

GeoSphere

Технология сверхглубокого
картирования разреза при бурении

GeoSphere

Технология сверхглубокого картирования разреза при бурении

На основе комплекса глубоких направленных электромагнитных измерений, технология GeoSphere* позволяет картировать элементы залегания пластов и контакты флюидов на расстоянии, превышающем 30 м от ствола скважины. Беспрецедентная по глубине визуализация свойств в масштабах коллектора позволяет компании-недропользователю оптимизировать посадку секции под эксплуатационную колонну в пласт, сократить технологические риски и увеличить контакт с коллектором. Интеграция данных, полученных с применением технологии GeoSphere, с сейсмической интерпретацией позволяет детально проанализировать структуру коллектора, что, в свою очередь, может существенно улучшить программу разработки месторождения.

Области применения

- Картирование и интерпретация нескольких стратиграфических границ одновременно, определение мощности коллекторов и углов падения
- Точная посадка секции под эксплуатационную колонну в коллектор
- Увеличение контакта с коллектором
- Картирование контактов флюидов и предотвращение выхода в обводненную зону
- Снижение технологических рисков
- Обновление 3D секторной модели на основе данных GeoSphere

Преимущества

- Увеличение потенциала добычи и коэффициента извлечения
- Доступ к новым или ранее нерентабельным запасам
- Снижение обводненности продукта
- Избежание осложнений при бурении
- Уточнение оценки запасов
- Сокращение количества пилотных стволов
- Устранение необходимости бурения боковых стволов
- Уточнение интерпретации данных сейсмической разведки

Особенности

- Радиус исследования свыше 30 м
- Комплекс сверхглубоких направленных электромагнитных измерений
- Широкий выбор частот для выбора оптимальной конфигурации согласно ожидаемым значениям удельного электрического сопротивления среды
- Автоматическая стохастическая инверсия (решение обратной задачи) в режиме реального времени
- Модульное строение позволяет оптимизировать технологию для решения различных задач

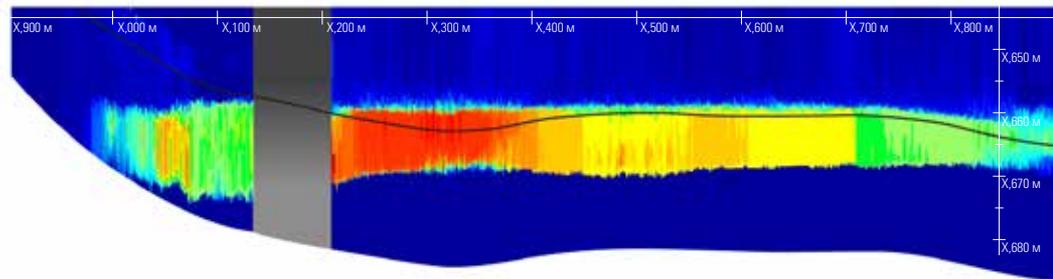


Модуль с приемными катушками

Модуль с приемными катушками

Модуль с генераторной катушкой

Посадка скважины в пласт



Кровля коллектора обнаружена на расстоянии 15 м ниже ствола скважины по вертикали с применением технологии GeoSphere, что обеспечило существенный запас по стволу для оптимизации параметров секции под эксплуатационную колонну. Примечание: интервал, обозначенный серым цветом, был пробурен без применения технологии GeoSphere.

Обеспечивая измерения с глубинностью более 30 метров от ствола скважины, технология GeoSphere устраняет риск потери продуктивной длины ствола над коллектором или выход под целевой интервал. Полученные измерения помогают улучшить понимание межскважинной корреляции и снижают необходимость бурения пилотных стволов в сложных геологических условиях.

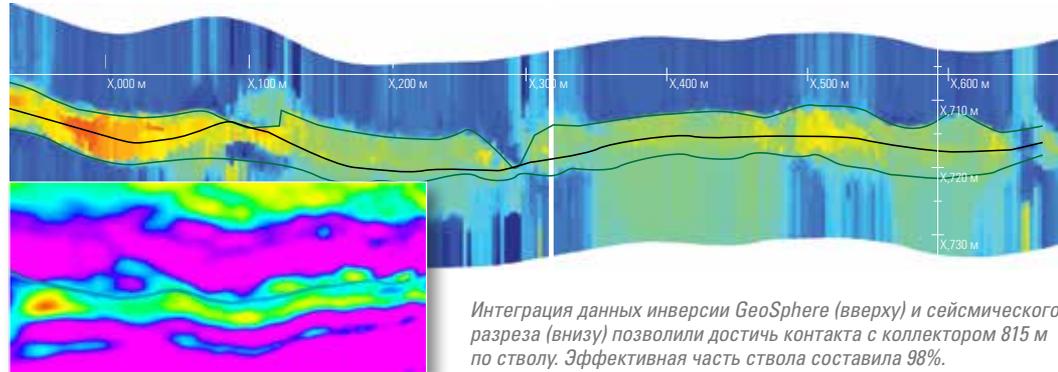
Картирование кровли целевого интервала для входа в пласт без бурения пилотного ствола

GeoSphere картирует структурные изменения с большим радиусом исследования, позволяя уточнить глубину залегания кровли коллектора и устраняя необходимость бурения пилотного ствола, сокращая затраты и риски при строительстве скважины. Хотя пилотные стволы и обеспечивают локализованную информацию о коллекторе, они неэффективны при изменении свойств, углов залегания и мощности коллектора по латерали. Подобным образом, межскважинная корреляция сама по себе не отражает изменений по латерали, которые присущи многим месторождениям.

Оптимальная посадка скважины в пласт позволяет увеличить контакт с коллектором в горизонтальной секции

Обеспечивая глубокие направленные электромагнитные измерения, технология GeoSphere эффективно сокращает риск потери продуктивной длины ствола над коллектором или выход под целевой интервал. Детальное картирование границ коллектора и контактов флюидов в режиме реального времени позволяет избежать выхода под целевой интервал и в водонасыщенную зону. Увеличивая контакт с коллектором, технология GeoSphere улучшает производительность скважины и позволяет компании-недропользователю поддерживать целостность ствола скважины.

Геонавигация горизонталь- ного ствола



Технология GeoSphere обеспечивает визуализацию структуры коллектора, что позволяет осуществлять геонавигацию в соответствии со стратегическими задачами разработки месторождения. Детальное картирование элементов залегания и контактов флюидов в режиме реального времени обеспечивает получение критической информации с целью избежания выхода за пределы коллектора.

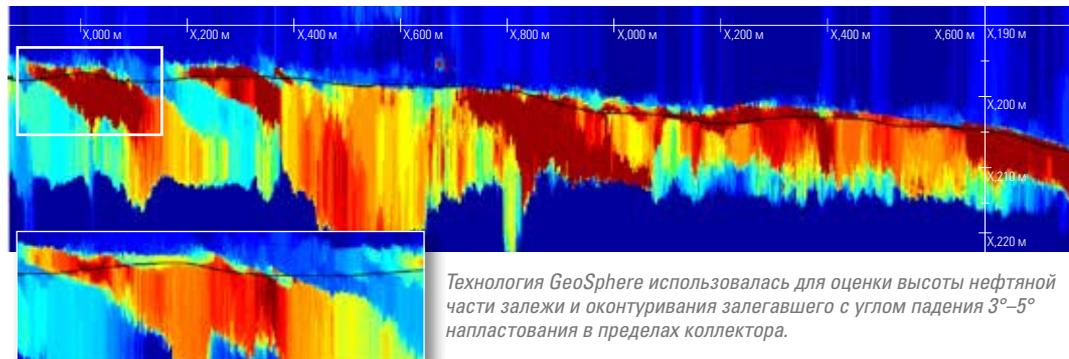
Точная проводка горизонтального ствола скважины в пределах наилучшего интервала коллектора

Технология GeoSphere позволяет картировать отдельные пласты в диапазоне, превышающем 30 м от ствола скважины, что существенно глубже, чем охват обычных геофизических исследований скважины в процессе бурения. В сочетании с данными наземной сейсмической разведки это позволяет геологам, геофизикам и инженерам по бурению прокладывать горизонтальные стволы большей длины в пределах наилучшего интервала в коллекторе, даже в сложных геологических условиях.

Снижение вероятности перебуривания боковых стволов и технологических рисков в сложных геологических условиях

В коллекторах сложного строения, состоящих, например, из отдельных песчаных тел, технология GeoSphere позволяет оценить углы залегания и избежать выход за пределы целевого интервала. Траектория ствола может быть скорректирована на основе прогноза поведения структуры, избегая выход в водонасыщенные зоны и снижая риск перебуривания. При этом, ствол скважины проводится с меньшей пространственной интенсивностью искривления, что облегчает спуск оборудования заканчивания и эксплуатацию скважины.

Картирование коллектора



Технология GeoSphere использовалась для оценки высоты нефтяной части залежи и оконтуривания залегавшего с углом падения 3° – 5° напластования в пределах коллектора.

Здесь более детально показан вход в пласт, отмечен прямоугольником белого цвета на верхней иллюстрации.

Картирование пластов для определения характеристик коллектора

С глубиной исследования, превышающей 30 м, технология GeoSphere позволяет картировать индивидуальные пласты и контакты флюидов в масштабах коллектора. Глубокие направленные электромагнитные измерения в сочетании с данными наземной сейсморазведки позволяют детализировать геологическую модель и улучшают понимание охвата процессом вытеснения для горизонтальных скважин.

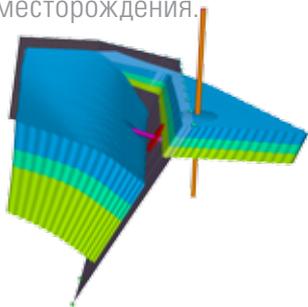
Глубокие исследования для уточнения плана разработки месторождения

Технология GeoSphere картирует кровлю и подошву коллектора, позволяет получить данные об элементах залегания коллектора, наличии поверхностей несогласия, изменениях свойств и мощности коллектора по латерали. Группа по стратегии развития активов имеет возможность интегрировать данные технологии GeoSphere с другими геологическими данными для оптимизации процесса разработки и эксплуатации залежи. С уточненным планом разработки, компания-недропользователь повышает вероятность успешного применения различных методов интенсификации и возможность превзойти ожидаемые показатели.

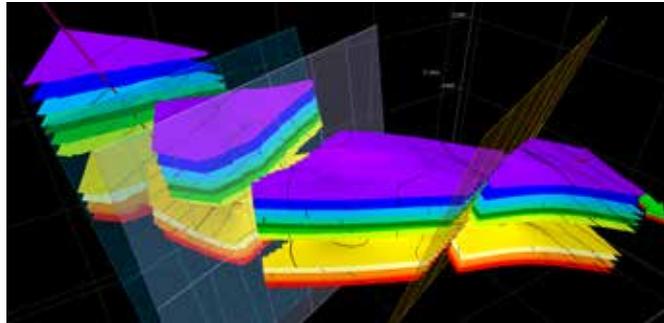
Оконтуривая залегание пластов и контакты флюидов в масштабах коллектора, технология GeoSphere позволяет компании-недропользователю оптимизировать стратегию разработки месторождения. Картирование разреза в режиме реального времени в сочетании с данными наземной сейсморазведки позволяет детализировать структурную и геологическую модели, увеличить дебиты и повысить коэффициент извлечения

Дополнительные возможности

Интеграция инверсии GeoSphere с геологической моделью позволяет оптимизировать процесс бурения и схему заканчивания скважин, что ведет к повышению потенциального дебита скважин и улучшению стратегии разработки месторождения.



Разработанная экспертами 3D геологическая модель на основе инверсии GeoSphere в платформе Petrel*.



Визуализация созданной экспертами 3D геологической модели с разломами и сложной геологической структурой с использованием инверсии GeoSphere в платформе Petrel.

Использование 3D визуализации для полного понимания уровня сложности коллектора

Данные картирования коллектора технологиями GeoSphere могут быть легко загружены в платформу Petrel. Эксперты могут создавать визуализацию с использованием параметров коллектора для улучшения оценки отдельных пластов. Эта информация помогает увязать скважинные измерения с данными наземной сейсморазведки и детализировать геологическую модель.

Оптимизация схемы заканчивания скважины и повышение потенциального дебита скважины

Используя инверсию технологии GeoSphere, представители компании-недропользователя могут оптимизировать схему заканчивания, скорректировать подход к управлению

притоками и выбрать оптимальный профиль отбора продукта до спуска оборудования заканчивания скважины. Кроме того, информация о расположении контактов флюидов позволяет оптимизировать производительность эксплуатационных и нагнетательных скважин путем коррекции программы уплотняющего бурения для предотвращения пропущенных запасов.

Определение расстояния до контактов флюидов с целью оценки эффективности вытеснения

Опираясь на картирование контактов флюидов в отдельных пластах с помощью технологии GeoSphere, представители компании-недропользователя могут оценить эффективность охвата коллектора процессом вытеснения, картировать кровлю и подошву коллектора и выявить наличие непроницаемых барьеров.

Примеры применения

Технология GeoSphere успешно применялась на более чем 200 проектах по всему миру в различных условиях: в скважинах на суше и на шельфе, для выполнения различных задач: бурения секции под эксплуатационную колонну с ее посадкой в целевой интервал, увеличения контакта с коллектором и повышения потенциального дебита скважины.

Северное море

- Компания Shell увеличивает потенциальный дебит, оптимизируя вход в коллектор
- Компания DONG E&P достигает эффективной части ствола 96% в коллекторе сложного строения, представленного песчаными интрузиями

На бразильском шельфе

- Компания Petrobras оптимизирует вход в пласт без бурения пилотных стволов
- Компания Shell точно проводит горизонтальные стволы в пределах коллектора

На австралийском шельфе

- Компания Santos, картируя кровлю коллектора, определяет оптимальную точку входа
- Компания Apache оптимальной посадкой в пласт увеличивает контакт с коллектором на четырех скважинах
- Компания-недропользователь избегает пересечения разломов, проводит горизонтальный ствол скважины под кровлей коллектора на расстоянии 1 – 2 м
- Компания-недропользователь картирует газоносные песчаники сложной формы, избегая бурение боковых стволов
- Компания-недропользователь успешно проводит горизонтальный ствол скважины длиной 2100 м в целевом интервале мощностью 1,5 м
- Компания-недропользователь точно проводит две скважины в целевых песчаниках в условиях структурной неопределенности

Пример из практики: Бурение секции под эксплуатационную колонну с посадкой в целевой интервал



На бразильском шельфе компания Petrobras бурит секции под эксплуатационную колонну с посадкой в целевой интервал без пилотных стволов

Задача

Бурение секции под эксплуатационную колонну с посадкой в целевой песчаник без пилотного ствола в разрезе с несколькими песчаными телами аллювиального происхождения с неопределенным характером распространения и глубиной залегания.

Решение

Картировать песчаные тела со сверхглубоким радиусом исследования с применением технологии GeoSphere для определения точки входа в целевой пласт.

Результаты

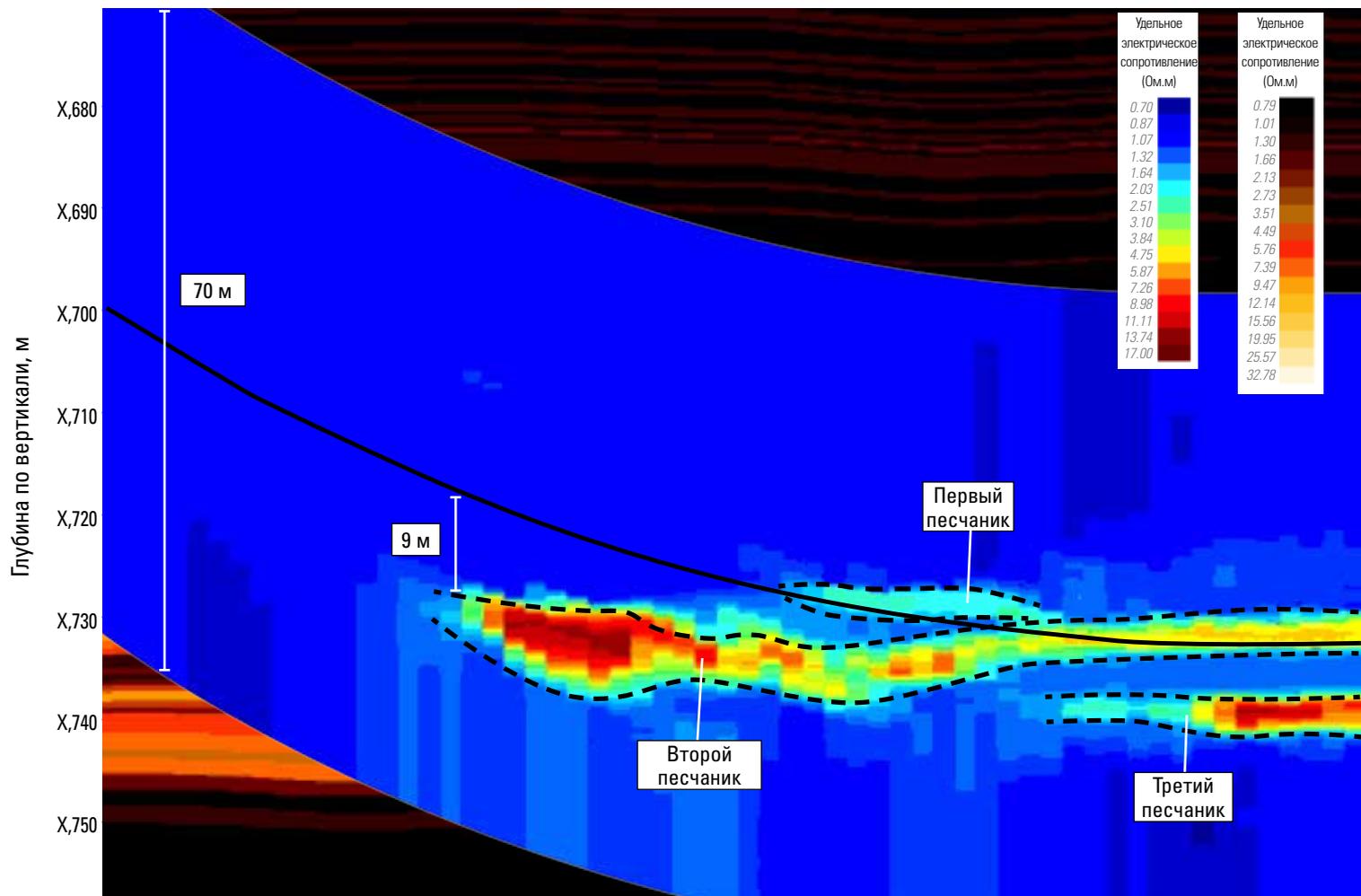
Осуществлена точная посадка трех скважин, что позволило оптимизировать проводку горизонтальных стволов в целевом пласте.

Посадка секции под эксплуатационную колонну в условиях существенных геологических неопределенностей

Компания Petrobras планировала осуществить посадку секции под эксплуатационную колонну в трех скважинах на бразильском шельфе в условиях наличия нескольких песчаных тел аллювиального происхождения при неопределенности характера их распространения и глубины залегания без бурения пилотных стволов. Для достижения поставленных целей необходимо было применить технологию, которая позволила бы картировать на расстоянии отдельные песчаные тела для идентификации целевого пласта в процессе бурения. При бурении трех скважин планировалось пересечь один или два песчаника малой мощности, залегающих выше по разрезу, и осуществить посадку секции под эксплуатационную колонну в одном из перспективных объектов ниже по разрезу. Существовала неопределенность в глубине залегания каждого из песчаников, так как геологическая модель опиралась на данные наземной сейсморазведки.

Картирование разреза и посадка секции под эксплуатационную колонну с коррекцией профиля скважины в реальном времени

Компания-недропользователь выбрала технологию GeoSphere, глубина картирования которой превышает 30 м. Обеспечивая комплекс глубоких направленных электромагнитных измерений, технология позволяет детально картировать коллектор, таким образом, точно определять точку входа в пласт для оптимальной посадки. ►



На разрезе представлен результат посадки секции под эксплуатационную колонну с картированием трех песчаных тел. Визуализация инверсии технологии GeoSphere выявляет, что песчаные тела, очевидно, имеют ограниченное распространение и меньшую мощность, чем ожидалось.

Пример – продолжение

Посадка секции под эксплуатационную колонну с коррекцией траектории в трех скважинах

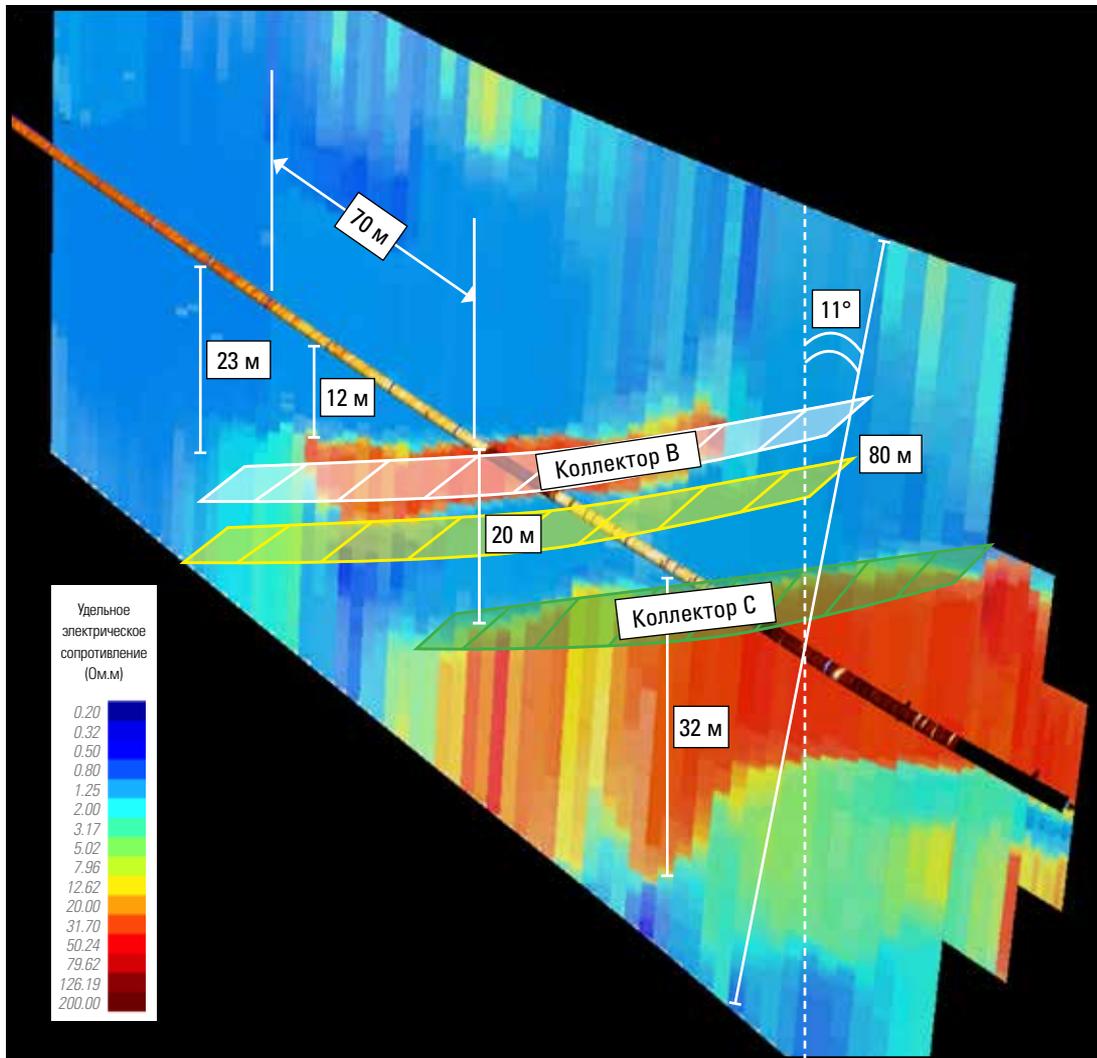
Несмотря на наличие нескольких песчаных тел в разрезе, компания Petrobras осуществила бурение трех секций под эксплуатационную колонну с посадкой в целевой интервал с помощью технологии сверхглубокого картирования разреза GeoSphere.

Скважина 1: При бурении секции под эксплуатационную колонну была осуществлена посадка во второе песчаное тело. Одновременно было картировано третье песчаное тело на расстоянии 4 м ниже точки измерения. Также была получена информация о характере распространения всех трех песчаных тел и мощности разделяющих их глинистых пород.

Кроме определения структурного угла и глубины залегания этих песчаных тел, удалось обнаружить подошву песчаника на 3 м выше по разрезу, чем ожидалось, что позволило существенно скорректировать планируемый профиль горизонтальной секции нагнетающей скважины.

Скважина 2: Коллектор А не был выявлен при бурении секции под эксплуатационную колонну. Коллектор В был картирован ниже точки измерения на расстоянии 23 м по вертикали, при этом расстояние по стволу до вскрытия кровли Коллектора В составляло 100 м. Технология GeoSphere позволила оценить мощность Коллектора В по мере приближения к нему. С компоновкой низа бурильной колонны в Коллекторе В, кровля Коллектора С была картирована на 20 м ниже по вертикали. Подошва Коллектора С была картирована на расстоянии более 32 м по вертикали от ствола скважины.

Скважина 3: С инверсией технологии GeoSphere удалось обнаружить кровлю Коллектора А на расстоянии 8 м по вертикали от точки измерения, на 16 м по вертикали глубже, чем ожидалось. Коллектор А был гораздо меньшей мощности, чем предполагалось – толщиной менее 2 м. Коллектор В отсутствовал, и после входа в основной объект – Коллектор С – его подошва была картирована на расстоянии 35 м по вертикальной глубине. Траектория секции была скорректирована для посадки в интервал с более высокими значениями удельного электрического сопротивления. ■



Для Скважины 2 показано «ленточное обновление» секторной модели с учетом расстояния до границ коллекторов и элементов залегания, перпендикулярных плоскости разреза, полученных на основе измерений технологии GeoSphere.



Компания Shell увеличивает потенциально ожидаемую добычу благодаря точной посадке секции скважины в целевой интервал в Северном море

Задачи

- Бурение секции под эксплуатационную колонну с посадкой как можно ближе к кровле коллектора, сокращая риск потери раствора.
- Осуществить бурение в пределах допустимой пространственной интенсивности, избежать выхода в покрывающий глинистый сланец.

Решение

Применение технологии GeoSphere для картирования кровли коллектора на большом расстоянии и оптимизации профиля секции скважины под эксплуатационную колонну в процессе бурения.

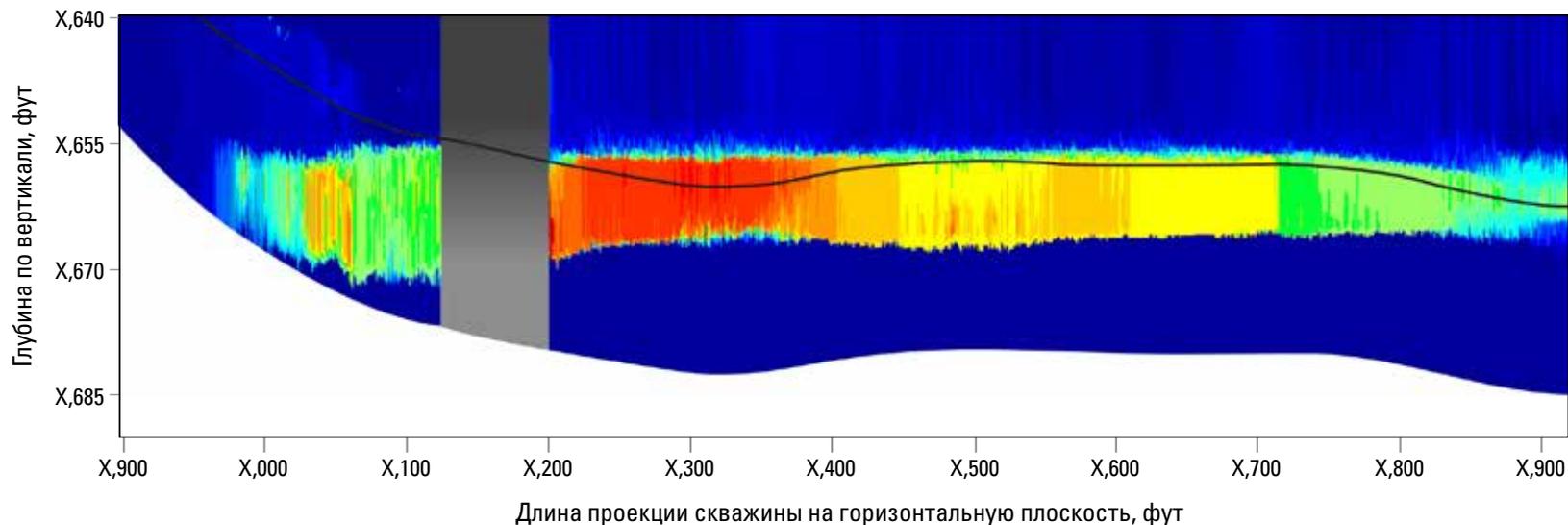
Результаты

- Кровля коллектора картирована, когда до точки ее пересечения долотом оставалось 100 м по стволу, что обеспечило существенный запас для осуществления коррекции профиля ствола скважины.
- Посадка осуществлена, и башмак обсадной колонны спущен на расстоянии 1 м по вертикали от кровли коллектора с зенитным углом 88°.

Посадка скважины в интервал с наилучшими свойствами, с обеспечением целостности ствола скважины

Компании Shell было необходимо снизить риск при бурении секции под эксплуатационную колонну в Северном море на месторождении Драуген.

Целевой интервал характеризовался очень высокими значениями пористости и проницаемости, и компания Shell планировала увеличить коэффициент извлечения нефти до показателей выше 70%. Однако, существовала значительная неопределенность в глубине залегания коллектора, так как было несколько вариантов интерпретации данных наземной сейсморазведки и преобразования временного разреза в глубинный. При этом требовалась оптимальная посадка в коллектор и проводка горизонтального ствола в пределах допустимой пространственной интенсивности для снижения объема неизвлекаемой нефти, находящейся над стволом горизонтального ствола и во избежание преждевременного обводнения скважины. Также, стояла задача избежать выход в покрывающий глинистый сланец, так как это привело бы к потере контакта с коллектором и высокой вероятности бурения бокового ствола. ►



Кровля коллектора была обнаружена технологией GeoSphere на расстоянии 15 м по вертикали ниже ствола скважины, что обеспечило значительный запас для коррекции профиля ствола и оптимальной посадки. Интервал, обозначенный серым цветом, был пробурен без применения технологии GeoSphere.

Глубокое картирование разреза с применением технологии GeoSphere

Для решения сложных задач, которые стояли при бурении этой скважины в Северном море, компания Shell приняла стратегическое решение о применении технологии GeoSphere в сочетании с прибором бокового каротажа сопротивлений geoVISION*, с целью получения развертки сопротивления при бурении, и прибора adnVISION* для измерения азимутальной плотности и нейтронного каротажа. Технология GeoSphere обеспечивает направленные измерения в режиме реального времени, которые позволяют компании-недропользователю картировать разрез на расстоянии более 30 м от ствола скважины. Это обеспечивает достаточный запас времени для маневра с допустимой пространственной интенсивностью, достигая при этом максимальный контакт с коллектором с самого начала горизонтальной секции.

Точное определение расстояния до границ коллектора для оптимальной посадки скважины в целевой интервал

Применение технологии GeoSphere позволило обнаружить кровлю коллектора на 15 м ниже ствола скважины по вертикали. При этом долото находилось на расстоянии 100 м по стволу до точки пересечения кровли, что обеспечило существенный запас для коррекции профиля и оптимальной посадки во избежание потерь раствора. Еще до входа в коллектор ВНК был картирован с достоверностью ± 2 м, что позволило оценить высоту нефтяной части залежи, которая составила 10 м, и оценить потенциальный дебит скважины.

После удачного входа в пласт, компания Shell продолжила применение технологии GeoSphere в горизонтальной секции скважины и планирует применять эту технологию при бурении секций под эксплуатационную колонну в других запланированных скважинах на месторождении Драуген. ■



Компания Santos картирует кровлю коллектора и определяет оптимальную точку входа в пласт на австралийском шельфе

Задачи

- Определить расстояние до кровли коллектора для оптимизации входа в пласт.
- Определить расстояние до контакта флюидов в коллекторе в процессе бурения горизонтального ствола скважины.

Решение

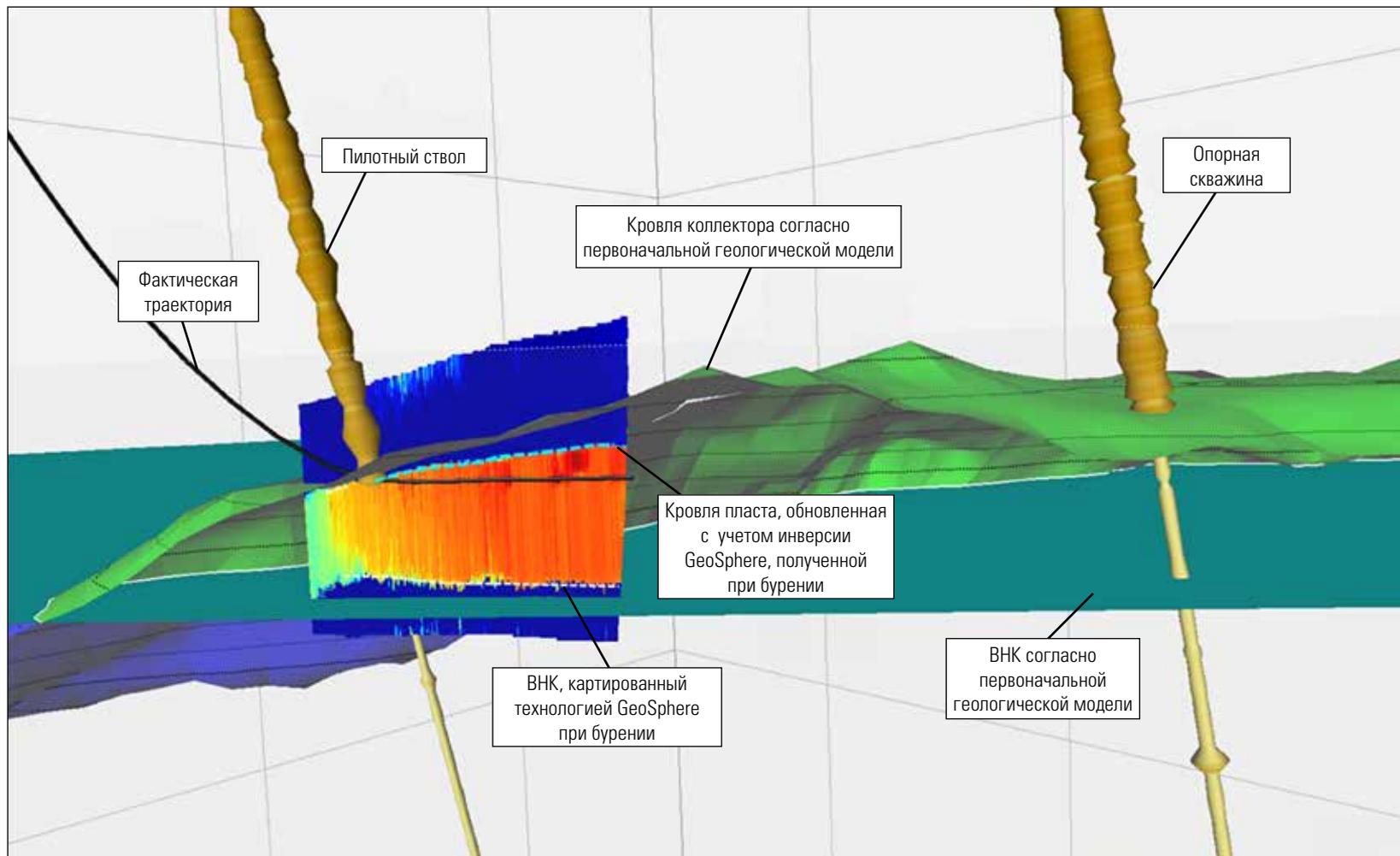
Снизить геологические неопределенности и риски при бурении секции под эксплуатационную колонну с применением технологии GeoSphere с глубиной картирования разреза превышающей 30 м.

Результаты

- Кровля коллектора картирована на расстоянии 6 м по вертикали, ВНК картирован на расстоянии 13 м от кровли коллектора по вертикали.
- Реализован вход в пласт с оптимальным зенитным углом и расстоянием до кровли пласта.
- Результаты инверсии были интегрированы в 3D статическую геологическую модель с целью последующего уточнения плана разработки месторождения.

Посадка и сопровождение горизонтального ствола с определением расстояния до кровли коллектора и ВНК

Перед компанией Santos стояла задача оптимизации посадки и достижения максимального контакта с коллектором на шельфовой скважине на северо-западе Австралии. Хотя данные пилотного ствола подтвердили наличие коллектора и позволили определить угол залегания, этой информации, а также, информации по опорным скважинам было недостаточно для определения глубины залегания коллектора в точке входа в пласт. Ввиду существенной структурной неопределенности ± 10 м по вертикальной глубине, компании Santos было необходимо картировать кровлю коллектора и определить глубину ВНК до входа в пласт, чтобы оптимизировать секцию под эксплуатационную колонну и получить максимальный контакт с коллектором в горизонтальном стволе. Стояла задача оптимизировать зенитный угол, посадить башмак обсадной колонны как можно ближе к кровле пласта и удержать горизонтальный ствол на расстоянии не менее 10 м по вертикали от ВНК. ►



Интеграция данных картирования технологии GeoSphere с геологической моделью позволила снизить неопределенности и осуществить точный вход в коллектор.

Пример — продолжение

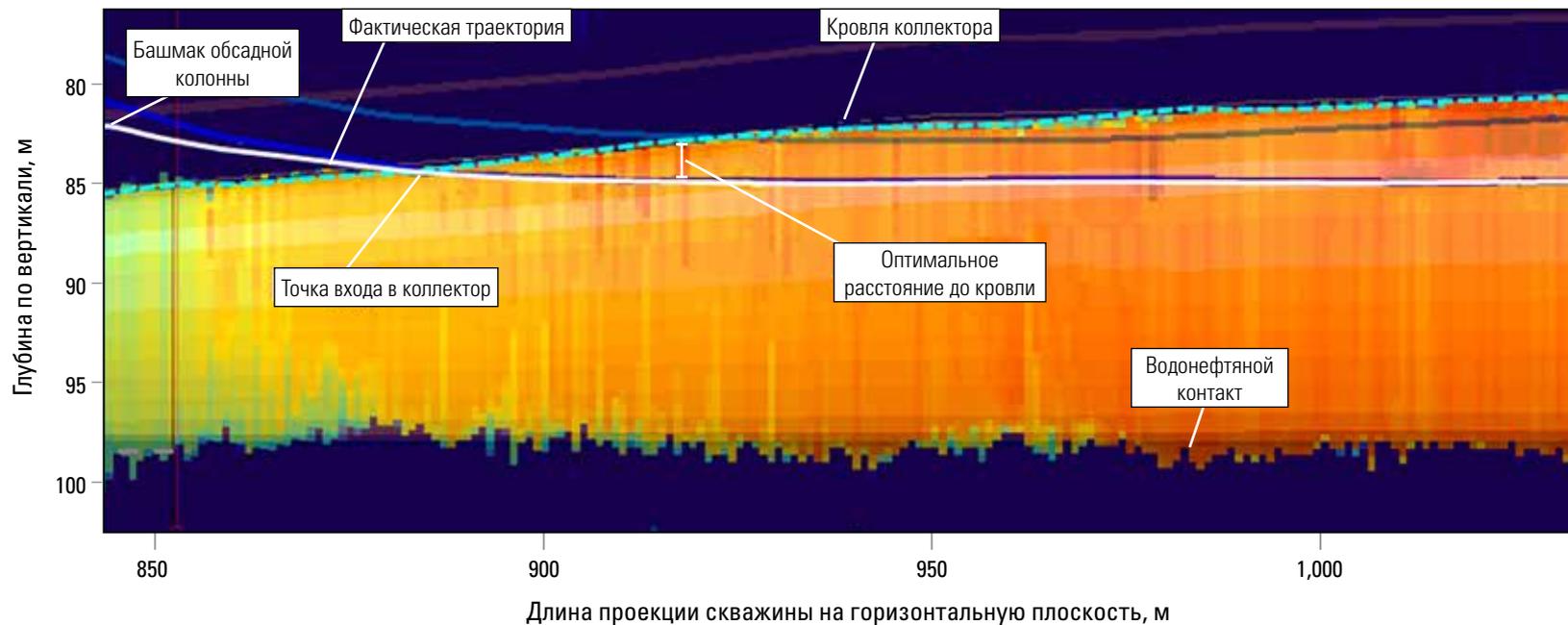
Картирование коллектора при бурении выше по разрезу, для оптимальной проводки горизонтального ствола в пределах коллектора

Для снижения геологических неопределенностей и оптимизации зенитного угла при входе в пласт, компания Santos применила технологию GeoSphere, чтобы картировать кровлю коллектора, контакты флюидов и понять поведение структуры до входа ствола скважины в коллектор. Технология GeoSphere, позволяющая картировать разрез на расстоянии более 30 м, позволяет компании-недропользователю снизить геологические неопределенности и принимать решения по коррекции траектории ствола скважины на основании более содержательной информации. Интеграция инверсии глубоких направленных электромагнитных измерений с интерпретацией данных наземной сейсморазведки позволяет компании-недропользователю скорректировать сейсмическую модель и уточнить план разработки месторождения.

Данные инверсии позволяют осуществить точный вход в пласт и достичь максимального контакта с коллектором

После разбуривания башмака обсадной колонны, технология GeoSphere картировала кровлю коллектора на расстоянии 6 м по вертикали ниже ствола скважины и ВНК на расстоянии 13 м по вертикали ниже кровли коллектора. Картирование кровли коллектора и ВНК при бурении до входа в пласт позволило выбрать оптимальный зенитный угол для точки входа в коллектор.

Данные инверсии были интегрированы в 3D геологическую модель компании Santos для уточнения плана разработки месторождения. ■



Картирование коллектора с помощью технологии GeoSphere при бурении позволило определить положение кровли коллектора и ВНК, оптимизировать зенитный угол на точку входа в коллектор и провести горизонтальный ствол на запланированном расстоянии от кровли и ВНК.



Достижение максимального контакта с коллектором путем осуществления оптимального входа в пласт в четырех скважинах компанией Arache в Австралии

Задачи

- Осуществить посадку ствола под эксплуатационную колонну на расстоянии 3 м по вертикали выше кровли коллектора без бурения пилотного ствола.
- Определить мощность коллектора, положение контактов флюидов и оценить свойства коллектора для определения наилучшего расположения горизонтального ствола скважины в пределах коллектора.

Решение

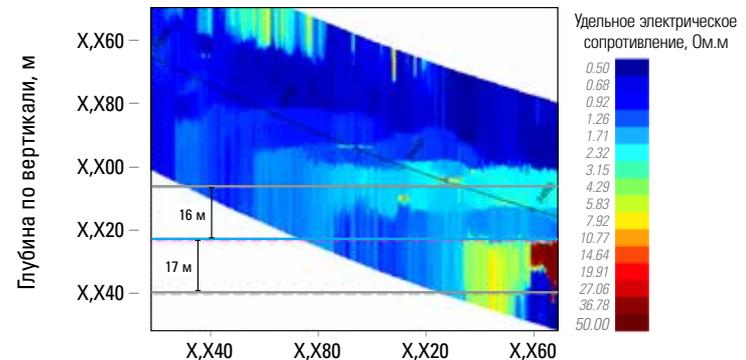
Снизить геологические неопределенности при бурении секции под эксплуатационную колонну, используя глубокие направленные электромагнитные измерения технологии GeoSphere для картирования разреза в режиме реального времени.

Результаты

- Кровля коллектора картирована на 10 м глубже по разрезу, чем ожидалось, зенитный угол был скорректирован с учетом изменений.
- Скважина пробурена без пилотного ствола, что позволило исключить риски и расходы, связанные с его бурением.
- Определены углы и характер залегания кровли и подошвы коллектора на расстоянии до 25 м по вертикали от ствола скважины.

Картирование мощности коллектора, определение структурного угла при посадке ствола скважины в целевой интервал

Компания Arache ставила следующие задачи: остановить бурение секции под эксплуатационную колонну на 3 м выше кровли коллектора по вертикали, чтобы избежать проблем с нестабильностью пород, и определить мощность коллектора с особенностями его залегания для принятия решения об оптимальном расположении горизонтального ствола скважины в пределах коллектора. ►



Длина проекции скважины на горизонтальную плоскость, м

Технология GeoSphere картировала кровлю коллектора на расстоянии 16 м и подошву на расстоянии 25 м по вертикали от ствола скважины.

Пример – продолжение

Достижение поставленной задачи осложнялось отсутствием реперных отметок в покрывающих породах, неопределенностью глубины коллектора +/- 20 м по вертикали, связанную с интерпретацией данных сейсморазведки, наличием поверхности несогласия в районе бурения и ограниченным объемом опорных данных по близлежащим скважинам.

Определение границ пласта для увеличения контакта с коллектором

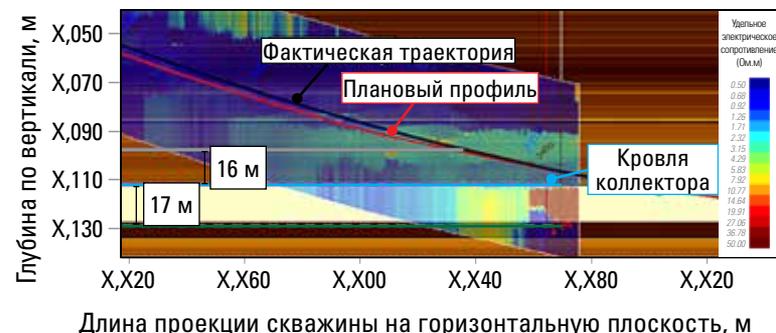
С целью сокращения рисков и затрат на бурение пилотных стволов, компания Apache приняла решение использовать технологию GeoSphere для своевременной коррекции профиля скважины во время бурения секции под эксплуатационную колонну. Инверсия глубоких направленных электромагнитных измерений технологии GeoSphere позволяет существенно снизить геологические неопределенности и снижает риск неоптимальной посадки секции под эксплуатационную колонну. Глубина картирования, превышающая 30 м, позволяет определить характер залегания, расположение границ пласта и контактов флюидов. Эта информация позволяет компании-недропользователю принимать своевременные решения по изменению траектории при посадке и проводке секции в пределах целевого интервала.

Посадка в целевой интервал без бурения пилотного ствола

Картирование коллектора с помощью технологии GeoSphere позволило определить положение кровли, подошвы и характер их залегания на расстоянии до 25 м по вертикали от ствола скважины в режиме реального времени. При этом кровля

коллектора находилась на 10 м глубже, чем ожидалось согласно геологической модели. В результате, компания Apache остановила бурение секции под эксплуатационную колонну за 3 м по вертикали выше кровли коллектора, как и было запланировано.

Возможность отказа от бурения пилотных стволов позволила сократить связанные с этим расходы и риски, при этом, применение технологии GeoSphere обеспечило выполнение поставленных задач в сложных геологических условиях. Инверсия, полученная при бурении четырех скважин с технологией GeoSphere, будет использована компанией Apache для обновления геологической модели и уточнения программы разработки месторождения. ■



Технология GeoSphere картировала кровлю и подошву коллектора, позволив компании-недропользователю своевременно остановить бурение ствола под эксплуатационную колонну на расстоянии 3 м по вертикали от кровли коллектора.



Компания DONG E&P пробурила горизонтальные скважины в Северном море в интрузивной залежи, достигнув контакт с коллектором 96%

Задачи

- Пробурить две эксплуатационные скважины в песчаном коллекторе, избегая выход в нестабильные вмещающие породы и удерживая заданное расстояние от ВНК.
- Картировать границы коллектора для детализации геологической модели и лучшего понимания природы залежи и условий осадкообразования с целью оптимизации плана разработки месторождения.

Решение

Геонавигация в коллекторе со сложной структурой на основе интеграции данных интерпретации наземной сейсморазведки с инверсией технологии GeoSphere в режиме реального времени.

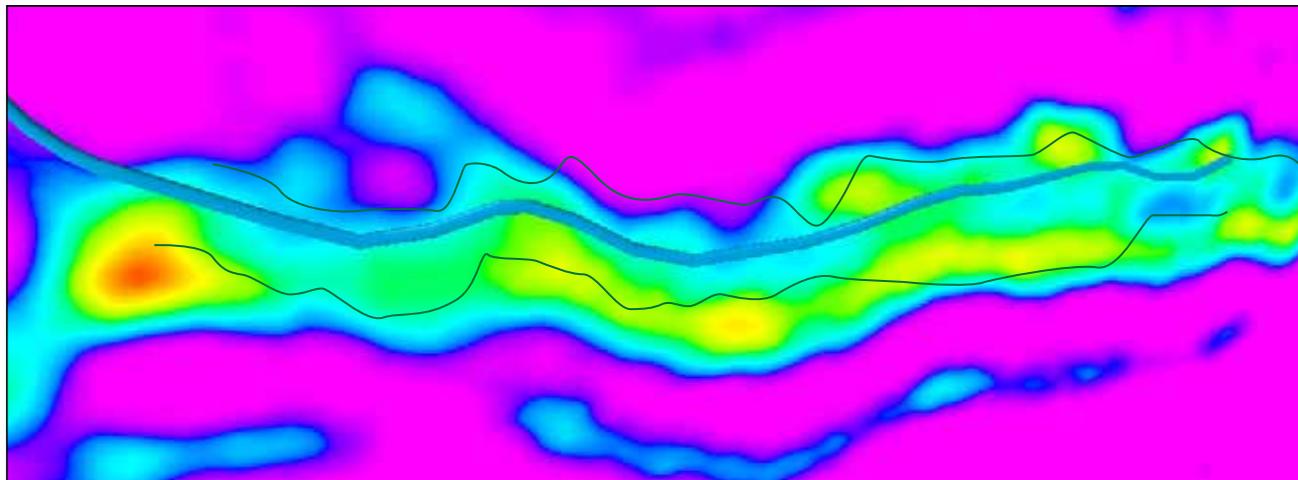
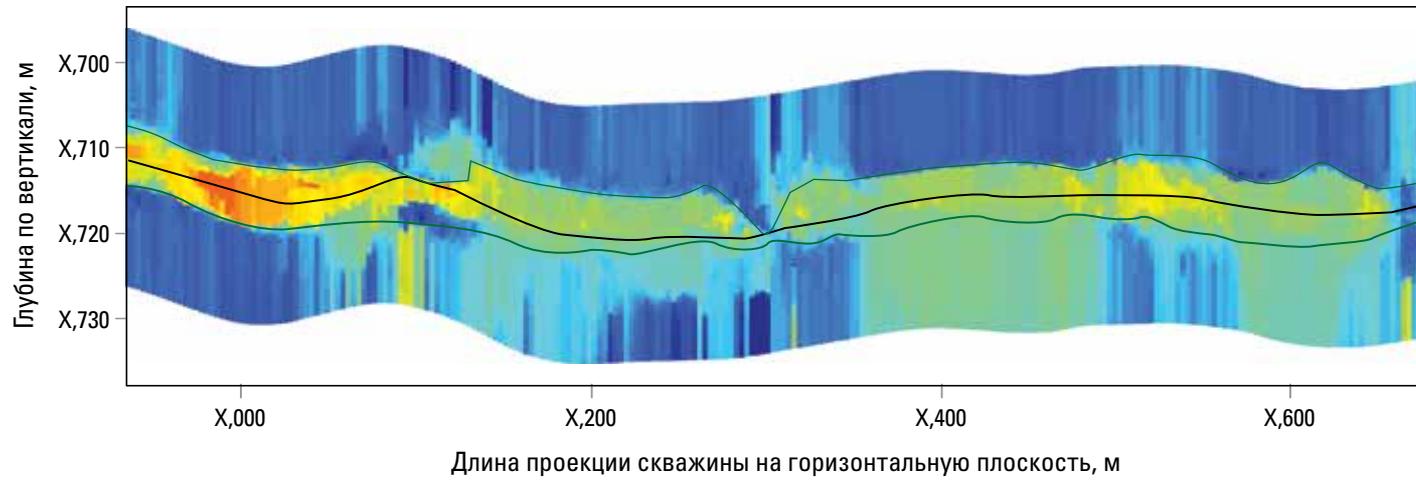
Результаты

- Получена дополнительная информация о неоднородности свойств коллектора для уточнения геологической модели и плана разработки месторождения.
- Два горизонтальных ствола скважины проведены в пределах коллектора с эффективной частью ствола 96%. Начальный дебит обеих скважин составил до 8000 баррелей в сутки при минимальной депрессии.
- Первый горизонтальный ствол скважины пробурен за один рейс, достигнута длина ствола скважины 815 м, контакт с коллектором составил 98%.
- Второй горизонтальный ствол скважины пробурен за один рейс, достигнута длина ствола 260 м, контакт с коллектором составил 96%.

Точная проводка горизонтальной секции скважины в коллекторе со сложной структурой

Перед компанией DONG E&P стояла сложная задача при бурении на месторождении Восточное Нини в датском секторе Северного моря. Целевой интервал в стратиграфическом подразделении Колиа был представлен глауконитовым песчаником мощностью от 2 до 15 м, перемещенном после процесса седиментации и окруженным нестабильными глинистыми породами. Первоначально песчаник был образован отложениями гравитационных потоков, затем в псевдосжиженном состоянии он был перемещен, распределяясь вдоль зон наименьшего сопротивления, таких, как разуплотненные пласты и разломы. В результате, определение залегания песчаника в стратиграфическом разрезе является сложной задачей, и геонавигация в существующих условиях абсолютно необходима для достижения максимального контакта с целевым песчаником.

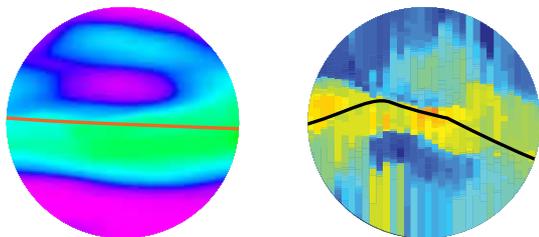
Традиционные методы геонавигации показали себя неэффективными в условиях сложного залегания целевого пласта и малого контраста по удельному электрическому сопротивлению. Технология определения расстояния до границ пласта предыдущего поколения в этих условиях обеспечивала глубинность исследования до 2 метров. Этого было недостаточно для выполнения поставленных задач — своевременной коррекции траектории в условиях резких изменений угла падения пласта. Предыдущий опыт бурения в этих условиях показал низкую экономическую эффективность в связи с низким достигаемым контактом с коллектором — порядка 50% — и возникающей необходимостью бурения боковых стволов. ►



Пример — продолжение

Глубокое картирование разреза для оптимальной проводки горизонтального ствола скважины в пределах коллектора

Ввиду сложности строения коллектора, компания DONG E&P выбрала технологию GeoSphere для геонавигации в двух горизонтальных эксплуатационных скважинах. Технология позволяет картировать разрез с глубиной более чем 30 м от ствола скважины. Глубинность направленных электромагнитных измерений позволяет сопоставить и увязать их с интерпретацией данных наземной сейсморазведки в режиме реального времени и спрогнозировать поведение структуры далее по разрезу. В условиях сложного залегания песчаника в стратиграфическом подразделении Колиа это особенно важно.



Интерпретация сейсмических данных (слева) и инверсия технологии GeoSphere (справа) для одного и того же участка ствола скважины.

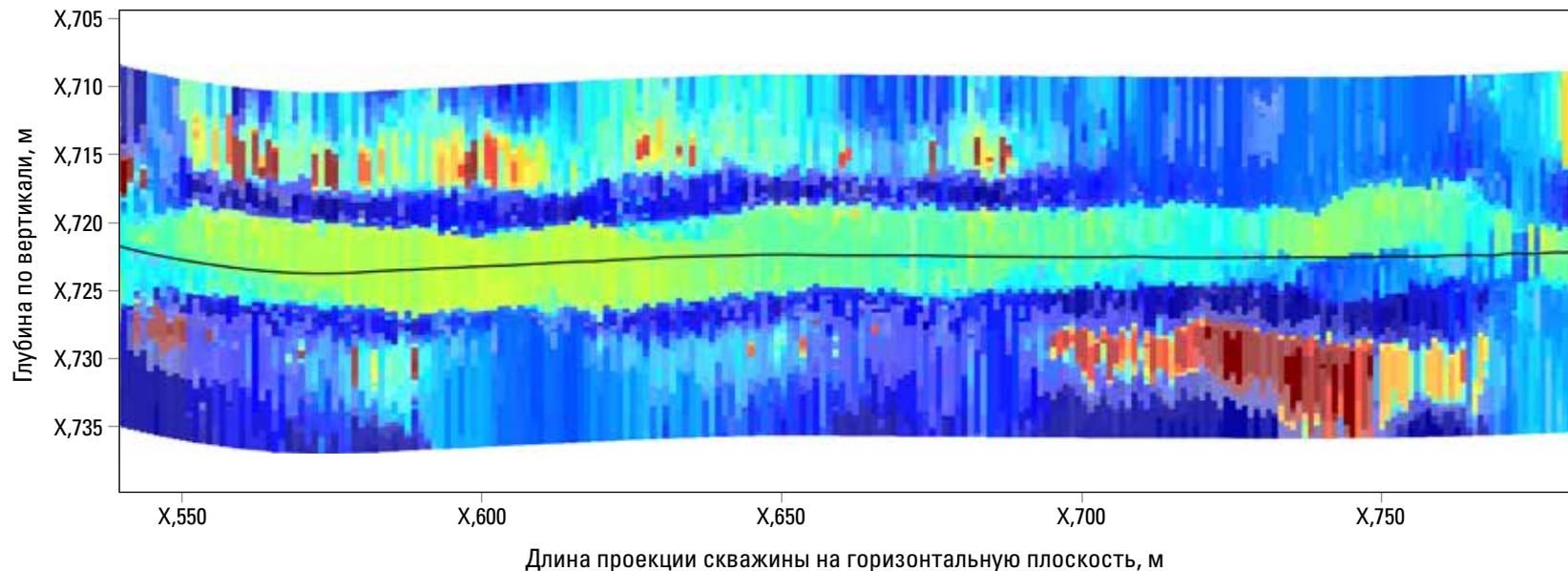
Получение данных о структурном залегании и достижение контакта с коллектором 96%

Глубокие направленные электромагнитные измерения технологии GeoSphere в комбинации с данными наземной сейсморазведки позволили провести горизонтальный ствол в пределах коллектора, несмотря на резкие изменения угла падения и роста. Решения по геонавигации, принимаемые на основании детальных данных, позволили достичь проектного забоя скважины в пределах песчаника малой мощности без выхода в нестабильные вмещающие породы. Два горизонтальных ствола достигли контакта с коллектором 96% без необходимости бурения боковых стволов. Начальный дебит обеих скважин составил 8000 баррелей в сутки при минимальной депрессии.

Первый горизонтальный ствол скважины пробурен за один рейс, достигнута длина ствола 815 м, контакт с коллектором составил 98%. Фактически достигнутый контакт с коллектором превысил планируемый на 65 метров, при этом пространственная интенсивность ствола удерживалась в допустимых пределах. Второй горизонтальный ствол скважины пробурен за один рейс, достигнута длина ствола 260 м, контакт с коллектором составил 96%.

Информация, полученная с помощью технологии GeoSphere, позволила лучше понять неоднородность распределения свойств коллектора, что важно для обновления геологической модели и долговременного планирования управления эксплуатацией месторождения.

Успешная проводка горизонтальных стволов двух скважин и полученные при этом ценные данные о характере распространения и распределении свойств коллектора стали основанием для дальнейшего планирования компанией DONG E&P использования технологии GeoSphere на своих проектах. ■



Упреждающая геонавигация с применением технологии GeoSphere позволила провести два горизонтальных ствола, достигнув контакта с коллектором 96% в коллекторе мощностью 7 м. Горизонтальный ствол второй скважины длиной 260 м представлен на рисунке выше.



Компания-недропользователь проводит горизонтальный ствол скважины на расстоянии 1–2 м под кровлей коллектора в условиях пересечения малоамплитудных разломов на шельфе Австралии

Задачи

Определить наличие границ нескольких пластов с разным удельным электрическим сопротивлением, соответствующих геологическим границам и контактам флюидов, и провести горизонтальную секцию скважины с максимальной допустимой интенсивностью $2^\circ/30$ м.

Решение

Глубокое картирование пластов и контактов флюидов с применением технологии GeoSphere*.

Результаты

Горизонтальный ствол скважины проведен на расстоянии 1–2 м по вертикали под кровлей коллектора, несмотря на низкий контраст по удельному электрическому сопротивлению и пересечение малоамплитудных разломов.

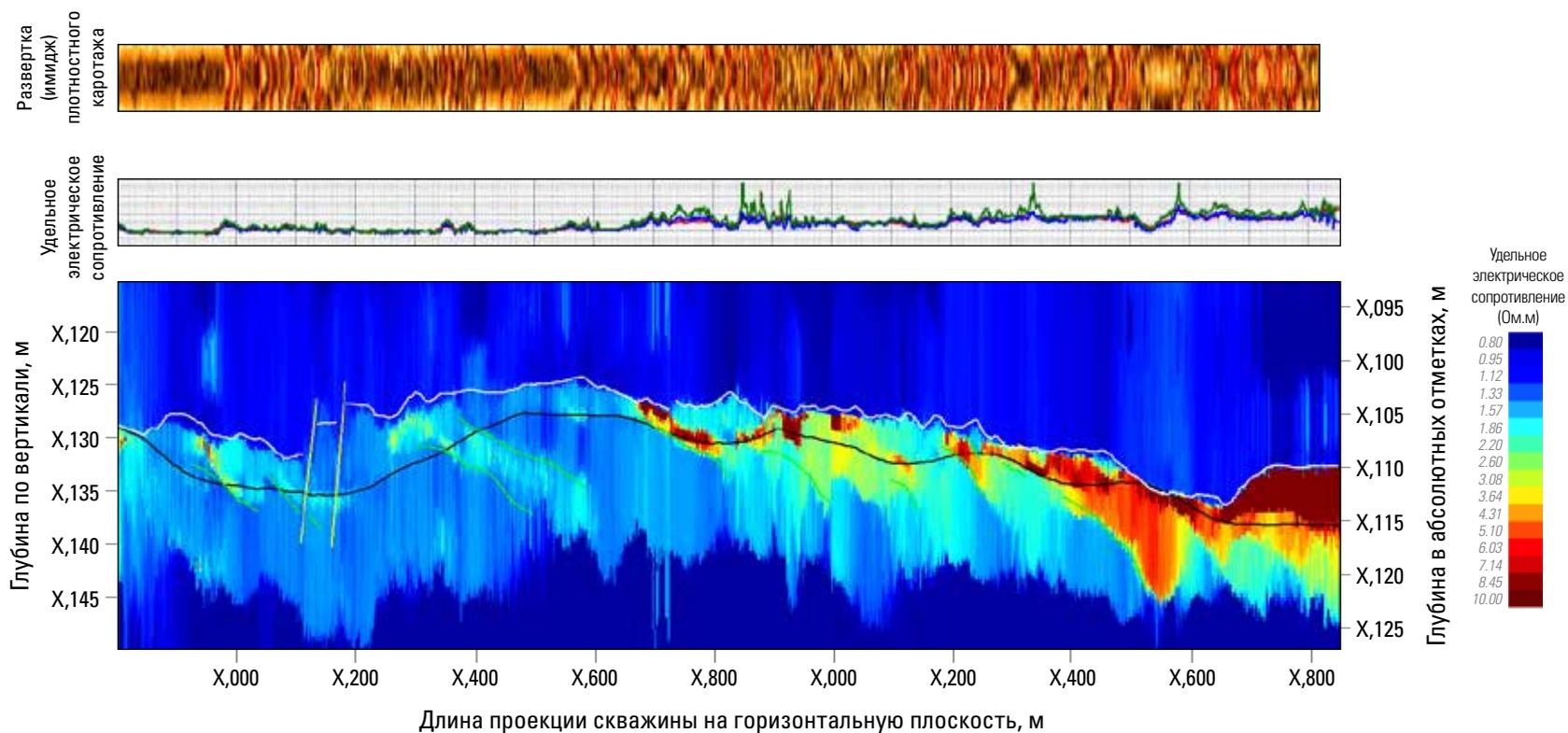
Снижение извилистости ствола скважины и ограничение пространственной интенсивности для успешного спуска оборудования заканчивания скважины до окончательного забоя

Компания-недропользователь запланировала вторую фазу эксплуатационного бурения месторождения, которая включала бурение пяти горизонтальных эксплуатационных скважин и одной водонагнетательной скважины на шельфе Западной Австралии. Этот проект включал в себя подводное обустройство трех дополнительных скважин. Высота нефтяной залежи была менее 20 м, а длина горизонтальных стволов скважин достигала 2100 м.

Эксплуатация планировалась из нижней пачки с чередованием пластов, при этом стояли сложные задачи по геонавигации, которые не были представлены в предыдущих скважинах. Необходимо было пробурить ствол скважины длиной 2100 м с минимальной извилистостью ствола и ограничением пространственной интенсивности $2^\circ/30$ м для успешного спуска оборудования заканчивания скважины до окончательного забоя.

Картирование нескольких пластов и контактов флюидов в горизонтальном стволе скважины большой протяженности

Компания Schlumberger рекомендовала использовать технологию GeoSphere для картирования разреза с несколькими пластами при бурении с поддержкой и интерпретацией в режиме реального времени. Обеспечивая комплекс глубоких направленных электромагнитных измерений, технология GeoSphere позволяет картировать разрез на расстоянии более 30 м от ствола скважины. Эти данные могут быть интегрированы с интерпретацией наземной сейсморазведки для детализации структуры и интерпретации границ коллектора с целью увеличения коэффициента извлечения нефти. ►



Картирование кровли коллектора на расстоянии 3 м по вертикали выше ствола скважины.

Пример – продолжение

Проводка ствола скважины под кровлей коллектора

Несмотря на низкий контраст, технология GeoSphere позволила картировать границы пластов с разным удельным электрическим сопротивлением. Кровля коллектора была ясно картирована, что позволило сосредоточиться на быстрой коррекции траектории и провести ствол скважины на расстоянии 1–2 м под кровлей коллектора.

Способность сверхглубокого картирования технологии GeoSphere позволила компании-недропользователю достичь максимального контакта с коллектором. На основе полученных результатов компания-недропользователь приняла решение использовать эту технологию в оставшихся четырех эксплуатационных скважинах второй фазы разработки месторождения. ■



Картирование газонасыщенного коллектора сложного строения без бурения боковых стволов на австралийском шельфе

Задачи

Картирование структуры антиклинали и сложного коллектора, состоящего из отдельных песчаных тел с целью быстрого изменения траектории и бурения одного ствола скважины через отдельные песчаные тела, сокращение вероятности бурения боковых стволов.

Решение

Совместное использование глубоких направленных электромагнитных измерений технологии GeoSphere с данными наземной сейсморазведки для интерпретации структурного поведения коллектора и принятия своевременных решений по геонавигации.

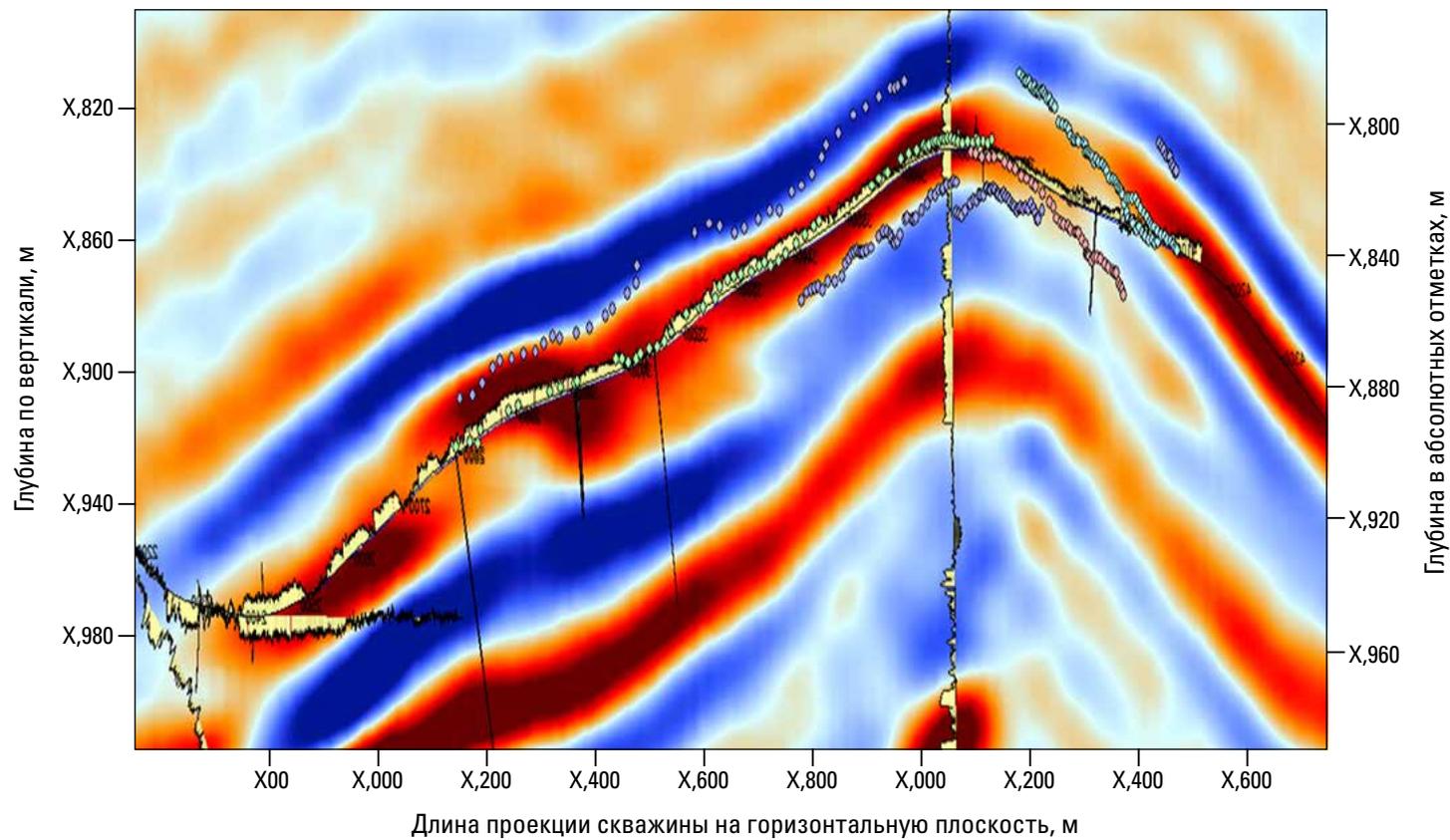
Результаты

- Картированы границы песчаных тел, что снизило неопределенность, связанную с интерпретацией данных сейсморазведки.
- Осуществлена посадка секции под эксплуатационную колонну в сложный коллектор без необходимости бурения бокового ствола.
- Произведена геонавигация с резкими изменениями траектории для пересечения отдельных песчаных тел.

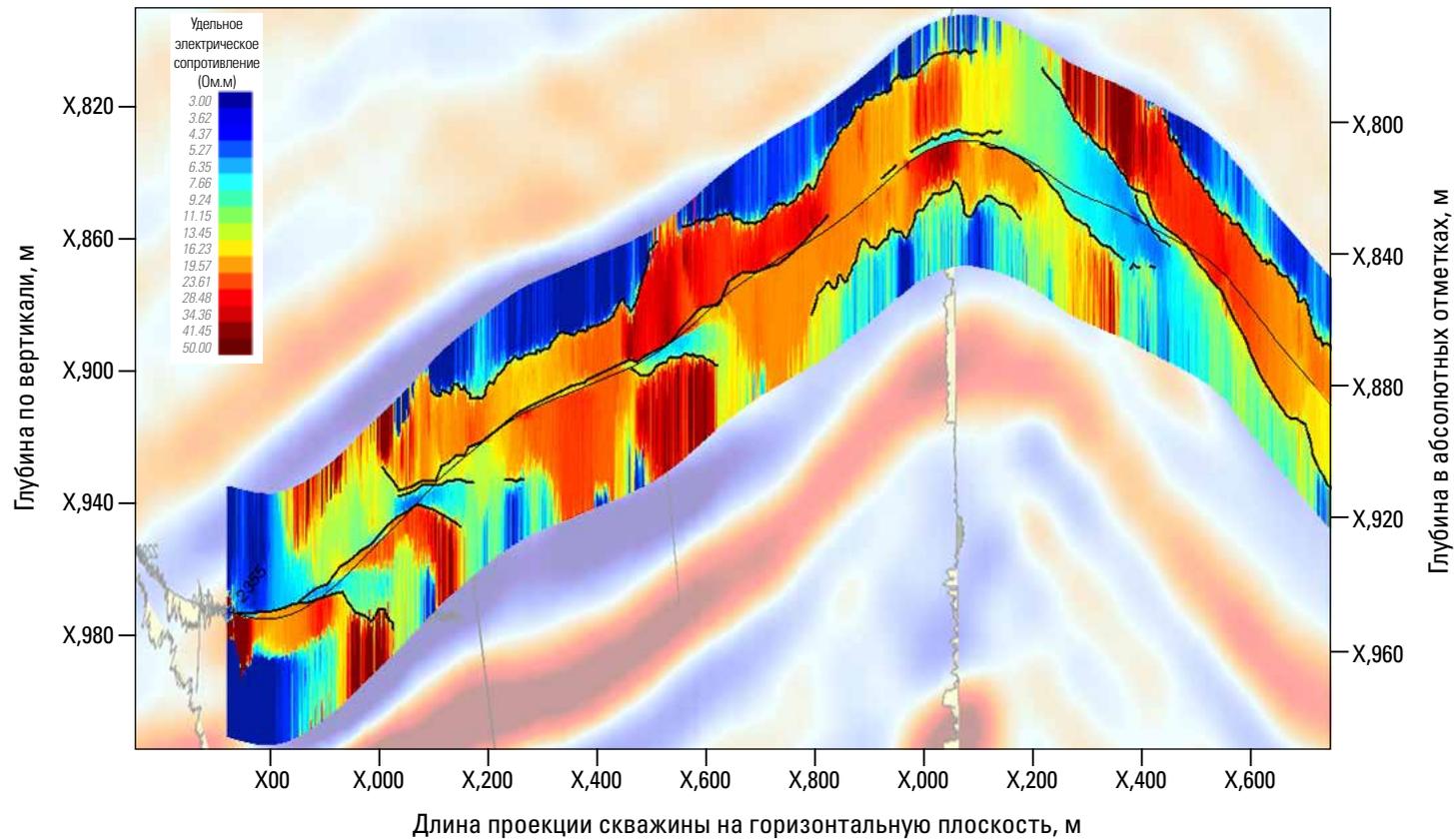
Посадка секции под эксплуатационную колонну в газонасыщенном песчаном коллекторе и избежание бурения бокового ствола несмотря на геологическую неопределенность

Компания-недропользователь осуществляла эксплуатационное бурение на газ в слабопроницаемых породах бассейна Отуэй на австралийском шельфе в западной части штата Виктория. Месторождение имело сложное стратиграфическое строение и было представлено отдельными песчаными телами, разделенными алевrolитами и расположенными в пределах антиклинали. Для получения планируемых дебитов необходимо было пробурить горизонтальные скважины большой протяженности со сложным извилистым горизонтальным стволом, который пересекал бы как можно большее количество песчаных тел. Сложность состояла в неопределенности по глубине залегания порядка +/-10 м.

Традиционные методы геонавигации были неприменимы в этих условиях, так как не могли картировать отдельно расположенные песчаные тела и помочь провести горизонтальный ствол, который пересекал бы как можно большее их количество. Кроме того, было необходимо избежать бурения бокового ствола с целью снижения затрат и сокращения технологических рисков. ►



Неопределенность по глубине залегания, связанная с интерпретацией данных сейсморазведки, была порядка +/-10 м, что усложняло задачу посадки в целевой пласт и проведения горизонтального ствола.



Инверсия технологии GeoSphere позволила уточнить интерпретацию данных сейсморазведки в режиме реального времени и получить представление о поведении структуры.

Пример — продолжение

Картирование отдельных песчаных тел в пределах целевого интервала

Компания-недропользователь применила технологию GeoSphere с целью картирования разреза на расстоянии, превышающем 30 м от ствола скважины, для посадки секции под эксплуатационную колонну и проводки горизонтального ствола скважины с целью снижения геологической неопределенности.

Технология GeoSphere обеспечила критически важной информацией для пересечения горизонтальным стволом несколько отдельных песчаных тел.

Увеличение контакта с отдельными песчаными телами для увеличения потенциального дебита скважины

С технологией GeoSphere удалось картировать песчаные тела на расстоянии, превышающем 35 м по вертикали от ствола скважины, таким образом, позволяя сопоставить скважинные измерения, полученные в режиме реального времени, с данными наземной сейсморазведки. На основе инверсии технологии GeoSphere интерпретация данных сейсморазведки корректировалась в процессе бурения, что позволило получить развернутую геологическую картину. В результате, осуществлялись резкие изменения траектории с целью пересечения стволом разьединенных песчаных тел и увеличения контакта с наиболее продуктивными участками. Зенитный угол менялся от 84° до 107°, затем, по достижении свода антиклинали, направление бурения было изменено снижением зенитного угла ниже 90°. Таким образом, был достигнут максимальный контакт с продуктивными участками. При этом удалось избежать бурение боковых стволов, что потребовало бы дополнительных затрат и повысило бы вероятность возникновения технологических рисков. Согласно информации, полученной от компании-недропользователя, при бурении без технологии GeoSphere, вероятно, понадобилось бы бурение бокового ствола. ■



Компания Shell проводит горизонтальный ствол глубоководной скважины в пределах коллектора на шельфе в Бразилии

Задача

Провести горизонтальные стволы скважин в пределах коллектора на шельфе в Бразилии

Решение

Применить технологию GeoSphere для сверхглубокого картирования разреза и принятия своевременных решений по геонавигации

Результаты

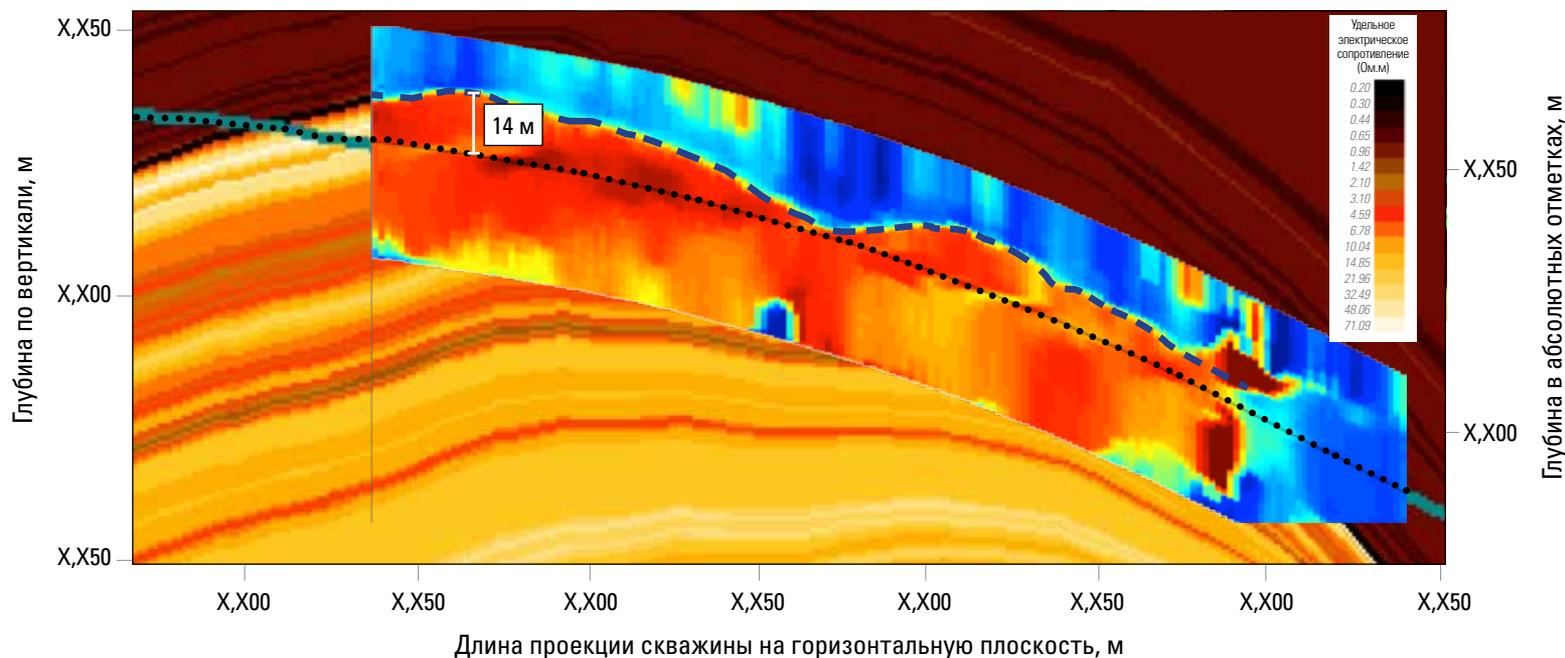
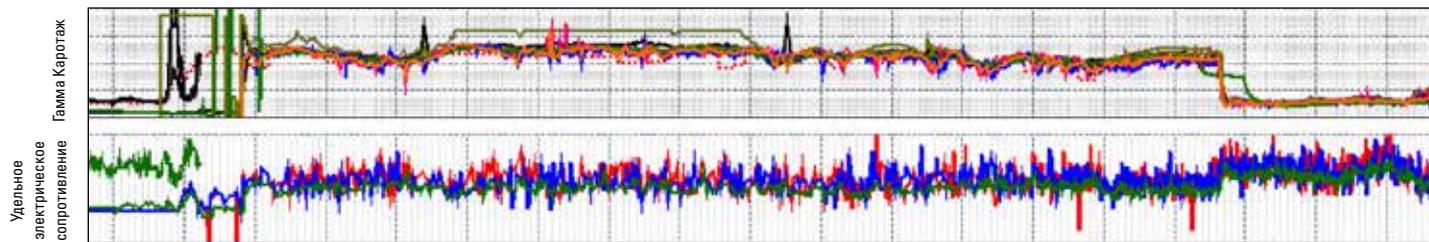
- Достигнуто оптимальное размещение горизонтальных секций в коллекторе блочного строения.
- Получена информация для оптимизации управления эксплуатацией месторождения и уточнения геологической модели.
- Картированы границы коллектора, что улучшило понимание характеристик коллектора.

Проводка горизонтальных стволов в пределах коллектора

Компания Shell Brasil Ltda планировала бурение двух эксплуатационных горизонтальных скважин на двух месторождениях на шельфе в Бразилии. Предполагалось, что коллекторы представляли собой турбидитные многопластовые залежи. Целью было увеличение потенциального дебита скважин путем проводки горизонтального участка ствола скважины в пласте с наилучшими характеристиками и картирование песчаных тел для лучшего понимания геологической обстановки. Неопределенность по глубине залегания коллекторов и блочное строение разреза усложняли выполнение поставленных целей.

Картирование границ коллектора на расстоянии более 30 м от ствола скважины

Для выполнения поставленных задач в обеих скважинах применили технологию GeoSphere, так как она способна картировать разрез на расстоянии более 30 м от ствола скважины. С целью принятия решений о коррекции траектории в процессе бурения и для картирования отдельных пластов в пределах коллектора использовалась инверсия глубоких направленных электромагнитных измерений. Компоновка низа бурильной колонны (КНБК) включала в себя роторно-управляемую систему с направлением долота (point-the-bit) для точного контроля траектории и передовые технологии ГИС в процессе бурения для получения петрофизической информации и оценки свойств коллектора. ►



Применяя технологию GeoSphere при бурении первой скважины удалось картировать кровлю коллектора глубже, чем предполагалось по первоначальной геологической модели. Затем траектория горизонтального ствола скважины была изменена для пересечения второй структурной единицы.

Пример — продолжение

Планировалось, что горизонтальный ствол первой скважины диаметром 215,9 мм пересечет две структурные единицы, которые предположительно были представлены одними и теми же турбидитными многопластовыми отложениями. Горизонтальный ствол должен был пройти в пределах коллектора первой структурной единицы, выйти в глинистые породы и войти в коллектор второй структурной единицы.

Горизонтальный ствол второй скважины был спланирован таким образом, чтобы пересечь коллекторские породы по обеим сторонам вторичного разлома. Горизонтальный ствол должен был проходить в пределах коллектора в нижнем крыле сброса, пересечь плоскость разлома и выйти в коллекторские породы верхнего крыла сброса, где ожидался коллектор меньшей мощности.

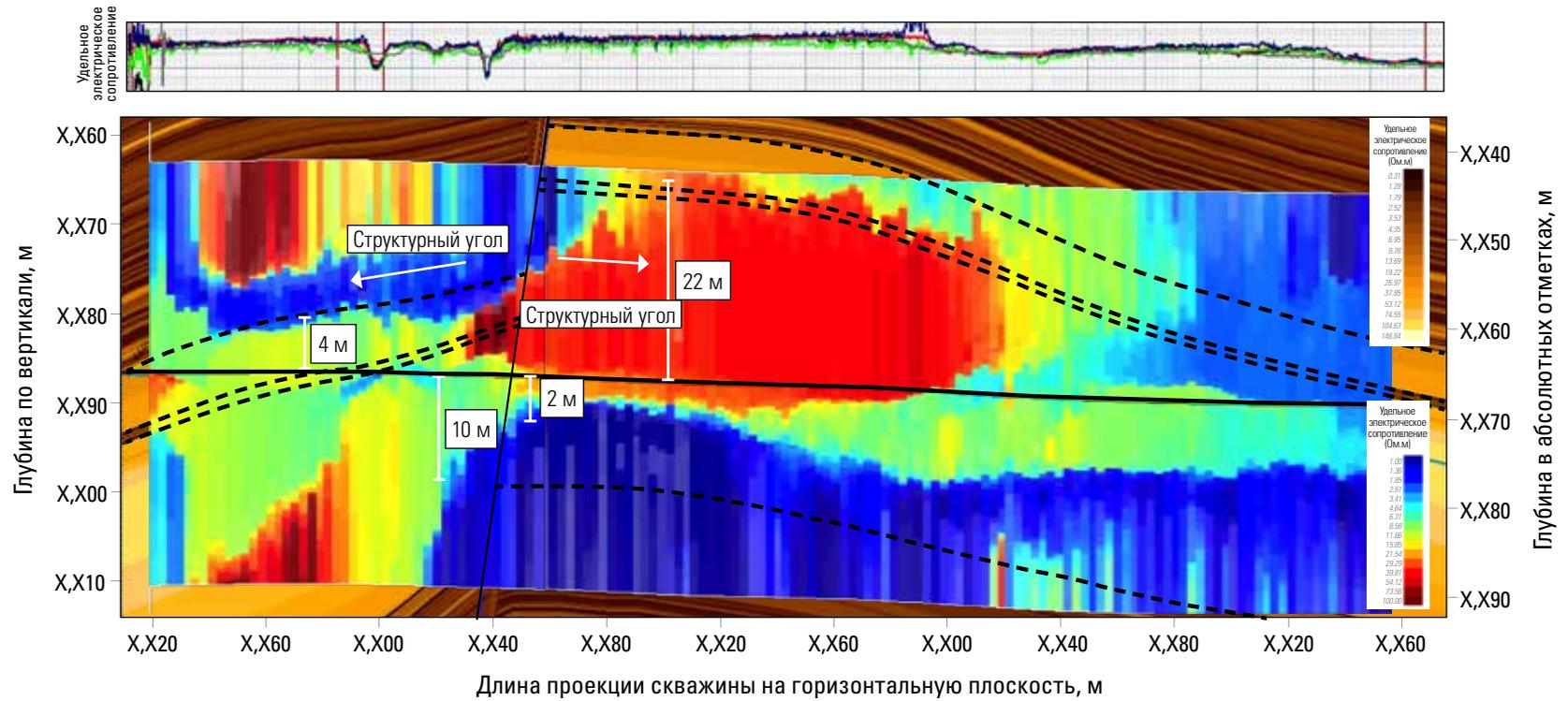
Оптимальная проводка горизонтального ствола скважины с регистрацией данных в режиме реального времени

В первой скважине с помощью технологии GeoSphere удалось определить кровлю коллектора в нижнем крыле сброса на 14 м глубже, чем ожидалось согласно геологической модели. Кроме того, был определен характер залегания коллектора, отличный от ожидаемого. Дальнейшая детальная интерпретация показала наличие разлома на этом участке.

После выхода в глинистые породы траектория была скорректирована вниз для поиска второй части коллектора. Кровля коллектора была картирована на расстоянии 10 м по вертикали.

После разбуривания башмака обсадной колонны во второй скважине, с инверсией технологии GeoSphere удалось картировать кровлю коллектора на расстоянии 4 м по вертикали выше ствола скважины, одновременно картируя подошву коллектора. Ствол скважины пересек плоскость разлома, и инверсия глубоких направленных электромагнитных измерений детально картировала границы коллектора. Структурное поведение и стратиграфия в нижнем крыле сброса были близки к ожидаемым, согласно геологической модели, в то время как в верхнем крыле сброса они существенно отличались от ожидаемых.

Технология GeoSphere позволила оптимальным образом провести горизонтальные стволы этих двух скважин, а также, нескольких дополнительных скважин в рамках проекта. Таким образом, компания Shell достигла максимального контакта с коллектором и избежала незапланированные выходы за пределы коллектора, несмотря на несоответствие геологической модели реальным условиям. Кроме того, технология GeoSphere обеспечила ценную информацию для детализации геологической модели, оптимизации управления эксплуатацией месторождения и повышение эффективности инвестиций. ■



При бурении второй скважины глубинность исследования технологии GeoSphere позволила получить доступ к запасам углеводородов по обеим сторонам поверхности разлома.



Компания-недропользователь проводит горизонтальный ствол скважины длиной 2100 м в пределах 3 м от кровли коллектора на шельфе в Австралии

Задачи

Снизить объем неизвлекаемой нефти, находящейся над горизонтальным стволом скважины и избежать пересечения ВНК в стволе длиной 2100 м, удерживая ствол на расстоянии 1,5–3 м под кровлей коллектора.

Решение

Использовать технологию GeoSphere при бурении горизонтального ствола скважины длиной 2100 м в узком коридоре бурения.

Результаты

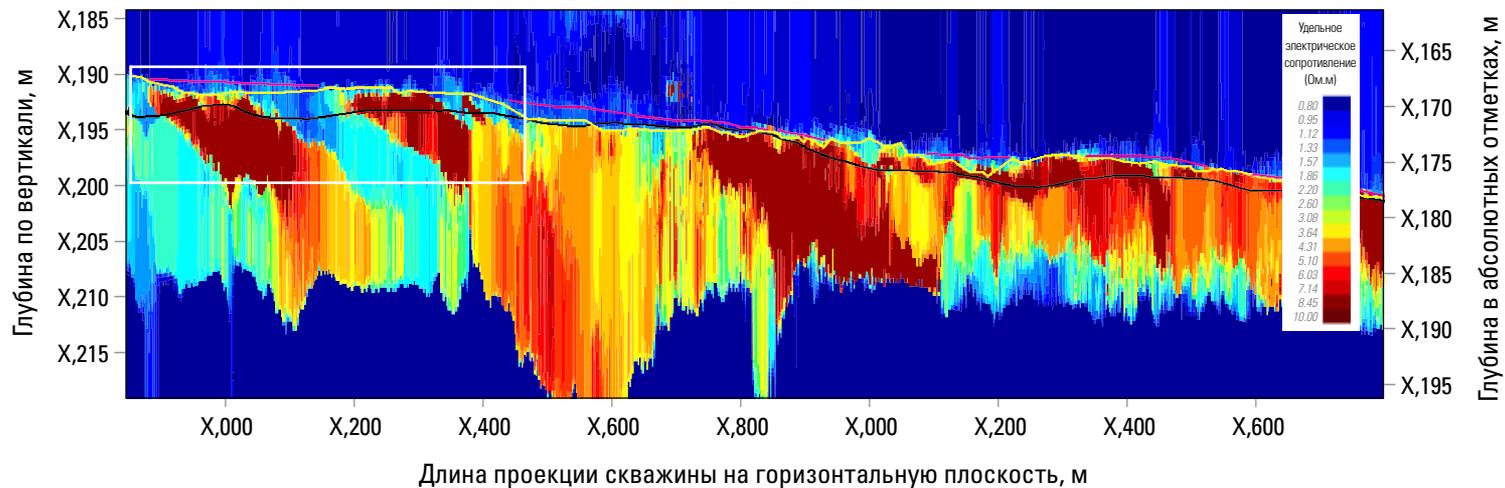
- Инверсия позволила оценить нефтяную часть залежи и оптимизировать проводку горизонтального ствола скважины в коридоре бурения.
- Достигнут максимальный контакт с породой с наилучшими коллекторскими свойствами без пересечения ВНК, снижен объем неизвлекаемой нефти над стволом скважины благодаря точному расположению ствола скважины в коридоре бурения.
- Угол падения напластования определен в пределах 3°–5° в направлении бурения.

Бурение в узком коридоре в сложных геологических условиях

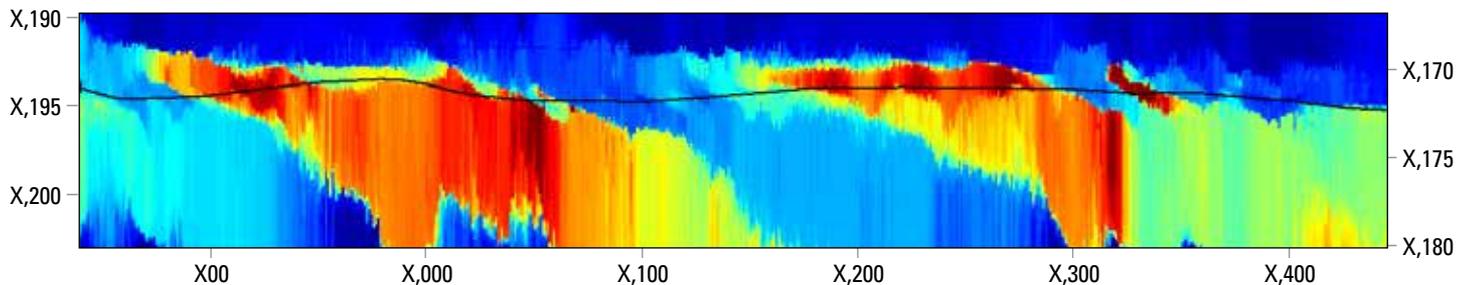
Компания-недропользователь ставила задачу достичь максимальный контакт с песчаниками в условиях нефтяной залежи малой мощности при бурении горизонтальных стволов скважин длиной до 2100 м на шельфе в Австралии. Для снижения неизвлекаемых запасов нефти был установлен целевой интервал 1,5–3 м по вертикали под кровлей коллектора. Кроме того, было необходимо избежать пересечения ВНК. Задача усложнялась малой эффективной толщиной песчаника и наличием напластования.

Картирование разреза в режиме реального времени для определения границ песчаника с лучшими коллекторскими свойствами и размещения ствола в его пределах

Компания-недропользователь приняла решение использовать технологию GeoSphere, способную картировать разрез на расстоянии, превышающем 30 м по вертикали от ствола скважины и обеспечить детальную информацию о напластованиях и контактах флюидов. С помощью глубоких направленных электромагнитных измерений технология картирует разрез, что позволяет вносить коррективы в траекторию скважины и проводить ствол согласно поставленным задачам в сложных геологических условиях. ►



Выделенный сектор



Вверху: Технология GeoSphere была использована для определения мощности нефтяной залежи и картирования напластования в пределах коллектора с углом падения $3^{\circ}-5^{\circ}$.
 Внизу: Увеличенный вид выделенного на верхнем изображении сектора детально показывает насколько точные изменения траектории были внесены при бурении с технологией GeoSphere.

Пример из практики: Картирование разреза

Пример — продолжение

Оптимизация размещения горизонтального ствола и проводка в интервале с наилучшими коллекторскими свойствами

Картируя разрез с помощью технологии GeoSphere, траектория ствола была скорректирована для достижения максимального контакта с коллектором. Песчаники с наилучшими свойствами были картированы на 3 м по вертикали ниже, чем ожидалось. Технология GeoSphere также позволила картировать напластование с углами падения 3°–5°. Благодаря полученным данным удалось провести ствол скважины в целевом интервале. Поддерживалось расстояние от 1,5 до 3 м по вертикали под кровлей коллектора, избегая пересечения ВНК и снижая неизвлекаемые запасы нефти над стволом скважины. По результатам успешного бурения горизонтального ствола скважины компания-недропользователь приняла решение использовать технологию GeoSphere еще на четырех скважинах. ■



Точная проводка двух скважин в сложных геологических условиях на шельфе в Австралии

Задачи

Непрерывно картировать коллектор в режиме реального времени, определяя границы пластов и обеспечивая максимальный контакт в скважине с двумя горизонтальными стволами. Детализировать геологическую модель на основе данных картирования разреза.

Решение

Использовать технологию GeoSphere для непрерывного картирования разреза и точной проводки горизонтальных стволов скважин в пределах коллектора.

Результаты

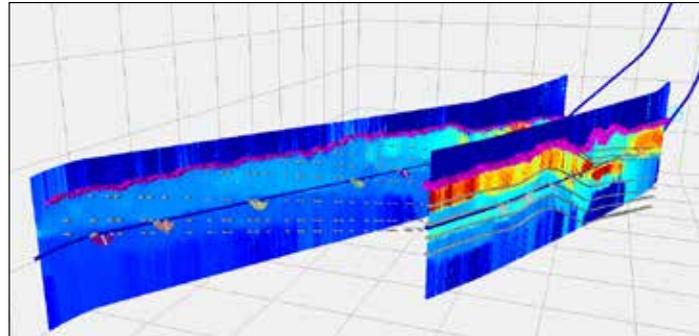
Получены данные картирования разреза вдоль двух эксплуатационных горизонтальных стволов скважин при проводке в пределах целевого интервала.

Бурение горизонтальных стволов скважин в коллекторе с большим количеством разломов

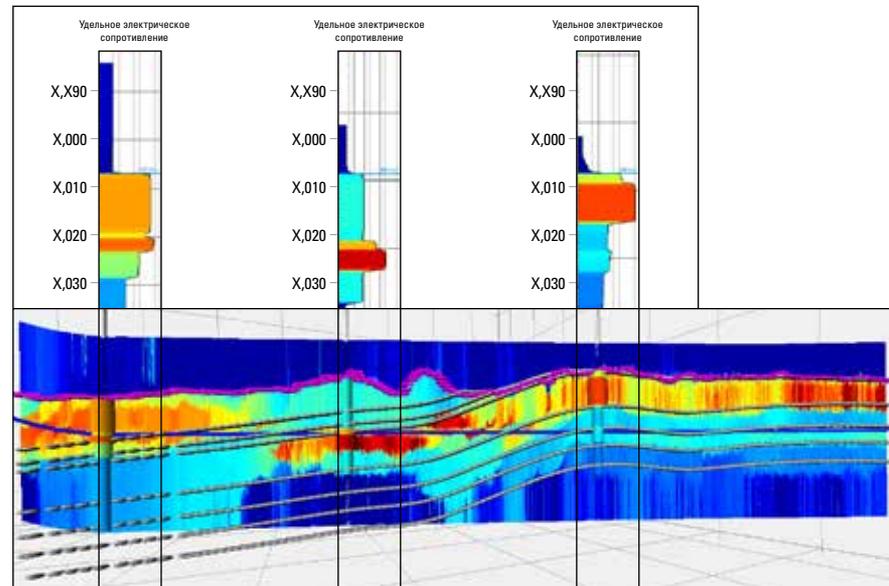
Компания-недропользователь планировала пробурить несколько горизонтальных эксплуатационных скважин на шельфе в западной Австралии. Толщина нефтяной залежи была менее 20 м при планируемой длине горизонтального ствола скважины более 2500 м. На месторождении имелись несколько ступеней сброса, которые выступали в качестве структурных и стратиграфических ловушек. Замыкание ловушки обеспечивалось, с одной стороны, наличием структурного падения, с другой стороны, наличием непроницаемой глинистой породы в плоскости тектонического нарушения. Низкая эффективная толщина песчаников и наличие напластования представляли сложности для геонавигации.

Максимальный контакт с коллектором для увеличения потенциального дебита скважины

Ранее технология GeoSphere уже была успешно применена на этом месторождении. В связи с этим компания-недропользователь решила использовать технологию для решения поставленных задач в аналогичных условиях. Технология GeoSphere обеспечивает картирование разреза в режиме реального времени с глубиной исследования более 30 м по вертикали от ствола скважины. Инверсия глубоких направленных электромагнитных измерений позволяет сопоставить скважинные измерения с интерпретацией данных наземной сейсморазведки. Обеспечивается детальная информация для понимания характера залегания коллектора и выявления контактов флюидов. Таким образом, достигается точная проводка горизонтального ствола скважины в сложных геологических условиях. Данные, полученные в процессе бурения, интегрируются с данными наземной сейсморазведки для уточнения программы разработки месторождения. ►



Картирование разреза при бурении позволяет оценить характер залегания в пространстве и наличие чередования пластов. Здесь представлен пример в 3D для двух горизонтальных стволов скважины.



Данные по расположению границ коллектора, картированные с помощью технологии GeoSphere в горизонтальных стволах эксплуатационных скважин, используются для уточнения строения геологического разреза.

Пример — продолжение

Оптимальная проводка горизонтальных стволов двух скважин и обновление геологической модели

Технология GeoSphere позволила определить характер залегания структурных границ пород, детализировать и скорректировать существующую интерпретацию данных сейсморазведки и построить детальный геологический разрез вдоль двух горизонтальных стволов. Интеграция данных, полученных в режиме реального времени, позволила уточнить информацию о наличии разломов и оптимизировать проводку ствола скважины в целевом интервале.

На основе информации, полученной с помощью технологии GeoSphere при бурении горизонтальных стволов двух скважин, была обновлена геологическая модель. Заказчик принял решение об использовании технологии GeoSphere на двух дополнительных скважинах. ■



Компания Petronas выявляет русловый песчаник и увеличивает потенциальный дебит на 88% на шельфе в Малайзии

Задачи

Определить характер распространения руслового песчаника и выявить контакты флюидов.

Решение

Дополнить данные наземной сейсморазведки детальными данными о характере залегания руслового песчаника и наличии контактов флюидов с применением технологии GeoSphere

Результаты

- Осуществлена оптимальная посадка секции под эксплуатационную колонну в целевой песчаник с потенциалом добычи 900 баррелей в сутки.
- Картирован электрически анизотропный коллектор, представленный тубридитным песчаником, а также дополнительный русловый песчаник с потенциальным дебитом 1700 баррелей в сутки.
- Получена ключевая информация, позволяющая оптимизировать режим эксплуатации коллектора.

Снижение неопределенности при вскрытии коллектора со сложным строением

Компания Petronas планировала бурение горизонтальной скважины на шельфе в Малайзии. Целью бурения был русловый песчаник с неопределённостью относительно контактов флюидов, характера распространения песчаного тела и угла залегания. Для оптимальной проводки горизонтального ствола скважины и достижения запланированных дебитов 900 баррелей в сутки, была необходима детальная информация, получаемая в режиме реального времени.

Картирование коллектора с целью получения детальной информации об углах залегания и глубине контактов флюидов

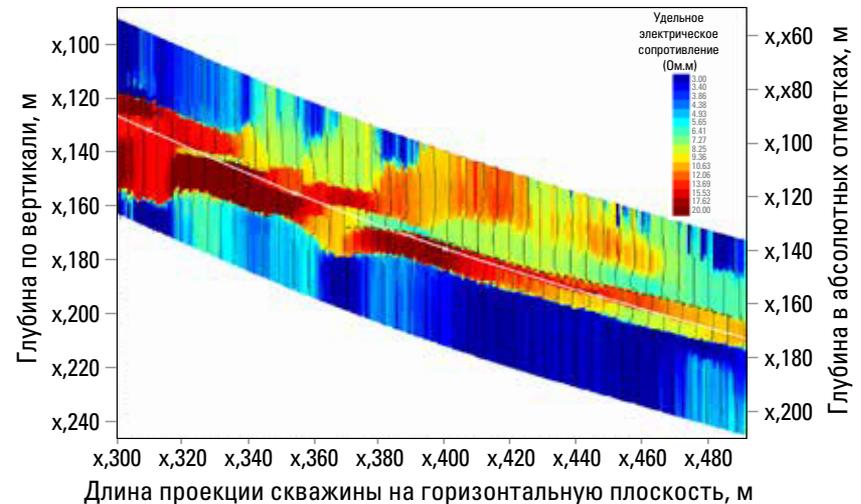
Компания Schlumberger рекомендовала использовать технологию GeoSphere для снижения геологической неопределенности и картирования границ руслового песчаника на расстоянии более 30 м от ствола скважины. С помощью глубоких направленных электромагнитных измерений, технология GeoSphere позволяет детализировать сейсмическую модель в режиме реального времени, снижая неопределенности и риски. ►

Пример – продолжение

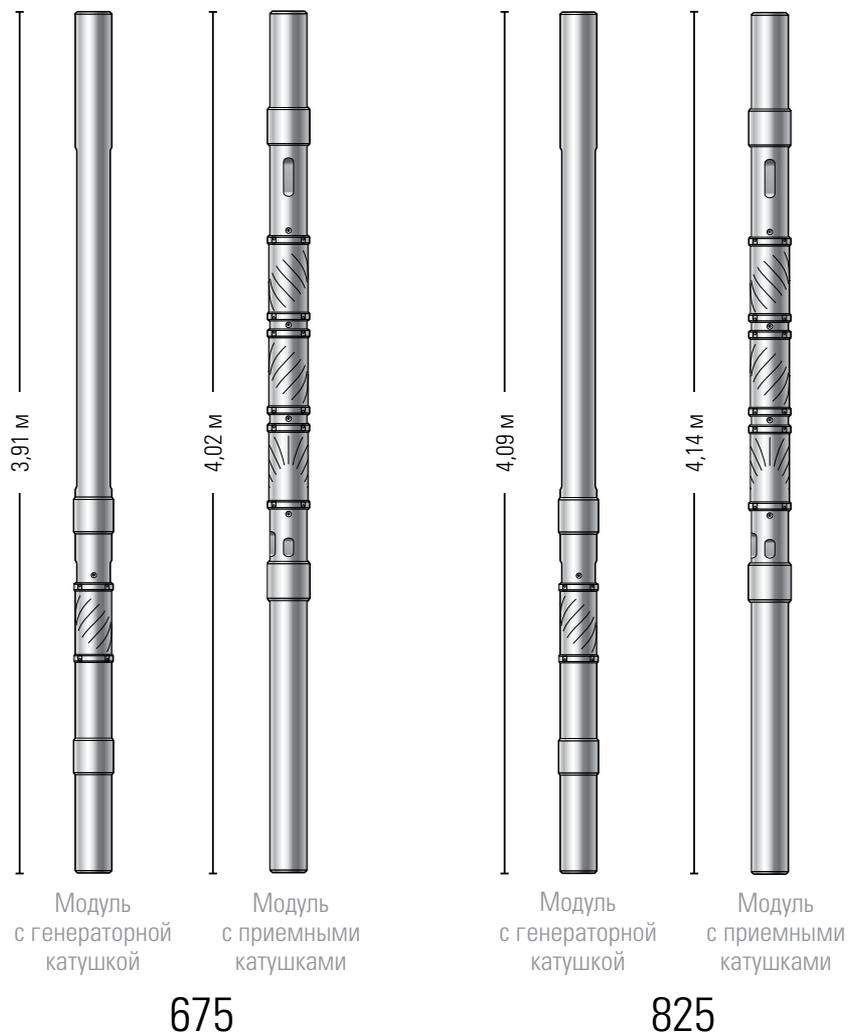
Осуществлена оптимальная посадка секции под эксплуатационную колонну в русловый песчаник и обнаружен дополнительный песчаник

Применение технологии GeoSphere позволило компании Petronas осуществить оптимальный вход в целевой русловый песчаник с потенциалом добычи 900 баррелей в сутки. Кроме того, сверхглубокое картирование разреза позволило выявить еще один русловый песчаник, который не был обнаружен с помощью интерпретации данных наземной сейсморазведки. Для разработки выявленного песчаника был пробурен боковой ствол. В результате, потенциальный дебит составил 900 баррелей в сутки для целевого песчаника и 1700 баррелей в сутки для руслового песчаника, который был выявлен с помощью технологии GeoSphere.

На этапе посадки секции под эксплуатационную колонну технология GeoSphere позволила картировать кровлю коллектора на расстоянии 14 м по вертикали. Технология GeoSphere позволила картировать кровлю, подошву и определить угол залегания на расстоянии до 25 м от ствола скважины. Эти данные позволили компании Petronas провести 600 м в интервале с наилучшими коллекторскими свойствами, детализировать геологическую модель и уточнить программу разработки месторождения. ■



Эксплуатационные характеристики



Технология GeoSphere[†]

Количество модулей с генераторной катушкой в КНБК	1
Количество модулей с приемными катушками в КНБК	2–3

Характеристики измерений

Расстояние между генераторной и приемными катушками [‡]	Минимум	4,9 м
	Максимум	Может превышать 30 м, в зависимости от дизайна компоновки и поставленных задач
Азимутальное покрытие		360°
Разрешающая способность по азимуту		2°
Дальность картирования границ		45,7 м при удельном электрическом сопротивлении породы 50 Ом.м, вмещающей породы 1 Ом.м

Запись данных в память

Время записи при циркуляции бурового раствора	16 дней (360 часов)
---	---------------------

Источник питания и совместимость с другими приборами

Источник питания	Турбогенератор прибора телеметрии
Совместимость	Совместим со всеми приборами Schlumberger [§]

Механические характеристики

	675	825	
Диаметр ствола	8 ½–9 ⅞ дюйма (215,9–250,8 мм)	12 ¼–14 ¾ дюйма (311,2–374,7 мм)	
Номинальный диаметр, API	6.75 API	8.25 API	
Max. collar OD	7,5 дюймов (190,5 мм)	9,1 дюйма (231,1 мм)	
Длина модуля	С генераторной катушкой	3,91 м	4,09 м
	С приемными катушками	4,02 м	4,14 м
Верхнее резьбовое соединение	Муфта 5 ½ FH	Муфта 6 ⅝ FH	
Нижнее резьбовое соединение	Муфта NC-50 (4 ½ IF)	Муфта 5 ½ IF	

Технические условия эксплуатации

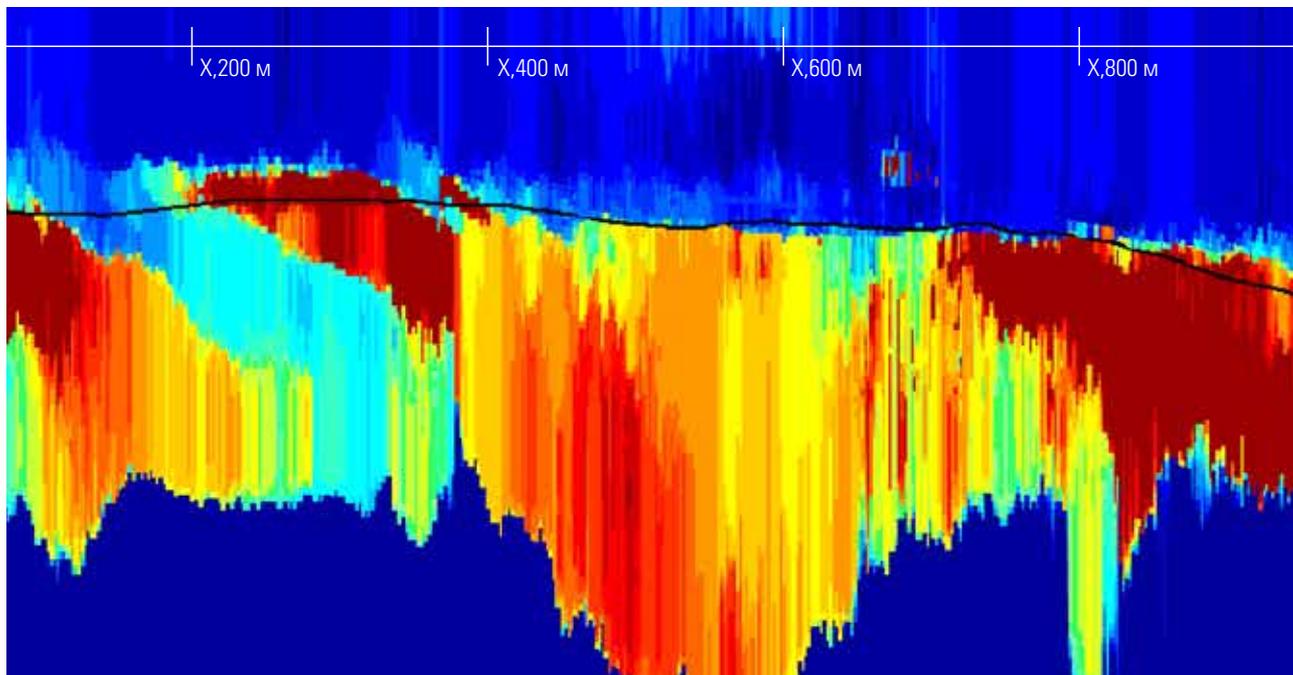
Тип бурового раствора	PВО, PУО, PСО ^{§§}	PВО, PУО, PСО	
Максимальная рабочая температура	150°C	150°C	
Максимальная интенсивность искревления модулей	В режиме вращения	8°/30 м	7°/30 м
	В режиме слайдирования	16°/30 м	14°/30 м
Максимальный расход бурового раствора	800 галлонов/мин (3028 л/мин)	1200 галлонов/мин (4542 л/мин)	
Максимальное рабочее давление	25000 psi (172 МПа)	25000 psi (172 МПа)	
Максимальный уровень вибрационного и ударного воздействия	30 мин непрерывно при нагрузке 3 уровня	30 мин непрерывно при нагрузке 3 уровня	
Пределы скорости вращения КНБК	20–300 об/мин	20–300 об/мин	

[†] Применение технологии GeoSphere требует одновременного использования одного из приборов, измеряющих УЭС — EcoScore*, PeriScore* или arcVISION*.

[‡] Расстояние измеряется между серединой генераторной катушки и серединой второй приемной катушки.

[§] Модуль с генераторной катушкой должен быть расположен на расстоянии не менее 10,7 м от прибора proVISION*.

^{§§} Буровой раствор на водной основе, на углеводородной основе, на синтетической основе.



Технология сверхглубокого картирования разреза при бурении GeoSphere с радиусом исследования более 30 м от ствола скважины позволяет уточнить план разработки месторождения и обеспечить рост добычи.

*Торговая марка Schlumberger

^{††} Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (JOGMEC), в прошлом Japan National Oil Corporation (JNOC) и Schlumberger совместно разработали технологию ГИС при бурении, которая снижает необходимость применения традиционных химических источников ионизирующего излучения. Созданная на основе применения импульсного нейтронного генератора (ИНГ) технология EcoScore является результатом этого сотрудничества. ИНГ и расширенный комплекс измерений в едином приборе являются ключевыми составляющими уникальной технологии EcoScore.

Наименования других компаний, продуктов и услуг являются собственностью их владельцев.

Copyright © 2014 Schlumberger. Все права защищены. 15-DR-0105.

slb.com/GeoSphere

Schlumberger