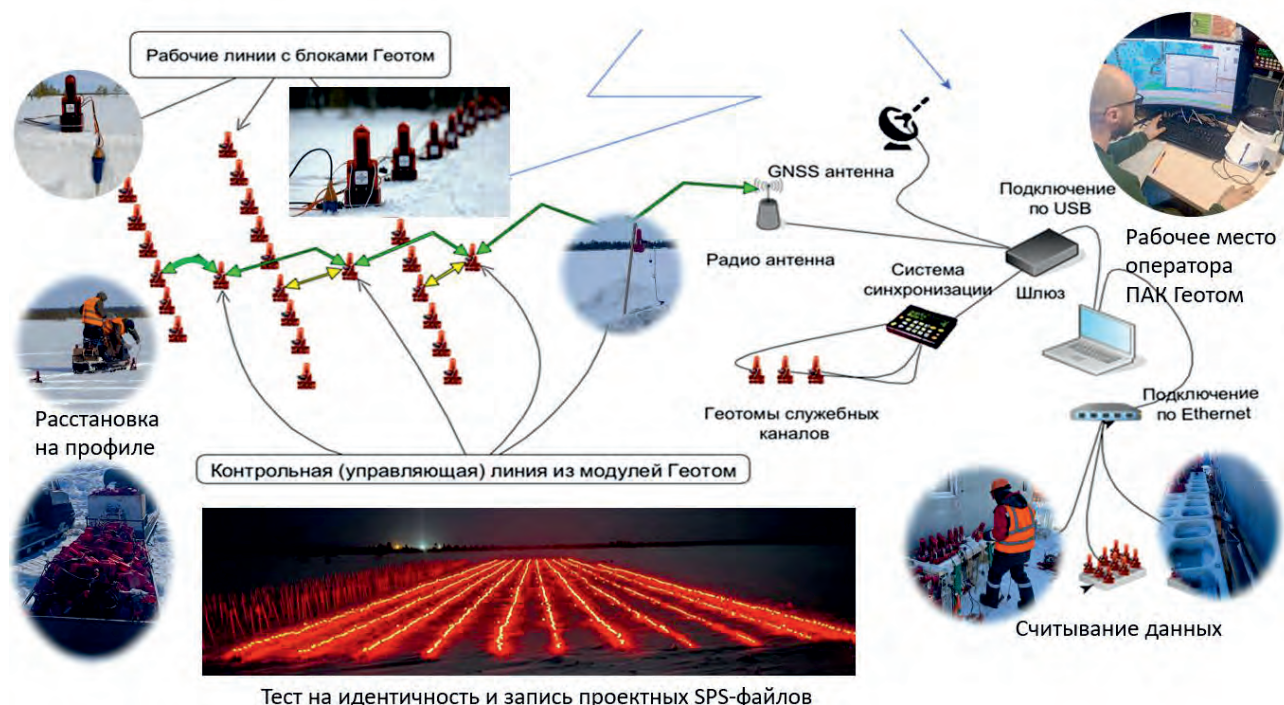
Краткое описание технологии «Гео-том», последовательность операций.

ПАК «Геотом» — это беспроводная телеметрическая сейсморегирующая система с удалённым управлением всей полевой расстановкой. Она пред-назначена для регистрации данных с внешних сейсмоприемников, подклю-ченных через разъем КСК-2. Управление системой осуществляется через управля-ющую линию, формируемую из полевых блоков системы. Работает на радиочастоте 433 МГц. Связь между блоками, распо-ложенными на земле, стабильна на расстоянии 300–500 м. Система управля-ется удаленно. (Рис.1.)

Оператор ПАК «Геотом» в процессе регистрации имеет возможность:

- Контролировать состояние каждого блока приемной расстановки
- Контролировать устойчивость радио-сигнала

▼ Рис. 1. Технология ПАК «Геотом».



- 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.

Энергообеспечение каждого блока реализовано литий-ионными батареями, заряда которых хватает более чем на 100 дней непрерывной регистрации данных в условиях отрицательных температур. При выключении регистрации, заряд батарей расходуется минимально, что позволяет использовать одни и те же батареи в течении нескольких проектов.

Вопросы и ответы по использованию ПАК «Геотом»

Планируется переход с батарей на аккумуляторы? Если да, то как будет реализована зарядка аккумуляторов в процессе эксплуатации?

Да, планируется опциональная возможность использования аккумуляторов вместо блоков батарей. Аккумуляторы будут в тех же габаритах, что батарейные блоки. Зарядка будет происходить без разбора блоков через внешние контакты в специальной стойке с гнездами для зарядки блоков ПАК «Геотом». Разработка данной опции ведется в настоящее время.

Могут ли блоки стабильно работать при температурах до минус 50°C? Планируется ли распространение гарантии производителя на работы до -45°C- 50 °C?

Производители электроники гарантируют работу только до температуры -40°C градуса. Соответственно и гарантии производителя системы не могут распространяться на экстремальные температуры. Однако, опыт выполнения работ в Якутии показал, что новые батарейные блоки обеспечивали работоспособность системы на низких температурах до 50°C и даже ниже. Использование аккумуляторов также поможет поддерживать работу модулей при низких температурах.

На корпусе модуля ГЕОТОМ во время сбора-расстановки или извлечения засыпанных снегом блоков могут появляться различные повреждения. Планируется ли укрепление конструкции корпуса, изготовление его из более крепких материалов?

Корпуса полевых блоков ПАК «Геотом» тестировались на ударопрочность при перевозке в различных транспортных средствах, падения и прочее вибровоздействие. Конструкция полевого блока ПАК «Геотом» обеспечивает его сохранность при правильной эксплуатации. Блоки спокойно выдерживают случайные падения. Однако, неаккуратная транспортировка, нарушение технологии ручной расстановки модулей, неаккуратное выкапывание из-под снега может привести к поломкам корпуса. Впрочем, как и у любых других систем. Относительная стоимость корпуса в изделии невелика. Сломанные корпуса легко заменяются в полевых условиях. (Рис.2.) Однако, инструктаж, практический тренинг персонала и персонифицированная ответственность за аккуратную эксплуа-



▲ Рис. 2. Корпуса блоков ПАК «Геотом» могут быть заменены в полевых условиях.

тацию — должны стать обязательными элементами технологии ПАК «Геотом».

Что делать при выходе из строя блока, как спасти данные при физическом разрушении модуля?

Микросхемы карт памяти выпаиваются и материал с них может быть сохранен

При неработе трех модулей подряд, независимо от шага ПП (в данном случае 25метров), станция перестает видеть расстановку расположенную дальше неработающих модулей — так ли это?

Три неработающих подряд канала появились в разработке под действующие в отрасли стандарты, запрещающие работать с тремя подряд неработающими каналами. Однако, система ПАК «Геотом» позволяет работать и с большими интервалами отключенных в расстановке пикетов. При этом пикеты, которые оператор идентифицирует как неработающие, скорее всего попадают в зону неустойчивой радиосвязи, но при этом вся расстановка продолжает свою работу

в заданном режиме. Для возобновления контроля над расстановкой требуется провести мероприятия по улучшению радиосигнала.

Каким образом можно повысить устойчивость радиосвязи?

Для обеспечения устойчивости радиосвязи, чаще всего, достаточно просто поднять блоки повыше — буквально на обычную вешку. И это повышает в разы дальность радиосвязи между блоками. Из практики прошедших проектов, на участках со сложным рельефом или в зоне действия радиопомех от ЛЭП на вешки рекомендуется устанавливать не только модули управляющей линии, но и модули на приемных линиях.

Возможно ли предусмотреть комплектацию блоков Геотом резиновыми крышками на разъём КСК для дополнительной защиты от?

Резиновые крышечки, одевающиеся на КСК разъемы могут поставляться, если пользователь посчитает их необходимым для работы.



▲ Рис. 3. Поднятие блока ПАК «Геотом» увеличивает дальность и стабильность радиосвязи.

Можно ли вести отстрел одновременно с наладкой профиля?

Да, система ПАК «Геотом» позволяет одновременно вести регистрацию данных и наладку.

Сколько шлюзов-станций рекомендуется иметь на проекте?

В стандартный комплекс оборудования ПАК «Геотом» мы рекомендуем предусмотреть наличие четырех шлюзов-станций. На отстрел, на наладку, на скачивание данных с профиля или через блок считывания данных, одна – запасная. Можно также использовать отдельную станцию-шлюз для поиска потерянных или погребенных снегом полевых блоков.

При проверке полевого оборудования по полному набору параметров полевой системы наблюдения (шумы, параметры геофона, сборка привязки по пикетам, радиосвязь и т.д.) теряется много времени на ожидание, во время которого нельзя вести никакие работы.

Полный опрос поля с выводом результирующего документа рекомендуется выполнять один раз в сутки - непосредственно перед началом регистрации. В процессе же работы оператор получает оперативно информацию, отображае-

мую на мониторе, об уровне шумов, сопротивлении и наклоне сейсмоприемников – достаточный минимум для качественной работы. И, как мы говорили выше, если полевую систему наблюдения разнести на отдельные логические элементы, то можно выполнять работы по наладке с другого шлюза-станции.

Отсутствие визуализации шумов в реальном времени.

Идеология ПАК «Геотом» и не предполагает онлайн систему. Сейсмомонитор имеет время обновления не реже 2 мин. В актуально версии сейсмомонитор совмещен с окном «работа», что позволяет осуществлять контроль ВСЕХ необходимых параметров не переключаясь между окнами регистрации данных.

Невозможно начать работы без графической подложки в виде карты.

ПО ПАК «Геотом» предусматривает использование подложки при визуализации активной расстановки системы. И без подложки на «чистом листе» запустить систему не удастся. Оператор сам, по своему желанию и предпочтениям может использовать как карту-подложку, так и абрис, подготовленный уже в процессе работы. Формирование такой подложки не является сложной задачей

для геофизиков, геодезистов. А вот преимущества от использования визуализированной на рабочем экране площади работ очевидны. Оператор видит ситуацию, возможные проблемы и препятствия, планирует управление сейсмоотрядом, расположение управляющей линии, места установки дополнительных пикетов в обход препятствий.

Во время работы оператор не видит и не контролирует работу виброустановок. Отсутствие визуализации и просмотра полевого материала для полевой работы УВСС в реальном времени.

Работоспособность виброустановок контролируется прежде всего непосредственно системой управления вибраторами. Оператор ПАК «Геотом» в режиме реального времени видит все трассы вспомогательных каналов, подключенных непосредственно к шлюзу-станции.

У наладчика нет никаких инструментальных средств для проверки работоспособности блока ПАК «Геотом» непосредственно на профиле в момент расстановки блока.

Идеология ПАК «Геотом» не предполагает использование дополнительных «гаджетов» в сейсмоотряде, как у слепых нодальных систем, которые не имеют средств удаленного контроля оборудования. Практика показывает, что правильно установленный приемный канал, особенно с использованием специальных средств установки (рис. 4.) не требует больше никаких дополнительных усилий, и через определенное время (мин-20-25) блок, определив свои координаты привяжется к ближайшему пикету. Оператор увидит это по изменению цвета – пикет станет зеленым. Фактически ПАК «Геотом» работает в этом элементе как кабельная телеметрическая система с удаленным контролем и управлением.

► Рис. 4.
Корректно
установленные
блоки
ПАК «Геотом»
практически
не требуют
дополнительной
наладки.



Саратов | 16–19 сентября 2025 г.

Встречи на Волге

Эффективные технологии – залог успеха ГРР

Мультидисциплинарная программа конференции позволит сквозь призму региональных задач осветить широкий круг вопросов геологоразведки, даст возможность представить интересные идеи и технологии, показать новинки геофизической аппаратуры.

Направления и сессии:

- Состояние геологоразведки, тенденции развития отрасли в России
- Подготовка кадров в отрасли, высшее образование и повышение квалификации специалистов
- Аппаратура, оборудование и технологии в ГРР (сейсморазведка, электроразведка, ГИС и ГТИ)
- Полевые работы в разведочной геофизике
- Обработка данных и другие компьютерные технологии в ГРР
- ГИС и ГТИ – технологии, результаты
- Интерпретация и геологическая эффективность ГРР
- Технологии завтрашнего дня

Заинтересованность в участии уже проявили руководители государственных структур, отвечающих за вопросы недропользования, представители компаний-недропользователей, специалисты геофизических организаций как российских, так и зарубежных, производители геофизической аппаратуры, сотрудники профильных высших учебных заведений.

Полевая демонстрация геофизического оборудования будет проходить в Парке покорителей космоса – Месте приземления Ю.А. Гагарина 12 апреля 1961 г.



Место проведения конференции – гостиница «Словакия»

**ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ
РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ**
ОБЩЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ

СП
ОАО "СКБ СП"

hotelslovakia.ru

Контакты:

Матвеев
Сергей Александрович

+7-987-822-68-37
matveev_sa@mail.ru

встречинаволге.рф



СОЧЕТАЕТ ПЛЮСЫ КАБЕЛЬНЫХ И БЕСКАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ:

КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

- + Удалённый контроль состояния каждого блока
- + Работа со любым видом геофонов
- + Стабильная работа от -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$
- + Управление регистрацией в режиме реального времени





+ Самопозиционирование
оборудования

+ Длительный период
автономной работы

+ Легкий вес

БЕСКАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

+ Простота
в эксплуатации

+ Снижение
энергопотребления
партии

+ Увеличение производительности
за счет минимизации наладки
и снижения технологических
операций



РАЗРАБОТАНО И ПРОИЗВОДИТСЯ В РОССИИ

