

Опыт выполнения сейсморазведочных работ ОАО «Калининградгеофизика» в густонаселённых районах с развитой сельскохозяйственной деятельностью с применением бескабельного регистрирующего оборудования и одиночных геофонов

■ Карпухин И.В., ОАО «Калининграднефтегеофизика», г. Калининград

В этой статье мы хотели бы поделиться приобретённым опытом проведения сейсморазведочных работ 3Д в густонаселённых районах с развитой сельскохозяйственной деятельностью.

Работы проводились в Республике Сербия по договору между нефтедобывающей компанией NISj.s.c. Новый Сад, Сербия и ОАО «Калининградгеофизика», г. Калининград, на двух исследуемых участках общей площадью 1500 квадратных километров, параллельно, двумя сейсмическими партиями.

Цель работ - получение высококачественных сейсмических данных для уточнения геологической модели действующих месторождений, выявления новых ловушек углеводородов структурного и неструктурного типов.

В техническом задании и договоре на проведение работ были определены объёмы работ (1500 кв.км, около 200 000 пунктов физических наблюдений). Планируемый срок выполнения работ – 8 месяцев.

Для того чтобы оценить сложность планируемых работ, приведу краткое описание районов исследования.

Площади работ расположены в сельскохозяйственных районах с развитой инфраструктурой: города, крупные и малые населённые пункты, сады, виноградники, огороды. Между населёнными пунктами - посевные поля с дорогами культурами (картофель, паприка, чеснок, сахарная репа, табак). На полях проложе-

на система мелиорации и полива с использованием как наземных, так и подземных труб. Остальная территория засеяна пшеницей, кукурузой, подсолнечником. Сельскохозяйственные работы проводятся круглый год. В течение всей зимы, за исключением коротких периодов (снег, заморозки), поля обрабатываются и перепахиваются. Весной повышенная активность – посевная. Летом и осенью - уборка урожая. Необрабатываемых земель практически нет.

В связи с работой сельхозтехники в период сельхозработ установка сейсмического оборудования затруднена, а в некоторых районах просто невозможна. Сложен район работ и для прохождения вибраторов, которым необходимо маневрировать, объезжая запретные зоны, каналы, реки, сады, огороды и т.д.

В городах и населённых пунктах запрещено работать ночью, а дневные работы должны проводиться с одним вибратором со значительно уменьшенной мощностью и, соответственно, увеличенным количеством воздействий, что негативно сказывается на производительности.

Также на производительность оказывают влияние и погодные условия: дожди, снег, намокание грунта. Вибраторы прорезают глубокие колеи и в связи с этим хозяева земель запрещают прохождение вибраторов по своим землям. В сезон больших дождей поля вообще непроходимы для колёсной техники, а сильный ветер повышает уровень микросейсм до недопустимого уровня.

На исследуемых территориях находятся несколько заповедников, где запрещено отрабатывать пункты возбуждения (ПВ), а также устанавливать приёмное оборудование (ПП). Имеется ряд заповедных территорий, где разрешена только установка геофизического оборудования, а виброработы также под запретом. На исследуемых площадях имеются озёра, используемые для разведения рыбы, густая сеть мелиоративных канав, реки, болота, крупные нефтесборные пункты с расположенными вокруг них большим количеством действующих нефтяных скважин, соединённых подземными трубопроводами. Помимо вышеперечисленного, имеется множество других факторов, оказывающих негативное влияние на производительность работ.

Учитывая всё вышеизложенное, ОАО «КГФ» встала перед сложной дилемой – либо взяться за выполнение работ с учетом всей их сложности, либо отказаться от них.

Выполнение работ в оговоренные договорными обязательствами сроки подразумевало обеспечение производительности не менее 800 физических наблюдений в сутки, т.е. по 400 ф.н. на каждую сеймопартию. Такую производительность надо было обеспечивать ежедневно в течение 8 месяцев несмотря на незапланированные остановки в работе, связанные с неблагоприятными погодными условиями, сельхозработами, всевозможными запретами и т.д.

Проведя детальную рекогносцировку местности, собрав всю необходимую информацию о предстоящих сложностях, которые ожидалась при выполнении работ, было принято решение о проведении основательной подготовительной

работы и использовании для съёмки бескабельного геофизического оборудования и одиночных геофонов.

Что касается подготовительной работы, то были:

- проведены презентации планируемых геофизических исследований во всех муниципальных образованиях районов, где должны были проводиться работы, с присутствием представителей власти, хозяев земель и средств массовой информации (телевидение, печать);
- заключены 4885 договоров с землепользователями (это около 69 тысяч кадастровых участков) на разрешение прохода сейсмической техники по их землям с обязательством оплатить нанесённый ущерб, если таковой случится.

Во время и по окончании полевых работ на отработанных участках:

- было составлено 5500 протоколов об ущербе;
- было отремонтировано 257 погонных километров дорог;
- для приведения земель в первоначальное состояние была проведена рекультивация значительной площади сельхозучастков, пострадавших после прохождения вибраторов.

Работы в районах с развитой сельскохозяйственной деятельностью предполагают крупные суммы выплат за ущерб, причинённый обрабатываемым землям. Для уменьшения величины ущерба сельхозугодиям было принято решение: движение автотехники с сейсмическим оборудованием только по дорогам, а установка оборудования только вручную.

Поскольку на исследуемых территориях расположено много крупных и малых населённых пунктов, то важным аспектом работ в городах являлось обеспечение защиты объектов от деструктивного воздействия вибраторов. Чётких реко-

мендаций, на каких расстояниях от сооружений и с какими параметрами вибрации могут проводиться работы виброисточников, не существует. Поэтому виброработы велись на основании опыта предшествующих работ в Сербии, опытных работ и замеров, которые проводились ежедневно в опасных районах, т.е. городах и населённых пунктах.

Основным параметром степени воздействия вибрации на здания и сооружения является скорость смещения почвы. Все здания, согласно проекту, можно было разделить на три категории по степени устойчивости к сейсмическому воздействию. Мы выбрали третью категорию, как наименее устойчивую. Для данной категории зданий безопасной скоростью смещения почвы является величина 10 мм/с (опыт предыдущих работ в Сербии). Скорость смещения почвы ≤ 5 мм/с является двойной страховкой по безопасному расстоянию до объектов. На этой величине и основывалась работа вибраторов в населённых пунктах: выбирались безопасные расстояния и параметры вибрирования источников.

В связи с изменчивостью волнового поля, на каждом отработанном пикете вблизи зданий для гарантии безопасности перед отработкой пункта возбуждения делались замеры скорости смещения

грунта (PPV) и принималось решение по месту, с какими параметрами отрабатывать пикет (рис.1).

Тем самым обеспечивалась безопасность для зданий и выдерживалась проектная кратность. Применяя такую технологию, удавалось отрабатывать пикеты даже на расстоянии до 7 метров от зданий.

Однако и этого оказалось недостаточно. Чтобы исключить необоснованные претензии по ущербу зданиям и сооружениям, перед виброработами производилась съёмка первоначального состояния объектов. А именно: здания фотографировались как с наружи, так и изнутри, составлялись протоколы первоначального состояния зданий с подписью владельца. Всего было составлено 12874 протокола, сделано 175800 снимков объектов. Это помогло избежать дополнительных затрат по ущербу.

Как сказано выше, в проекте использовалось бескабельное оборудование. Была выбрана регистрирующая система Geospace GSX. Почему именно бескабельное оборудование? Объясним этот наш выбор характерными особенностями работы бескабельного оборудования, связав с вышеописанными поверхностными условиями участка исследований.

В соответствии с концепцией о работе полевого бескабельного оборудования,



▲ Рис. 1.



▲ Рис. 2.

все установленные в поле блоки работают автономно. Блоки одинаково программируются на определенное время регистрации и на определенное время тестирования (рис.2). 8 гигабайт памяти и зарядка аккумулятора обеспечивают автономную работу полевого блока GSX: до 30 дней.

Благодаря встроенному GPS приемнику все процедуры в блоках GSX синхронизируются по спутниковому времени с точностью до микросекунд. Блок GSX сохраняет в памяти свое местоположение.

Каждые шесть часов регистрация прерывается и все блоки GSX самотестируются при помощи встроенных тестовых генераторов.

Перед началом возбуждения упругих колебаний информация о работоспособности полевых блоков GSX попадает на сейсмостанцию, а геофизик-оператор, соединив информацию из SPS файлов и из полевых контроллеров Line viewer, с помощью которых тестируются полевые блоки, видит проектную карту ПП и ПВ, положения и статус приемных каналов. Только тогда начинается работа вибраторов.

На исследуемых площадях в каждой сеймопартии тестированием и настройкой полевых блоков занимались от 12 до 14 техников-наладчиков, что полностью обеспечивало контроль сейсмической расстановки перед началом работы. В процессе работы сейсмических вибраторов тестирование приемной расстановки не прекращалось, техники контролировали работу блоков, уровень шумов, зарядку батарей.

Конечно, бескабельная система первоначально вызывала сомнение у заказчиков. Не пострадает ли качество сейсмической информации, т.к. получаемый материал нельзя видеть и, соответствен-

но, контролировать в реальном времени. Правильная организация работ с бескабельным оборудованием и его надёжность позволили рассеять все сомнения и получить положительный результат, а именно:

- время выполнения работ сокращено на 25% относительно планового задания (работы выполнены за 6 месяцев);
- значительно сокращен ущерб землям сельхозназначения;
- соответственно снижены затраты на проведение работ.

Но самый главный итог работ: все полевые материалы приняты Заказчиком с хорошей и отличной оценкой качества. Из всего объёма полевого материала, переданного Заказчику, были забракованы единичные сейсмограммы, а максимальная производительность работ достигала 1000-1200 физических наблюдений в сутки.

По нашим оценкам преимущества бескабельного оборудования и одиночного геофона заключаются в следующем:

- отсутствие соединительных кабелей между сейсмическими каналами значительно упрощает установку полевого оборудования в сложных условиях пересеченной местности: лесах, городах и т.д;
- нет необходимости прокладывать километровые обходы кабелем для соединения линий приёма с одной и другой стороны крупного препятствия, например, озера, реки;
- одиночные геофоны можно закапывать при установке полностью с соединительным кабелем. Отсутствие кабелей на поверхности земли как соединяющих сейсмические каналы, так и кабелей, соединяющих геофоны в приемной группе, значительно упрощает работы в районах с сильно развитой сельскохозяй-

йственной деятельностью. Гораздо проще договариваться с землепользователями, когда на их землях вместо многих километров сейсмических кабелей стоят одиночные приборы, которые не мешают сельхозработам и их можно просто объехать;

- нет необходимости в дополнительном оборудовании при прокладке кабелей через дороги, скоростные магистрали. Упрощается складкаоборудования в городах, где надо получить разрешение у каждого хозяина на установку приборов в его дворе. Для данного вида оборудования в принципе не существует препятствий.

- компактные размеры и вес одного сейсмического канала позволяют уменьшить количество рабочих и автотехники, используемых при установке и подъеме полевого оборудования. В один внедорожник-пикап вмещается до 150 каналов. В сейсмопартиях на подъёме и раскладке оборудования работали 8-10 бригад по три человека (водитель и два рабочих) и обеспечивали переброску полевого оборудования на новые участки для отработки от 500 до 1000 пунктов возбуждения в сутки. И это несмотря на 100%-ую ручную раскладку оборудования;

- работа сейсмических вибраторов может вестись непрерывно, за исключением коротких промежутков времени для самотестирования полевых блоков GSX;

- вероятность отказа установленного блока GSX с одиночным геофоном Gs-One, который полностью закапывается вместе с соединительным проводом, минимальна. Оборудование надёжное и мобильное.

Много споров и сомнений вызвало использование при проведении работ

одиночного геофона GS-One. Чтобы доказать правомерность его применения, по заказу отдела оперативного сопровождения сейсморазведочных работ ООО "Газпромнефть НТЦ" нами были проведены опытные работы по сравнению результатов регистрации сейсмического волнового поля группой из двенадцати геофонов SG-10 (Sercel) и одиночным геофоном GS-One (Geospace).

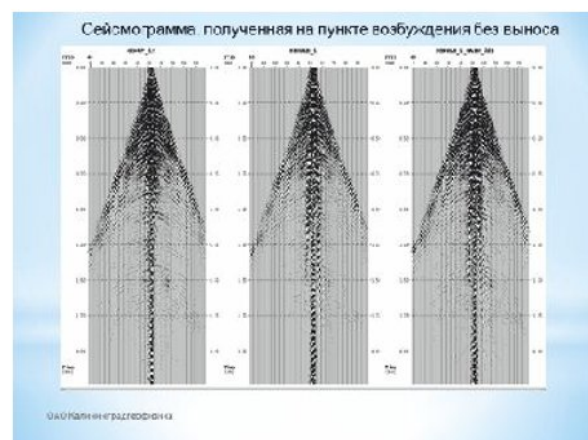
Программа опытных работ включала в себя следующие этапы:

- параллельная размотка двух сейсмических 2D профилей, состоящих из 100 ПП с шагом 40 м между ПП. На одной линии приема были установлены одиночные геофоны (GS-One Geospace), на другой - линейные группы из 12 геофонов (SG-10 Sercel);

- одновременная отработка 2D профилей с использованием стандартных параметров возбуждения;

- дополнительная отработка трёх точек, вынесенных перпендикулярно 2D профилям на расстояние 450м, 650м, 850 м;

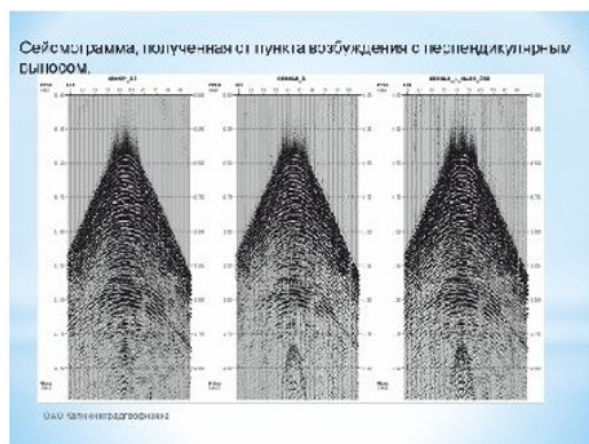
- сравнительный анализ зарегистрированного волнового поля на линиях приёма (ЛП) с разными типами геофонов на уровне сейсмограмм, а затем на уровне временных разрезов при одинаковом графе обработки.



▲ Рис. 3.

При визуальном сравнении можно отметить эффект подавления поверхностной волны на сейсмограмме с группой из 12 геофонов, когда фронт волны распространяется вдоль 2D профиля (рис.3, слева направо: одиночный геофон, группа из 12 геофонов, одиночный геофон с увеличенным усилением на 3дБ).

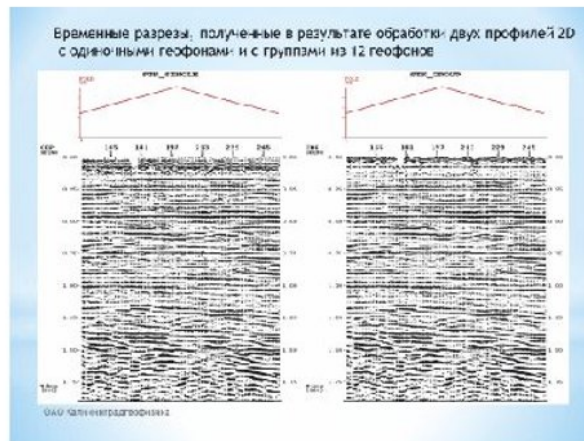
Иная картина на сейсмограммах, полученных с большим перпендикулярным выносом ПВ, когда фронт волны приходит перпендикулярно линейной приемной группе. При визуальном сравнении видно, что волновая картина на сейсмограммах совершенно одинакова, но амплитуда сигнала немного меньше на сейсмограмме с одиночными геофонами.



▲ Рис. 4.

При усилении сейсмограммы, полученной с одиночными геофонами GS-One, на 3 дБ энергия годографов отраженных волн выходит на один уровень с сейсмограммой, полученной с группами из 12 геофонов SG-10 (Рис 4 - слева направо: одиночный геофон, группа из 12 геофонов, одиночный геофон с увеличенным усилением на 3db).

Для получения временных разрезов в сейсмограммы была введена кинематическая поправка, априорная статическая



▲ Рис. 5.

поправка, АРУ, мьютинг. Граф обработки был одинаковым, предварительное усиление сейсмограмм не применялось.

При визуальном анализе результатов можно отметить более высокое разрешение в верхней части для временного разреза, полученного с использованием одиночных геофонов (рис.5, левый рисунок). В остальном отличия отсутствуют.

Результаты опытных работ в формате SGD были переданы заказчику для рассмотрения и анализа.

Конечные результаты (временные разрезы) при работе с одиночными геофонами GS-One соизмеримы с результатами при работе с группой из 12 геофонов.

Более высокое разрешение верхней части временного разреза положительным образом сказывается на процедурах коррекции статики в полном графе обработки.

Максимально возможная точность позиционирования одиночных геофонов в совокупности с отсутствием изменений поверхностных условий на базе одного сейсмического приемного канала позволяет избежать проблем статических коррекций, характерных для сейсмического канала, установленного на длинной

базе, где поверхностные условия изменчивы на каждом геофоне в группе (например, когда группа геофонов установлена на пашне).

Линейное группирование сейсмоприёмников при работах 3Д МОГТ не даёт существенного преимущества в борьбе с поверхностными волнами, поскольку невелик процент азимутов, ориентированных строго по линии приёма. Эффект подавления поверхностной волны при распространении фронта вдоль приемной группы и отсутствие этого эффекта при распространении фронта перпендикулярно приемной группе, приводит к тому, что на разных линиях приема одной сейсмограммы 3Д волновая картина будет иметь различный характер, что может вносить отрицательный вклад в процедуры динамического анализа на соответствующих этапах обработки.

Следует отметить значительное преимущество одиночных геофонов, связанное с лёгкостью, компактностью и высокой производительностью при установке приборов. Это является особенно важным в период сельскохозяйственных работ, а также в местах, затруднительных для установки приборов, таких как густонаселённая местность, города, дороги, поймы рек. И что очень важно, возможность использования 100% закапывания геофонов как средства борьбы с микросейсмами.

Из опыта, полученного при проведении сейсморазведочных работ в Сербии, можно сделать следующие выводы:

1. Для производительной работы в густонаселённых районах с развитой сельскохозяйственной деятельностью съёмку предпочтительно выполнять с применением бескабельного регистрирующего оборудования.

2. Очень важно перед началом работ провести полномасштабные подготовительные работы: презентации работ, согласование работ с землепользователями.

3. Чтобы исключить незапланированные простои, необходимо своевременно выполнять договорные обязательства перед хозяевами земель, зданий и сооружений в районах проведения исследований.

4. В населённых пунктах нужно внимательно следить за исполнением выработанной опытным путём технологии виброработ. Это позволит отработать как много больше пунктов наблюдений и, в свою очередь, избежать нанесение ущерба зданиям и сооружениям.

Подробнее об авторе



Карпухин
Игорь Викторович
начальник сейсморазведочной партии ОАО "Калининградгеофизика",
руководитель сейсморазведочных работ в Сербии.