

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-neftyanoie-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

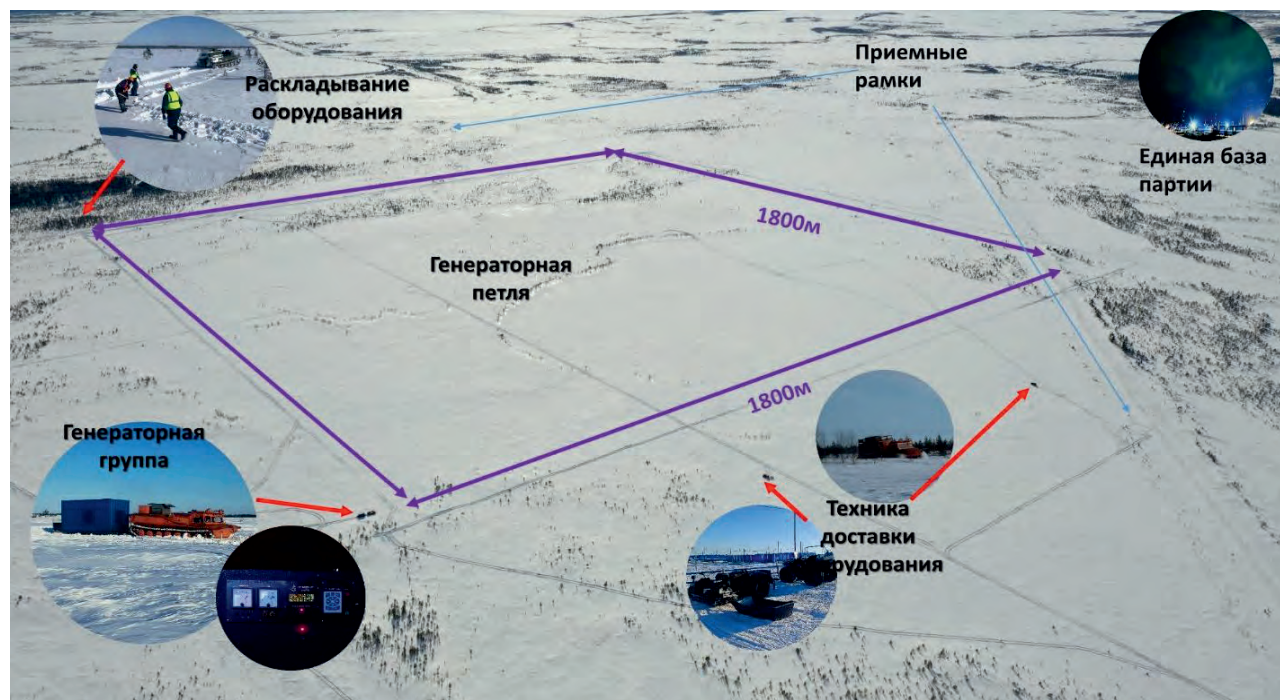
В проекте применялось беспроводное геофизическое оборудование двух типов: система «RT System-2» и отечественный программно-аппаратный комплекс «Геотом» (ПАК «Геотом»). Обе системы обеспечивали высокоточную регистрацию сейсмических данных без использования кабельных соединений, что было особенно важно 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

