

ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

АПРЕЛЬ - ИЮНЬ

02/2004

ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ САРАТОВСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ ЕВРО-АЗИАТСКОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ТЕМА НОМЕРА:

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОФИЗИКЕ

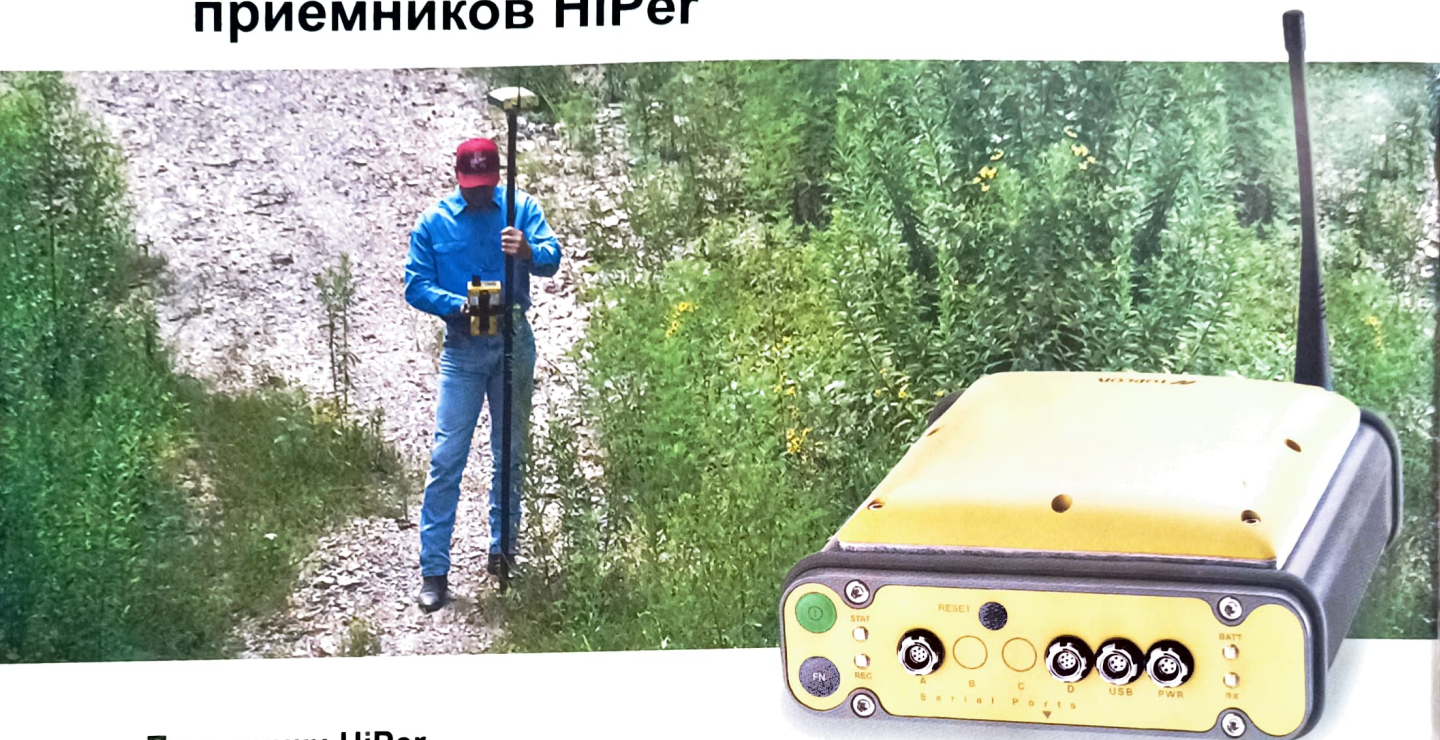
ТАКЖЕ В НОМЕРЕ:

Аппаратура ГИС
Конференция "Геотех 2004"



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР TOPCON
ПРЕДСТАВЛЯЕТ

новую серию GPS/ГЛОНАСС приемников HiPer



Приемники HiPer

делают GPS-съемку чрезвычайно простой.

Антенна, приемник, аккумуляторы, память и управление сосредоточены в прочном, защищенном, эргономичном, компактном и легком корпусе.

Особенности:

- Архитектура процессора Paradigm позволяет осуществлять прием спутниковых сигналов по 40 универсальным каналам
- Технологии Advanced Multipath Reduction и Co-Op Tracking позволяют получить лучшие результаты при низких уровнях сигнала
- Модели с маркировкой "+" имеют встроенный модуль BlueTooth™
- Беспроводной комплект для статической, кинематической и RTK/DGPS съемок



125993, Россия, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, дом 4, тел.: +7 (095) 785-57-37 (многоканальный),
+7 (095) 158-69-66/67/68/69, факс: +7 (095) 158-69-65; survey@prin.ru, www.prin.ru

Наши партнеры:

Москва (095) 459-14-10, geo-mir@prin.ru; Санкт-Петербург (Оптика) (812) 430-97-56, geo-spb@prin.ru; Санкт-Петербург (GPS)
(812) 449-01-54, spb@prin.ru; Нижневартонск (3466) 613-006, nvartovsk@prin.ru; Казань (8432) 643-092, kazan@prin.ru,
Новосибирск (3832) 779-537, nsibirsk@prin.ru; Иркутск (3952) 511-229, irkutsk@prin.ru; Пермь (3422) 198-322, perm@prin.ru

■ Колонка редактора

Технологии - это всегда актуально
Турлов П.А.

04

● Тема номера: *Инновационные технологии*

■ Геофизические технологии

- Скважинно-наземная технология оценки коллекторских свойств резервуаров нефти и газа различного литологического состава на основе многоволновой сейсморазведки (МВС)
Кузнецов В.М., Шехтман Г.А. 05
- Гармонические и нелинейные компоненты сейсмических вибрационных волновых полей в пористых, трещиноватых, проницаемых, флюидонасыщенных средах
Жуков А.П., Логинов К.И., Шнеерсон М.Б., Шулакова В.Е. 11
- Высокоразрешающая сморазведка - инновационная технология поисков месторождений нефти и газа
Баранский Н.Л., Иноземцев А.Н., Колесов С.В., Потапов О.А. 14
- Высокопроизводительная технология получения глубинно-скоростной модели среды на основе послойной миграции до суммирования
Попов В.В., Ларин Г.В., Кузин А.М. 20
- Технология пассивной сейсморазведки при оценке состояния бассейнов, глубинных разломов и их эволюции
Беклемишев А.Б., Потапов О.А., Ларин Г.В., Буданов В.Г. 24
- Технология сейсмотомографических исследований грунтов в околотоннельном пространстве
Канарейкин Б.А., Сагайдачная О.М., Курбатский В.Н., Дунаева К.А. 36
- Аэрогравиметрия - новый метод изучения труднодоступных территорий, перспективных на углеводородное сырье
Могилевский В.Е., Контарович Р.С. 40

■ Приборы и системы

- Техника и технология многоуровневых сейсмических исследований на севере Западной Сибири
Бевзенко Ю.П., Долгих Ю.Н. 31

■ Экономика приборостроения

- Проектные технологии в управлении инновациями
Слонов Д.Н. 47

■ Аппаратура ГИС

- Аппаратура для исследования высокотемпературных скважин
Скопинцев С.П. 44

■ Новости

- Всероссийское совещание по проблемам сертификации геофизического оборудования
Шпуров И.В., Козак Б.М., Леонов М.Г., Ознобихин Ю.В., ФГУП "ЗапСибНИИГГ", Тюмень. 49

СОДЕРЖАНИЕ

Главный редактор:
Турлов П.А.

Научный редактор
Потапов О.А.

Выпускающий редактор:
Пимилтеин И.Г.

Менеджер проекта:
Мокроусова Е.И.

Ответственный секретарь:
Слонова Е.Г.

Дизайн, верстка:
Мокроусов Д.В.

Адрес редакции:
Россия, 410019, г. Саратов,
ул. Крайняя 129

E-mail: skbsp@san.ru

Тел. (8-452) 64-14-32
Факс (8-452) 64-14-52

Тираж отпечатан
в типографии "КРОСС"
т. (8452) 223-552, 223-881

Тираж: 500 экз

Издание зарегистрировано в
Министерстве РФ по делам печати,
телерадиовещания и средств
массовых коммуникаций за номером
ПИ №77-7906 от 27 апреля 2001г.

От редколлегии
Ответственность за подбор и изло-
жение фактов в статьях несут
авторы. Редколлегия может
публиковать статьи, не разделяя
точки зрения авторов.



Технологии - это всегда актуально!

Турлов П.А., СО ЕАГО, г. Саратов

КОЛОНКА РЕДАКТОРА

Журнал наш постепенно обретает своих читателей, внимательно следящих за выходом очередного выпуска, реагирующих письмами, телефонными звонками и даже действиями: как нам стало известно, один из заказчиков геофизического оборудования на вопрос: "как узнали об этом издании?", - ответил вполне конкретно: "из рекламы в журнале". Приятно и то, что каждый месяц появляются новые подписчики. Напоминаем в связи с этим, что в нашей редакции можно оформить подписку с любого номера, а также получить комплект всех уже вышедших в свет номеров (кроме самого первого - 2002 года, тираж которого полностью разошелся). Звоните и подписывайтесь, менеджер проекта Екатерина Ивановна Мокроусова всегда на месте!

Не менее приятен и тот факт, что журнал аккумулирует и формирует коллективы авторов, разделяющих представление редакции о журнале как добротной трибуне для представления широкой общественности инноваций и результатов их внедрения в геофизическое производство. Некоторые из авторов получают место на трибуне во второй, и даже в третий раз.

Трудности с размещением материалов у редакции возникают, как правило, из-за превышения авторами разумных для журнальной статьи объемов представляемых материалов! Приходится как-то уместить их в прокрустово ложе журнальных полос. Надо иметь в виду, что мы, как и подавляющее большинство наших авторов, - люди азартные! Но должны же быть какие-то разумные пределы! Как быть, если вместо 3-х разрешенных иллюстраций, маститый автор дает 12, и все, вроде бы, по делу?

Поэтому обращаемся к потенциальным авторам с настоятельной просьбой придерживаться при направлении материалов тех требований, которые мы честно помещаем в каждом номере.

И тем не менее, пишите! Пишите обо всем новом, интересном, необычном, эксклюзивном, в общем, о том, что может быть с интересом воспринято нашими читателями. Редакция всегда рада Вашим материалам, всегда рада встрече с Вами на страницах журнала! И пусть не обижаются те авторы, материалы которых не попали в очередной номер - все еще впереди!

Да, много оказалось статей, которые должны были бы с легкой руки научного редактора этого номера профессора О.А.Потапова попасть в очередной, июньский номер с темой "Инновационные технологии в геофизике". Так много, что мы решились на то, чтобы этой теме посвятить еще и декабрьский номер журнала. Все статьи интересны, снабжены красочными иллюстрациями (хотя и не всегда качественными!), поэтому ни от одного материала отказываться не будем. Опубликуем все!

Итак, планируется, вслед за июньским номером с темой "Инновационные технологии в геофизике", дать в сентябре плановую тему "Технологии вибросейсморазведки", а декабрьский номер опять отдать инновациям.

Пользуйтесь трибуной нашего молодого журнала, готовьте рекламу новых изделий и технологий, материалы о нашем опыте, трудностях, проблемах и о находках.

Редакция и читатели ждут эти материалы. Пишите!

Главный редактор журнала

П.А.Турлов

НАШИ ПАРТНЕРЫ



СКБ СЕЙСМИЧЕСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ



ОАО «Саратовнефтегеофизика»



ООО «Специальные
геофизические системы»



ЗАО «СОЕДИНИТЕЛЬ»

Paradigm
THE GEOSCIENCE KNOWLEDGE COMPANY

ООО «НЕФТЕГАЗСИСТЕМЫ»



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА
СЕЙСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ВНИГЕОФИЗИКА

Скважинно-наземная технология оценки коллекторских свойств резервуаров нефти и газа различного литологического состава на основе многоволновой сейсморазведки

Кузнецов В.М., Шехтман Г.А., ВНИИГеофизика, г. Москва

Введение

В последнее время отмечается рост требований к кругу задач, решаемых сейсморазведкой при работах на нефть и газ. Все чаще в список отчетных материалов помимо геофизической информации (временные и глубинные разрезы, структурные карты и т.п.) заказчиком включается информация о геологических параметрах целевых интервалов - литологическом составе пород, открытой пористости, проницаемости, флюидо- и газонасыщенности и др. В том случае, когда проводится регистрация только продольных волн, для решения этой задачи привлекаются корреляционные зависимости между скоростями, частотами и амплитудами этих волн и соответствующими параметрами коллектора, характерными для данного района или месторождения. Результат не всегда однозначен и часто требует достаточно смелых и волевых решений от интерпретатора. И дело не только в качестве исходных данных и "продвинутости" программного обеспечения соответствующего интерпретационного пакета. Упругие параметры среды находятся в сложной взаимосвязи с ее геологическими параметрами, и некомплектность их измерений может привести к ошибочным выводам. Как уже отмечалось в [1], для полной характеристики упругих свойств однородной среды необходимы измерения, по крайней мере, двух параметров - либо это коэффициент Пуассона и модуль Юнга, либо постоянные Ламе λ и μ , либо скорости продольных и поперечных волн. В этом случае у интерпретатора появляется больше оснований доверять своим выводам, и решение обратной задачи становится более достоверным. Конечно, можно попробовать извлечь информацию о скоростях поперечных волн, не измеряя их непосредственно, а используя зависимость коэффициентов отражения продольных волн от угла их падения на соответствующую границу (удаления ПВ-ПП). Такой подход известен как AVO анализ. Но, к сожалению, эта методика тоже имеет определенные ограничения - скорость на границе раздела не должна испытывать значительного скачка, и ее латеральные изменения также должны быть очень слабыми.

В случае с породой-коллектором среда становится гетерогенной. Как правило, согласно унаследованным факторам и современному распределению напряжений, текстура породы приобретает определенную упорядоченность и включения, нарушающие породную матрицу, имеют преимущественные направления ориентации, соосные с направлением протяженности соответствующих элементов. Таким образом, порода проявляет существенную зависимость свойств от направления - анизотропию. Это еще больше усложняет задачу геофизикам, поскольку уже недостаточно измерить только два параметра, чтобы полноценно оценить упругие свойства породы, - все уравнения усложняются. Соответственно усложняется методика измерений и способы интерпретации. Тем не

мее, это единственный путь корректной оценки параметров включений через измерения параметров волнового поля.

Конечно же, и здесь мы сталкиваемся с массой вопросов:

- как правильно спроектировать методику и точно измерить поляризацию волн;
- как управлять направленностью возбуждения, не имея специальных источников упругих колебаний;
- как разделить факторы наклона границ и анизотропии и т.д.

Проблемам проектирования систем наблюдений при работах МВС, нацеленным на решение задач изучения коллекторских свойств, была посвящена статья [2]. В данной работе мы остановимся на комплексировании измерений волн разных типов во внутренних точках среды и на дневной поверхности с целью повышения точности оценки фильтрационно-емкостных параметров пород-коллекторов.

Необходимость комплексирования для МВС скважинных и наземных данных.

Очевидно, что поля волн разных типов, измеренные во внутренних точках среды и на поверхности, необходимо согласовать и отождествить с одними и теми же геологическими объектами. Такой подход является стандартным и используется во всех современных интерпретационных пакетах. Более того, в сейсморазведке на продольных волнах ВСП часто используют только для этой цели. Другой разговор, что в последнее время это делают не так часто, как хотелось бы, из-за отсутствия данных АК и ВСП. Не всегда в распоряжении геофизиков имеются и программные продукты, позволяющие сделать это корректно по волнам разных типов. При использовании волн разных типов - продольных, поперечных, обменных - вопрос комплексирования ставится с особой остротой. Причем особенно важно сопровождать наземные работы скважинными наблюдениями при отсутствии специальных источников поперечных волн, поскольку одним из слабых мест для обменных волн является невозможность их точной привязки к соответствующим геологическим объектам. Вторым существенным недостатком комплексирования продольных и обменных волн является отсутствие возможности управлять поляризацией образующейся обменной волны. Компенсировать этот недостаток можно с помощью получения равноценных данных в равномерно распределенных по азимутам лучевых плоскостях - по специально спроектированным пространственным системам 3D.

Таким образом, мы приходим к следующему оптимальному с точки зрения корректности решения обратной задачи комплексу работ МВС:

- необходимость оптимизации приема волн разных типов и изучение поляризации регистрируемых волн в пространстве требуют, чтобы сама регистрация была трехкомпонентной с возможностью точного восстановления вектора поляризации и

ИННОВАЦИИ
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



ИННОВАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ

привязки траектории к координатам. Шаг наблюдений при этом уменьшается вследствие меньшей длины волны и радиуса корреляции S-волн, а интервал времен регистрации увеличивается для улучшения прослеживания обменных волн при больших удалениях ПВ-ПП. Очевидно, что анизотропия пород покрывающей толщи приводит к изменению фазового спектра регистрируемого импульса. Неучет изменения ориентации поляризации в пространстве может привести к серьезным ошибкам, если фазовая корреляция осуществляется только по одной, пусть даже оптимальной, компоненте.

- *необходимость определения пространственного распределения скоростей волн разных типов в зависимости от их угла подхода, положения геологических объектов и ориентации главных элементов симметрии среды предполагает использование схем наблюдений с различной ориентацией лучевых плоскостей или управление направленностью возбуждения.*

Следовательно, наибольшей эффективности результатов МВС и максимального доверия к решению на ее основе обратной задачи следует ожидать от комплексирования методов волновой акустики (получение дифференциальных параметров вблизи ствола скважины), МВС-ВСП (получение интегральных параметров упругого поля в радиусе 500-1000 м от скважины) и 3D (2D при использовании направленных источников) - 3С пространственных систем с трехкомпонентной регистрацией. Точный анализ состава волнового поля с привязкой объектов образования обменных волн по глубине и разделением поля однократных волн и волн сложного обмена и кратности можно сделать только по данным МВС-ВСП.

Конечно же, это наиболее полный комплекс, и в большинстве случаев у нас не будет возможности реализовать его в полном объеме. Тем не менее, при проектировании работ МВС следует стремиться предусмотреть хотя бы одно МВС-ВСП на площади работ.

Развитие технологии комплексной интерпретационной обработки данных ГИС и МВС

Наиболее ответственным шагом на этапе интерпретации полученных разнородных данных МВС - АК, ВСП, МОГТ, волновые поля продольных, обменных поперечных волн с различной ориентацией компонент и лучевых плоскостей - является согласование и взаимоувязка моделей параметров волн разных типов по разным методам. Это требуется для того, чтобы провести дифференциацию разреза на интервалы с изменением упругих параметров пород, и отождествить их по глубине (для измерений во внутренних точках среды) и по времени (для наземных данных). Причем осуществляется такая работа не на уровне графических образов, а по данным ГИС, волновым полям ВСП и МОГТ, привязанным к единой системе координат (глубина, время) и с учетом соответствующих статических сдвигов. Использование специального интерпретационного пакета "Сейсмастер", разрабатываемого совместно сотрудниками НПП "ГЕТЕК" и ВНИИГеофизики, позволяет, в частности, дифференцировать разрез на интервалы по совокупности данных ГИС и ВСП, и путем решения обратной кинематической задачи рассчитать скоростную модель слоисто-однородной анизотропной среды по волнам

разных типов, а также статические сдвиги, содержащиеся в записях ВСП.

Дальнейшее развитие в последние годы получил и пакет интерактивной обработки трехкомпонентных записей ВСП 3С-Interact, созданный теми же организациями.

Основное назначение новых процедур обработки, в рамках пакета 3С-Interact, состоит в расширении его функциональных возможностей на этапе обработки записей ВСП, а также при увязке результатов скважинной и наземной сейсморазведки.

На этапе обработки записей ВСП одной из основных задач является повышение относительной интенсивности волн, принимаемых в качестве полезных волн, для последующей обработки. Следует сразу отметить, что понятие "полезная волна" весьма условно. Так, при ВСП на продольных волнах обменные волны выступают в качестве помех и наоборот. Из волн падающих и восходящих, монотипных или обменных нередко возникает потребность выделить волны требуемого типа и класса, по которым на последующем этапе обработки либо вычисляют те или иные параметры модели либо формируют изображение окоскважинного пространства. Ясно, что надежное одновременное выделение определенной части волнового поля способно повысить технологичность обработки в целом и надежность решения конкретной задачи в частности. Введение кинематических поправок в записи непродольного ВСП (НВСП) или ВСП с подвижным источником колебаний (ВСП-ПИ) с последующим выведением на вертикаль позволяет обеспечить условия более эффективного выделения волн заданного типа и/или класса путем последующей многоканальной фильтрации по кажущимся скоростям, например медианной фильтрацией. Исходные волновые поля при существенно непродольных вертикальных профилях сложно разделить по кажущимся скоростям, и это хорошо известно пользователям.

Рассмотрим более детально возможности программы **TransVSP**, предназначенной для преобразования кинематических параметров волновых полей НВСП путем ввода кинематических поправок. Программа эта предназначена для преобразования сейсмограммы непродольного ВСП в сейсмограмму продольного ВСП и обратно для волн указанного класса и типа в условиях среды с неплоскими границами раздела. Программа осуществляет также спрямление и выведение на вертикаль осей синфазности волн указанного класса и типа, а также возвращение спрямленных осей синфазности в исходное положение после обработки волнового поля с выведенными на вертикаль осями синфазности. Такая ситуация типична для обработки записей ВСП. Промежуточное выведение осей синфазности волн на вертикаль позволяет сделать процедуру их усиления (или подавления) достаточно тривиальной, избегая трудоемкой и неоднозначной процедуры ручного прослеживания волн с этой же целью. Более того, трансформация волнового поля при переходе от непродольного профиля к профилю продольному позволяет устранить кинематические различия между осями синфазности волн одного и того же типа и класса (например, отраженных продольных или отраженных обменных) и осуществить двумерную фильтрацию поля более

эффективно. В результате этого повышается надежность последующей обработки, например, глубинной миграции записей НВСП.

Выведение осей синфазности отраженных волн на вертикаль можно, как известно, рассматривать в качестве самостоятельной процедуры, если выполняется глубинная (стратиграфическая) привязка отражений и стыковка данных ВСП и наземной сейморазведки непосредственно, а также путем формирования трасс однократных отражений. Такую обработку обычно проводят с записями продольного ВСП. Однако возможность ввода кинематических поправок, обеспечиваемая программой **TransVSP**, позволяет делать то же самое и с записями НВСП. В любом случае, ее использование приводит к более достоверному результату, поскольку в верхней части скважины по известным причинам профиль ВСП становится непродольным, и непродольность эту как-то приходится устранять при спрямлении осей синфазности восходящих волн.

Ввод кинематических поправок в записи НВСП без спрямления осей синфазности волн с выведением их на вертикаль может иметь самостоятельное значение в тех случаях, когда необходимо отождествить волны, прослеживаемые из разноудаленных ПВ. Приведение различных непродольных ПВ к продольному ПВ упрощает такое сопоставление. Кроме того, введение кинематических поправок в записи НВСП для спрямления отраженных обменных волн с выведением их на вертикаль позволяет уверенно стыковать эти записи с временными разрезами на обменных отраженных волнах, обеспечивая тем самым возможность стратиграфической привязки прослеживаемых на этих волнах горизонтов.

Программа **TransZT** предназначена для преобразования глубинного разреза во временной разрез или временного разреза в глубинный. Если при использовании программы миграции **MigVSP** был построен только глубинный или только временной мигрированный разрез, данная программа позволит построить разрез в требуемом масштабе (временном или глубинном) без повторного применения программы **MigVSP**. Целесообразность преобразования глубинных разрезов во временные разрезы обусловлена, прежде всего, необходимостью стыковки разрезов НВСП с временными разрезами наземной сейморазведки, с трассами однократных отражений, а также с сейсмограммами продольного ВСП после спрямления на них осей синфазности отраженных волн с выведением их на вертикаль. Преобразования осуществляют для слоисто-однородной анизотропной модели среды с плоскими и неплоскими границами раздела при эллиптической аппроксимации зависимости лучевой скорости от угла с вертикальной осью анизотропии. Имеется несколько возможностей задавать границы раздела слоев: коэффициентами кубических полиномов (полученных, например, путем решения обратной кинематической задачи) или набором точек (x, y, z) с дальнейшей аппроксимацией сейсмических границ кубическими полиномами или интерполяцией их бикубическим сплайнами.

Опыт обработки записей НВСП, полученных из разноудаленных и различно ориентированных ПВ, показывает, что в то время, как глубинные разрезы из различных ПВ стыкуются достаточно

удовлетворительно, временные разрезы могут не стыковаться вообще, если они были получены путем миграции по различным моделям для каждого из ПВ. В таких случаях вполне оправданным может быть преобразование каждого из глубинных разрезов во временной разрез при использовании единой скоростной модели, полученной, например, из ближнего ПВ. Программа **TransZT** позволяет это сделать и обеспечить тем самым надежную стыковку между собой разрезов, полученных из различных ПВ.

На первом этапе интерпретационной обработки осуществляется взаимосогласование моделей ГИС и ВСП по волнам разных типов (рис.1). Взаимосогласование и уточнение скоростной модели контролируется путем трансформации волновых полей ВСП волн разных типов и классов в соответствующие глубинные и временные разрезы и их стыковки (рис.2).

После этого осуществляется согласование временных разрезов волн разных типов, полученных по данным МВС-ВСП и наземной сейморазведки, а также сопоставление их параметров с литологией и стратиграфией (рис.3). Для районов со сложными сейсмогеологическими условиями (наличие кратнотобразующих границ для монократных и обменных волн) важным этапом является детальный анализ волнового поля и определения природы различных волн. Это позволяет исключить из интерпретации ложные границы, получаемые на временных или глубинных разрезах волн того или иного типа. В приведенном примере (рис. 4) по сейсмограмме ВСП с выведенными на вертикаль отраженными продольными волнами, коридорным суммам по однократным и кратным волнам на временном разрезе МОГТ были отождествлены ложные границы, образованные кратными волнами (синий цвет) и ранее интерпретируемые, как реальные.

После отождествления, взаимоувязки полей и согласования моделей волн разных типов по комплексу данных ГИС-МВС-ВСП и наземных многоволновых данных проводится параметризация соответствующих волн (скорости, времена, частоты, параметры анизотропии и т.д.) и рассчитываются соответствующие атрибуты - γ_v , γ_{vs} , γ_t , γ_g [3], параметры анизотропии и поляризации.

Комплексирование скважинных и наземных данных МВС позволяет выявить и экстраполировать на наземные данные определенные разведочные критерии, более отчетливо проявляемые в параметрах волн разных типов во внутренних точках среды и точно привязанных к геологическим объектам.

Подход к решению обратной задачи - оценке фильтрационно-емкостных свойств коллектора по данным МВС

Для построения физических моделей анализируемых геологических сред необходимо формально задать совокупность параметров, описывающих реальную горную породу и характеризующих ее литологические отличия и внутреннюю структуру (геологические параметры). Естественно, что такая совокупность параметров должна допускать математические решения, при которых получаются другие, физические параметры, отображающие реальные упругие свойства рассматриваемых сред и особенности распространения в них сейсмических



ИННОВАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

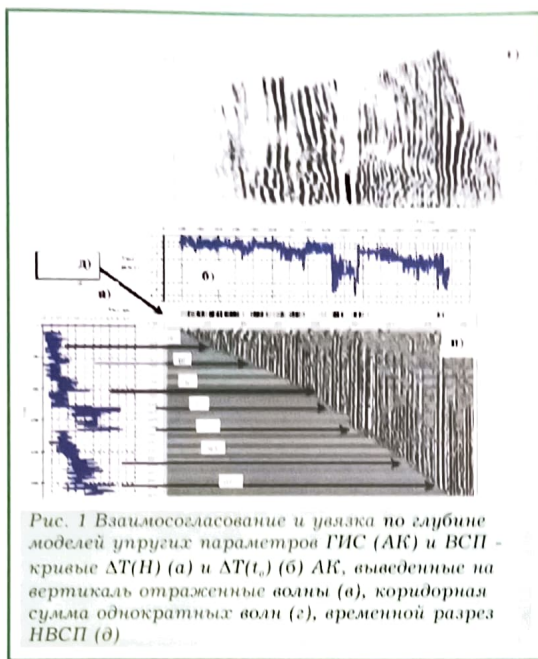


Рис. 1 Взаимосогласование и увязка по глубине моделей упругих параметров ГИС (АК) и ВСП - кривые $\Delta T(H)$ (а) и $\Delta T(t_e)$ (б) АК, выведенные на вертикаль отраженных волн (в), коридорная сумма однократных волн (г), временной разрез НВСП (д)

волн разных типов. В соответствии с этим необходимо описать литологию горной породы и ее внутреннюю структуру. Параметрами, характеризующими литологию рассматриваемых пород, являются свойства пород при нулевой пористости и трещиноватости. Внутренняя структура изучаемых горных пород формируется, как известно, разнообразными включениями - порами, кавернами, трещинами, которые различаются по форме, размерам и количеству в единице объема. При описании внутренней структуры различных геологических объектов следует учитывать преимущественную ориентацию различных систем включений (очевидно, что для пор, в силу хаотичности их распределения в породе, это не актуально) или характер распределения направлений их ориентации. Здесь следует учитывать как условия осадконакопления, так и постседиментационные факторы - характер изменения распределения напряжений в объекте исследований по мере его развития, а также современные тектонические напряжения. Существует несколько подходов такого описания.

Наиболее широкое распространение при

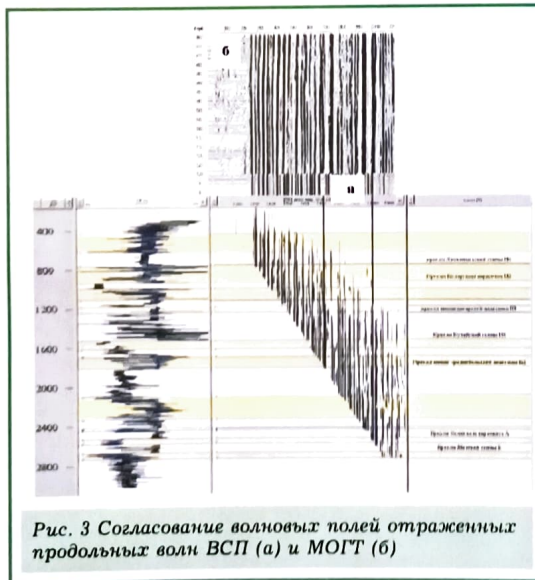


Рис. 3 Согласование волновых полей отраженных продольных волн ВСП (а) и МОГТ (б)

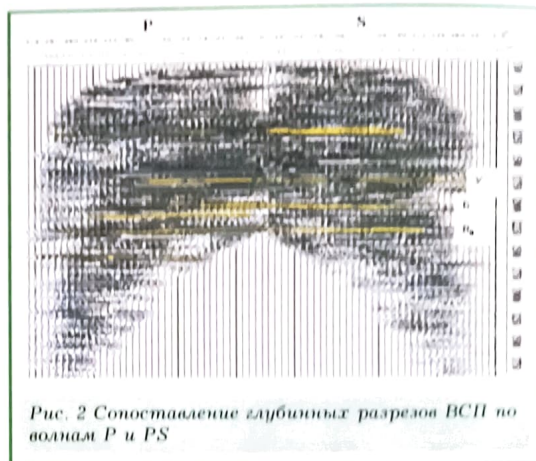


Рис. 2 Сопоставление глубинных разрезов ВСП по волнам Р и PS

решении подобного рода задач получила модель Эшелби [4]. Основными преимуществами такой модели является то, что в ней поры и трещины могут иметь различную форму и ориентацию. Минеральная матрица допускает анизотропию упругих свойства. Заполнение неоднородностей может быть твердым, жидким или газообразным. К недостаткам можно отнести следующие: плотность пор и трещин должна быть невелика, предполагается, что поры и трещины изолированы. Поэтому область применения данной модели весьма ограничена.

К настоящему времени разработан уже достаточно широкий круг моделей, различными способами описывающих геометрию порово-трещинного пространства и ее влияние на упругие характеристики и компенсирующих недостатки модели Эшелби. Каждая из них имеет свои преимущества и недостатки. Поэтому при оптимизации решения обратной задачи особую роль играет оценка границ применимости того или иного подхода для конкретного типа коллектора. Для этой цели мы используем специальную программу, позволяющую провести такие оценки на основе решения прямой задачи - расчета упругих и фильтрационно-емкостных параметров коллектора при использовании различных моделей описания включений, их взаимодействия, заполнения, свойств породной матрицы и т.п. На основе анализа полученных данных, сравнения их с априорными данными и корреляционными зависимостями для данного типа коллектора принимается решение об использовании соответствующих характеристик и моделей для решения обратной задачи.

Решение обратной задачи оценки геологических характеристик коллектора по данным

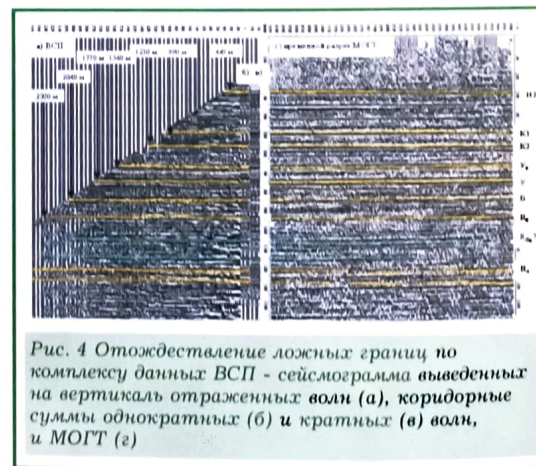


Рис. 4 Отождествление ложных границ по комплексу данных ВСП - сейсмограмма выведенных на вертикаль отраженных волн (а), коридорная сумма однократных (б) и кратных (в) волн, и МОГТ (г)

МВС проводится по следующей схеме, предложенной в [5]. По измеренным характеристикам упругого поля и априорным геологическим данным строится математическая модель среды $S=F(X)$, имеющая набор факторов $X=\{X_j\}$, где F - оператор решения прямой задачи. На параметры X накладываются ограничения вида:

$$X_j \leq X_j \leq X_j^*, \quad j=1, N$$

Обратная задача в этом случае сводится к определению X^* из допустимой области при известном S^* , по заданному критерию. В качестве критерия оценки параметров X выступает функция $J(X)=N[S^*-F(X)]$ определенного вида.

Результаты изучения структуры порово-трещинного пространства по керну позволяют сделать вывод о наличии анизотропии свойств коллектора - его проницаемости, а наличие разноориентированных систем включений - о типе симметрии данной среды. Данные МВС-ВСП, полученные для волн разных типов в различных направлениях (скорости и поляризация на вертикальном и разноориентированных в пространстве наклонных лучах), позволяют оценить ориентацию элементов симметрии геологической породы (упорядоченных систем включений той или иной степени раскрытости и ориентации) и характер вариаций анизотропии для различных интервалов исследуемого комплекса пород. Таким образом, по результатам измерения параметров волн разных типов (времени пробега и поляризации в зависимости от направления) дается прогноз по составу включений (доли включений с той или иной степенью раскрытости), их преимущественной ориентации, трещинной, поровой пористости, открытой пористости, проницаемости, флюидонасыщенности и т.п. Полученные по данным МВС-ВСП решения экстраполируются на соответствующие наземные данные МВС, и осуществляется прогноз ФЕС для разреза на области прослеживания коллектора, где данные ВСП отсутствуют.

Приведем пример подобного решения для одной из скважин, пробуренных в Юрубчено-Тохомской зоне (Восточная Сибирь) [6]. Работы МВС-ВСП были проведены по специальной методике, предполагающей измерения характеристик волн разных типов в различных направлениях. Кроме работ ВСП в целевом интервале проводился отбор керна с выходом $\approx 80\%$, стандартный комплекс ГИС, пластовая наклонметрия (индукционным и контактным способом), что впоследствии позволило сравнить данные оценки трещиноватых интервалов разными геофизическими методами.

Полученные экспериментальные данные ВСП позволили выделить в разрезе доломитизированных известняков рифейского возраста трещиноватые интервалы (рис.5). Азимутальная зависимость поляризации поперечной волны, отраженной от подошвы трещиноватого объекта (кривая интервала - R_{θ}), говорит о наличии субвертикальной трещиноватости. Анализ поляризации проходящих и отраженных S-волн позволил выделить два интервала с различными направлениями ориентации преимущественной системы трещин по азимуту. Поляризация S-волны для разных ПВ показала, что преимущественная ориентация плоскостей трещин для верхнего трещиноватого интервала ориенти-

рована в направлении, близком к азимуту ПВ5, для нижнего - отличается на 40° на восток. Аномальность поляризации может быть вызвана наклоном отражающих границ, но предварительно сделанная миграция данных ВСП и результаты наклонометрии свидетельствуют о субгоризонтальности слоев. Если бы отсутствовала трещиноватость, обменная отраженная волна была бы поляризована в направлении ПВ для каждого источника упругих колебаний (на соответствующей X компоненте волнового поля). Характер поляризации проходящей S-волны с ПВ1 позволяет выделить два интервала с различными характеристиками анизотропии, а значит, трещиноватости.

Последующая обработка включала поляризационный и скоростной анализ, компенсацию анизотропии в покрывающей толще и оценку параметров анизотропии в целевых объектах. Она позволила количественно оценить преимущественную ориентацию систем трещин для разных интервалов.

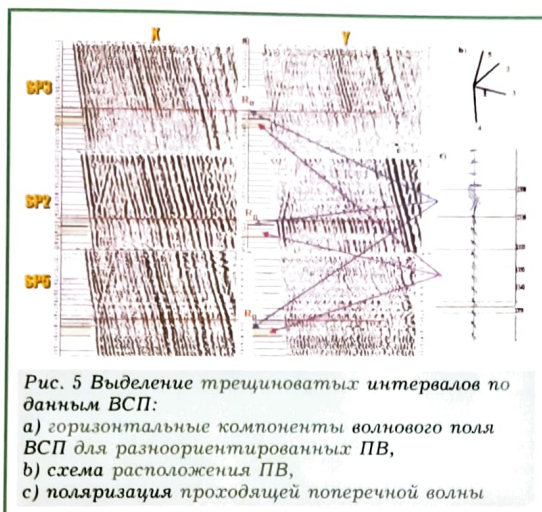
Используя линейно поляризованные до целевого интервала проходящие волны SV и SH с ПВ2 (рис.6а) с учетом задержки по времени между ними, вначале определили ориентацию трещиноватости для интервала 2300-2315 м (рис.3 б,с). После компенсации анизотропии в данном интервале затем определили ориентацию трещин для интервала 2325-2350 м. По степени разбега быстрой и медленной волны (ΔT) оказалось возможным судить о степени трещиноватости для каждого интервала.

Результаты решения обратной геологической задачи по данным ВСП (оценка открытой пористости и преимущественной ориентации включений) сопоставлялись по аналогичным параметрам, полученным другими геофизическими методами (рис.7). Видно, что по возможности и надежности выделения интервалов с ориентированной трещиноватостью мощностью от 5 метров МВС-ВСП не уступает методам ГИС. Интегральные параметры включений, получаемые по данным ВСП, характеризуют породы в радиусе 300-400 метров от ствола скважины. Результаты решения обратной задачи по данным ВСП позволили оценить объемную плотность включений и открытую пористость, которая совпала со значениями открытой пористости, полученными по данным ГИС. По сравнению со стандартными методами ГИС данные ВСП позволили оценить преимущественную ориентацию включений. Поскольку данные ВСП надежно сопоставляются по масштабу глубин с параметрами ГИС, а по масштабу времени с данными наземной сейсморазведки, при решении задачи оценки коллекторских свойств пород ВСП может служить связующим звеном в технологии ГИС - ВСП - наземная сейсморазведка.

Основной сложностью, ограничивающей точность решения обратной задачи по данным ВСП, является отсутствие универсальной модели механизма распространения волн в упругой среде, учитывающей разнообразие форм включений, их взаимодействие и физические свойства материала заполнения. Другой проблемой является, как правило, отсутствие достоверной априорной информации о геометрии включений. Значительным препятствием для широкого практического применения данной технологии является сложность управления поляризацией волн в источнике. Другими



ИННОВАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ.



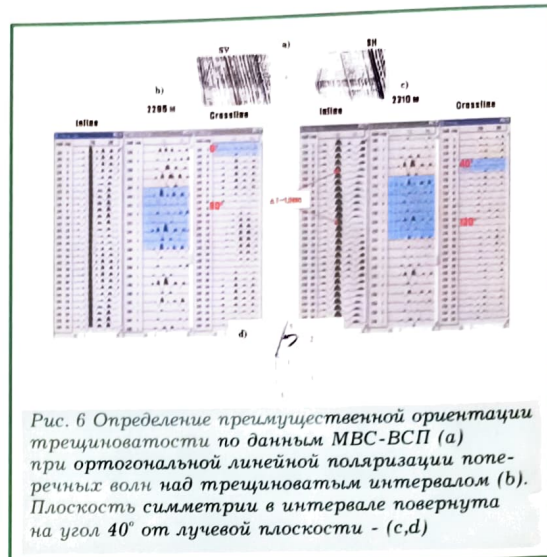
словами, разработка и промышленное производство специальных источников упругих колебаний, позволяющих управлять направленностью возбуждения, является одним из самых актуальных направлений развития технических средств решения задач МВС.



Выводы

1. Привлечение МВС позволяет решать более широкий круг геологических задач и снизить риск ошибок в разведке сложных резервуаров нефти и газа. При этом комплексирование скважинных и наземных данных МВС позволяет создать новую геолого-геофизическую модель и на этой основе более корректно и эффективно планировать поисковое, разведочное и эксплуатационное бурение.

2. Важнейшим этапом интерпретации данных



МВС является взаимная увязка полей волн разных типов и их отождествление с одноименными геологическими объектами. Особенно сложно это осуществить при комплексировании продольных и обменных волн. Однозначность результата, определяющего эффективность решения обратной задачи, в данном случае многократно увеличивается при комплексировании скважинных и наземных данных.

Литература

1. Кузнецов В.М., Многоволновая сейсморазведка новые возможности и перспективы. Приборы и системы разведочной геофизики, №3, 2003г, с.11-16.
2. Кузнецов В.М., От геологической задачи к конструированию методики МВС, Приборы и системы разведочной геофизики, №3, 2003г, с.31-35.
3. Мушин И.А., Бродов Л.Ю., Козлов Е.А. и др., Структурно-формационная интерпретация сейсмических данных. Москва, Недра, 1990
4. Eshelby J.D., The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems. Proc. Roy. Soc. London, 1957, Ser.A, v.241, pp. 376-396.
5. Brodov L.Yu., Tertychnyi V.V., Zatselin S.V., Estimating Crack and Pore Structure by Inversion of Anisotropic Seismic Data. Paris, 1992, Exp. Abstr. 54 Meeting EAEG.
6. Г.А. Шехтман, В.М.Кузнецов, А.С.Ефимов и др., Прогноз микро- и макроструктуры околоскважинного пространства в условиях Юрубчено-Тохомской зоны на основе комплексирования ВСП и пластовой наклонотрии., "Гальперинские чтения-2002" научно-практическая конференция на тему: "ВСП, ГИС и наземная сейсмика совместные наблюдения, обработка и интерпретация" тезисы докладов, Москва 2002г, с 141-146.

Вниманию авторов

Материалы, представляемые для опубликования в журнале должны отвечать следующим требованиям.

Статья представляется в электронной версии на компакт-дисках емкостью 640-700 Мб. Форматы текстового файла должны быть в виде Microsoft Word for Windows (версии 6.0 или выше). Графические приложения и таблицы, выполненные электронным образом, представляются в отдельных файлах формата MS Excel (версии 4.0 или выше) или в формате CorelDRAW версии 7.0 и выше. Все контуры и графики на рисунках, а также все цифры и надписи должны быть выполнены четко, чтобы при уменьшении они легко читались. Рисунки присылаются в виде растровых файлов форматов: "TIF", с разрешением не менее 250 точек на дюйм (допускается LZW-сжатие), "JPG" с качеством не менее 12-ти. Максимально допустимый размер иллюстраций - А4. Подписные подписи представляются в виде отдельного списка. Математические уравнения должны быть выделены четким и ясным шрифтом. Все математические символы скалярных величин набираются курсивом, а векторные - жирной прямой заглавной буквой. Вместе со статьей в редакцию направляются краткие сведения об авторах, Необходимо указать Ф.И.О., город, место работы, и должность.

От редколлегии:

Ответственность за подбор и изложение фактов в статьях несут авторы. Редакция может публиковать статьи, не разделяя точки зрения авторов.

Гармонические и нелинейные компоненты сейсмических вибрационных волновых полей в пористых, трещиноватых, проницаемых, флюидонасыщенных средах

Жуков А.П., Шулакова В.Е., ООО "Геофизические Системы Данных"
Логинов К.И., Институт Проблем Нефти и Газа РАН

Шнеерсон М.Б., проф. Московского государственного геолого-разведочного университета, г. Москва

Введение

Проблема нелинейности сейсмических волновых полей в геологических средах как один из фундаментальных вопросов науки о Земле привлекает в последние годы все больший интерес и в прикладном отношении - при решении задач прогнозирования, разведки и мониторинга залежей полезных ископаемых, прежде всего углеводородного сырья. Линейно - упругое приближение, в качестве концептуальной основы, уже давно не удовлетворяет потребностям развития новых методов изучения земных недр сейсмическим способом, и, главное, не может адекватно объяснить достаточно большой круг эффектов, зарегистрированных экспериментальным путем.

Тем не менее, вопрос о необходимости и корректности использования нелинейных эффектов в сейсморазведке - сейсмике малых колебаний - однозначно сегодня не решен, несмотря на обилие теоретических и экспериментальных лабораторных исследований. Одним из факторов, сдерживающих решение этого вопроса, остается отсутствие специальных, целенаправленных полевых исследований именно в области методик, технических средств, используемых разведочной сейсморазведкой.

Альтернативным путем развития разведочной сейсμοакустики является создание методов, базирующихся на принципиально новых физических моделях реальных сред, учитывающих энергетическую активность и сейсмическую нелинейность коллекторов нефти и газа, что резко отличает их от непроницаемых вмещающих горных пород. Одним из перспективнейших направлений, несомненно, может стать специальное применение вибрационных источников.

Вибросейсморазведка возникла, как альтернатива импульсной, взрывной сейсморазведке. При этом в первую очередь ставились задачи оптимизации работ по экономическому и экологическому признакам. Однако, возможность зондирования геологических разрезов разнообразными и, главное, точно контролируемыми по своим параметрам вибросигналами, сама по себе открывает новые широкие возможности для изучения тонких, в том числе нелинейных свойств горных пород.

В качестве научно-методической основы применения виброисточников для изучения нелинейных эффектов необходимо привести результаты работ последних лет, выполненных авторами настоящей статьи [4,5,6,7], научной школой ИФЗ РАН [1,2,3,8] и др.

Выделим главные, фундаментальные проявления сейсмической нелинейности геологической среды:

- нелинейная зависимость амплитуд волн, зарегистрированных приемниками от амплитуд в источнике вибросигналов;
- возникновение в горных породах коллекторах колебаний кратных частот (гармоник) и комбинационных волн разностных и суммарных частот.

Основными геологическими объектами, ответственными за указанные феномены, являются пористые, трещиноватые, проницаемые, флюидонасыщенные горные породы - потенциальные коллекторы нефти и газа.

Однако во многих экспериментальных работах

геологический разрез рассматривается как единое тело, и не приводится привязка нелинейных явлений к обособленным геологическим телам. Целью настоящей работы было изучение нелинейных свойств вибросейсмических волновых полей для непосредственного использования в задачах прогнозирования, разведки и мониторинга месторождений углеводородного сырья.

Изучение нелинейности амплитуд отраженных волн относительно изменения амплитуд исходного вибросигнала.

Комплекс опытно-методических работ по изучению нелинейных свойств углеводородосодержащих геологических разрезов был проведен на одном из месторождений Татарстана совместно ООО "Геофизические Системы Данных" и ОАО "Татнефтегеофизика".

Полевые работы проводились на профиле длиной 6 км, пересекающем сводовую часть Гардинского поднятия (Татарстан), содержащую два нефтеносных этажа: нижний - в карбонатах кыновского горизонта верхнего девона и верхний - в терригенных отложениях тульской горизонта нижнего карбона. Нефтеносность подтверждена разведочным и эксплуатационным бурением.

На профиле была осуществлена расстановка сейсμοприемников (120 групп по $12 = 3 \times 4$ приборов) с расстоянием между пикетами 50 м (пикеты пронумерованы с 281-го по 400-й), и шагом между приборами в группе 2 м. Расстановка перекрыла весь профиль и в ходе всех экспериментов не перемещалась.

По данным ОАО "Татнефтегеофизика" 1997 года водонепроницаемый контакт тульской залежи проецируется на данный профиль в районы пикетов 309 и 371.

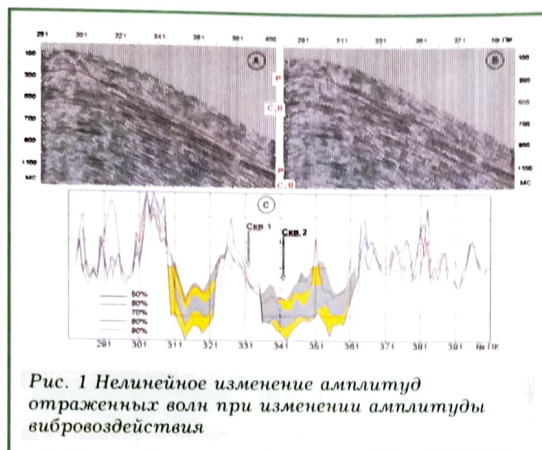
В ходе наблюдений одним вибратором возбуждался ЛЧМ свип-сигнал 14 - 125 Гц длительностью 6 с при разной нагрузке на плиту вибратора. Номиналы нагрузки составляли 50, 60, 70, 80 и 90 % от максимальной. При каждом режиме осуществлялось 8-ми кратное накопление. Всей расстановкой сейсμοприемников (120 каналов) записывались виброграммы длительностью 10 с.

Ниже приведен пример результатов наблюдений на одной из точек профиля, при положении вибраторов - на ПК 293 - вне пределов контура залежи.

Обработка заключалась в коррелировании всех 5-ти полученных виброграмм с одним и тем же синтетическим свипом 14 - 125 Гц, выделении отраженных волн на коррелограммах и сопоставлении динамических параметров сейсмограмм, полученных при разной нагрузке на плиту вибратора (разных амплитудах исходного сигнала) при прочих равных условиях.

На рис.1 приведены сейсмограммы отраженных волн для двух разных режимов вибродействия: I-A - при номинале нагрузки 50% от максимальной и I-B - 90 %. На сейсмограммах выделены оси синфазности, соответствующие первому иступлению волн, отраженных от плотной, непроницаемой толщи сульфатно-карбонатных отложений Пермской системы и от содержащего нефть терригенного тульского горизонта нижнего карбона. Визуальный анализ сейсмограмм говорит о кинематической

ИННОВАЦИИ
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



идентичности двух записей, и ничего не выявляет в их сравнительной динамике.

На нижнем изображении рис.1 приведены изменения значения отношений средних амплитуд волнового пакета тульского отражения (64 мс) к тому же параметру для перми вдоль профиля для всех 5-ти режимов работы вибраторов. На участках профиля с ПК 281-309, 325-335 и 363-400 эти отношения в пределах точности эксперимента совпадают. В двух оставшихся участках - нет. Причем на некоторых пикетах наблюдается монотонное изменение отношения. Участок 309 - 363, в целом совпадает с проекцией на профиль тульской залежи, причем возле 332 ПК, в пределах залежи расположена непродуктивная скважина, а возле 342 - скважина, давшая промышленный приток нефти. Совпадение значений приведенных параметров свидетельствует о выполнении принципов "линейно-упругого" приближения теории распространения сейсмических волн, несовпадение говорит о нелинейности связи между амплитудой возбужденного в источнике сигнала и амплитудой отклика среды.

Вообще, если в двух фиксированных точках или областях среды при одном и том же увеличении амплитуды колебаний в источнике амплитуды меняются в разной пропорции, то по крайней мере, одна из областей сейсмически нелинейна. В данном случае это, очевидно, относится к тульским коллекторам.

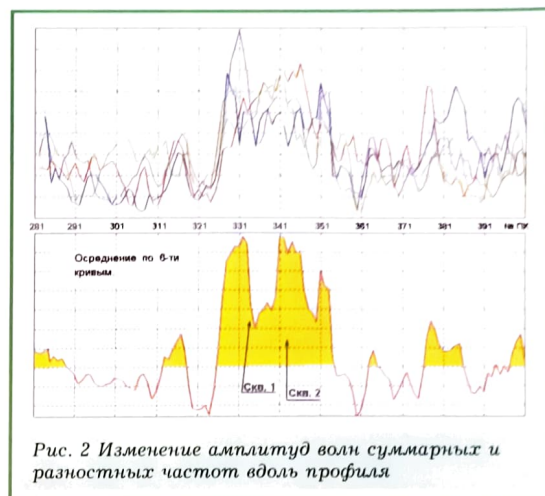
Или - в свете полученных результатов - зоны развития коллекторов УВ нелинейны по признаку нелинейности между амплитудами возбужденного и зарегистрированного сигнала.

Волны комбинационных частот от двух вибраторов, излучающих разные моночастоты.

Методика полевых работ на описанном выше профиле, в данном случае, заключалась в одновременном возбуждении двумя вибраторами разных моночастот. Одно вибросейсмическое

зондирование состояло из 9-ти физических наблюдений, при каждом из которых вибраторы находились на расстоянии друг от друга 600, 400 или 300 м, и генерировали пару моночастот 15, 60, 33 - 15 или 20 - 30 Гц. Далее приведены части результатов одного из зондирований (всего их выполнено 6 на разных участках профиля). Во всех случаях на полученных виброграммах, кроме исходной, пары моночастот ω_1 и ω_2 , выделяются колебания кратных частот (гармоники), в том числе, иногда, 3-ей кратности ($2 \times \omega_1$, $3 \times \omega_1$, $2 \times \omega_2$), иногда комбинационных частот $\omega_1 + \omega_2$ и $\omega_1 - \omega_2$, иногда и их более сложные комбинации.

На рис. 2 показаны амплитуды волн разностных и суммарных частот для трех разных физических наблюдений в зависимости от пункта



приема на профиле. Методика расчета амплитуд заключалась в следующем:

На вибротрассе, соответствующей по пункту приема каждому из пикетов профиля, выбирались первые 1000 отсчетов (2 с), эта выборка подвергалась преобразованию Фурье, рассчитывался амплитудно-частотный спектр выборки, с результирующим шагом дискретизации по частоте 0.5 Гц. В качестве амплитуды на выбранной суммарной или разностной частоте принималось значение, среднее по 5-ти ближайшим точным значениям спектра.

Полученные кривые отличались друг от друга в абсолютных значениях, иногда, более чем на порядок. Поэтому далее они нормировались на свои средние значения. Кроме того, каждое значение отнесено к соответствующим значениям исходных моночастот (среднему из двух) для каждой точки регистрации, наконец, введена программная регулировка усиления в виде

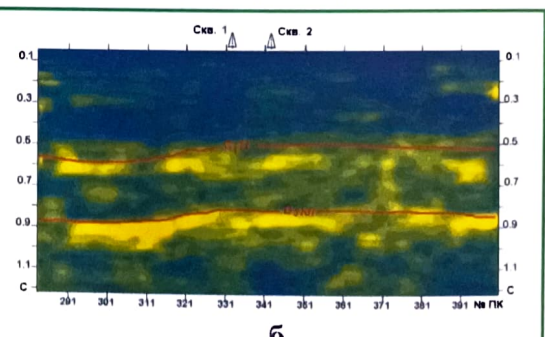
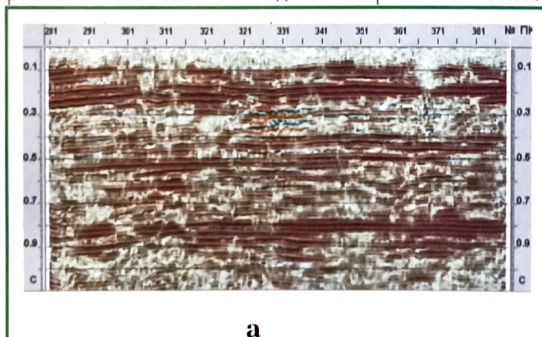


Рис. 3

а) Временной разрез, полученный при возбуждении одним вибратором ЛЧМ свип-сигнала 25-70 Гц, вторым моночастоты 13 Гц. При корреляции использован "разностный" свип 12-57 Гц.
б) Разностный индикатор коллекторских свойств, полученный с использованием комбинационных волн (разностных частот)

экспоненты, рассчитанной по двум точкам — в начале и конце профиля. Физический смысл описанных преобразований — феноменологический учет простого линейного поглощения, расхождения, рассеяния. В итоге кривые и приведены к указанному виду.

Наблюдается протяженная зона увеличения значений амплитуд комбинационных волн в районе ПК 325 - 355 — это свод структуры, содержащей залежи. В пределах этой зоны можно отметить и понижение значения в районе ПК 333-339 — участке уже упоминавшейся непродуктивной скв. 1. Природу остальных участков относительно повышения амплитуд однозначно интерпретировать сложно, т. к. в исходный временной интервал, использованный для анализа (2 с), входят физически разные (отраженные, преломленные, кратные и т. д.) волны, соответствующие по глубине всему осадочному чехлу и верхней части фундамента.

Однако, несомненен вывод: *зоны развития многокомпонентных проницаемых пород, возможных коллекторов углеводородов, служат областями генерации волн комбинационных частот, следовательно, нелинейны и по этому признаку.*

Сравнительный анализ динамических характеристик временных разрезов по волнам на обычных и комбинационных частотах.

При решении этой задачи применялась новая методика полевых вибросейсмических работ. На каждом ПВ профиля одновременно возбуждались ЛЧМ свип-сигнал 25 - 70 Гц длительностью 6 сек (один вибратор) и моночастота 13 Гц (второй вибратор).

Идея эксперимента заключалась в выделении волн с комбинационными частотами методом построения трех разных временных разрезов: первый, "исходный", используя для корреляции основной свип 25 - 70 Гц, второй, "разностный" — с синтетическим свипом 12 - 57 Гц и третий, "суммарный" с синтетическим свипом 38 - 83 Гц. Теоретически флюидонасыщенные, сложнопостроенные среды, обладающие большей сейсмической нелинейностью, должны выделяться в сравнении с основным полем на нелинейных разностных и суммарных частотах.

Все прочие параметры и приемы обработки, кроме использования для корреляции разных свипов, во всех случаях остаются неизменными.

На рис. 3а, в качестве примера, приведен временной разрез суммарных частот. Со структурной точки зрения он отличается от исходного (25 - 70 Гц) только частотным составом и временной разреженностью. Сама возможность построения временных разрезов при использовании для корреляции свип-сигналов разностных и суммарных частот подтверждает закономерное возникновение в реальной геологической среде нелинейных комбинационных волн.

Сравнение динамики исходного разреза и разреза суммарных частот проводилось по принципу их количественного сопоставления в частотной области после приведения средних амплитуд на разрезах к одному уровню. Опускаем, являющийся "know how", конкретный алгоритм сопоставления. В нулевом приближении — это спектральная разность между вторым и первым разрезами.

Изображение для соответствующего "индикатора коллекторских свойств", приведено на рис. 3б. Здесь, тоже выделяются коллектора под кровлей тульского горизонта. Основная "залежь" прорисовывается в центральной, сводовой, части структуры, между ПК 315 и 355, причем опять видна перемячка в районе скв. 1. В левой и правой части профиля, под структурным понижением кровли тульского горизонта проявляется отдельные, обособленные, зоны улучшения коллекторских свойств. Выделяется и нижний, девонский,

нефтеносный этаж.

Кроме этого, на рис. 3б прослеживаются субвертикальные зоны повышенной коллекторских свойств, одна из них ограничивает залежь слева и совпадает с разломом, известным по другим геолого-геофизическим данным. Логично предположить, что эти субвертикальные аномалии соответствуют трещинным зонам, опережающим тектонические нарушения.

Очевидным фактом является возможность использования нелинейных волн кратных, суммарных и разностных частот для прогнозирования коллекторских свойств геологических разрезов.

Заключение

В результате проведения полевых работ по использованию гармонических и нелинейных компонент вибрационных волновых полей для определения фильтрационно-емкостных свойств горных пород и обработки полученных материалов необходимо отметить следующие основные результаты.

Показано, что вибросейсмические поля проявляют существенно нелинейные свойства, при этом нелинейные эффекты связаны, прежде всего, с многокомпонентными, пористыми, проницаемыми, флюидонасыщенными горными породами.

Материалы полевых наблюдений получены с помощью методик и технических средств, традиционно применяемых в разведочной сейсморазведке.

В данной постановке задачи это один из первых подобных результатов в мировой практике.

Нелинейность сейсмических характеристик пород — коллекторов проявляется, прежде всего, в таких фундаментальных свойствах, как:

- возникновение кратных гармоник (причем этот эффект возникает и в результате нелинейного взаимодействия плиты вибратора с грунтом, и в результате взаимодействия волн с погруженными слоями);
- возникновение волн комбинационных частот (суммарных и разностных);
- отсутствие линейной связи между амплитудой волн, прошедших через среду и амплитудой сигнала, возбуждаемого источником.

Использование перечисленных закономерностей позволяет выделять в разрезе разные по глубине залегания и структуре объекты, потенциально содержащие углеводороды, и, в перспективе, проводить мониторинг залежи в процессе эксплуатации.

Литература

1. Алешин А.С., Кузнецов В.В. // Исследование физико-механических свойств рыхлого грунта под плитой вибратора // В сб. "Проблемы нелинейной сейсмики" // М., "Наука", 1987 г., с 267-273.
2. Баранов В.А. Гриневский А.А., Киссин И.Г., Николаев А.В., // О некоторых эффектах вибрационного воздействия на водонасыщенную среду // ДАН СССР, т. 294, №1, 1987 г.
3. Береснев И.А., Николаев А.В., Соловьев В.С. // Экспериментальные исследования нелинейных сейсмических явлений // В сб. "Нелинейная сейсмология" // Межд. симпозиум, Суздаль, 1986 г.
4. Способ вибрационной сейсморазведки источник сейсмических колебаний для его осуществления. // РФ, Патент на изобретение № 2181492 // А.П.Жуков, М.Б.Шнеерсон, В.Н.Платонов и др.
5. А.П.Жуков, М.Б.Шнеерсон // Адаптивные и нелинейные методы вибрационной сейсморазведки // М., "Недра", 1998 г., 100 стр. с иллюстр.
6. Логинов К.И., Верещагина Т.Н., Логинов И.В. // Нелинейные акустические свойства пористых проницаемых флюидонасыщенных сред // В сб. "Физические основы сейсмического метода", М., "Наука", 1991 г., с 134-143.
7. Логинов К.И., Козлов Е.А. Верещагина Т.Н. // Нелинейная сейсмика и акустика — шаг в будущее нефте- и газопромысловой геофизики // Тезисы Международной Геофизической Конференции SEG — EAGO, М., 1993 г., стр 40.
8. Николаев А.В. // Проблемы нелинейной сейсмики // В. сб. "Проблемы нелинейной сейсмики" // М., "Наука", 1987 г., 1887 г.



ИННОВАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



Высокоразрешающая сейсморазведка - инновационная технология поисков месторождений нефти и газа

Баранский Н.Л., Иноземцев А.Н., ООО "Парадайм Геофизикал", г. Москва
Колесов С.В., Потапов О.А., "ВНИИГеофизика", г. Москва

ИННОВАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология высокоразрешающей сейсморазведки (ВРС) характеризуется комплексностью подхода к повышению разрешенности сейсмических материалов на всех этапах работ - при получении в поле, обработке и интерпретации результатов. На каждом этапе сейсмических работ ВРС имеет свою специфику, которая является необходимым, хотя и не достаточным условием получения высокоразрешенных разрезов (кубов данных). Сложившаяся практика сейсморазведки характеризуется скорее применением отдельных, не всегда связанных между собой, приемов ВРС, и только комплексный выбор параметров работ на всех этапах может дать "сверхсуммарный" эффект повышения качества результатов. Использование ВРС в промышленном масштабе потребует определенных дополнительных затрат, которые должны окупиться повышением точности и надежности геологических построений. Переход к ВРС могут санкционировать только заказчики - нефтедобывающие компании, которые должны знать, что им может дать ВРС на уровне решения геологических задач и реализации разработки месторождений. Чтобы промышленное использование ВРС было реальным, следует базироваться на современную технику, распространенную в нефтяной сейсморазведке, уделяя основное внимание методике полевых работ и обработке.

Введение

Повышение разрешенности сейсмических материалов - актуальная задача методики нефтегазовой сейсморазведки. Оснащением сервисных геофизических компаний современной техникой и компьютерными обрабатывающими комплексами не исчерпываются возможности улучшения качества результатов сейсмических работ. Необходим переход в промышленном масштабе к использованию методики высокоразрешающей сейсморазведке (ВРС).

Технология ВРС - это разработка ВНИИГеофизики, начало которой положено еще в 80-х годах прошлого столетия в отделе сейсморазведки. Необходимость этой разработки определялась задачами сейсмических исследований в условиях тонкослоистых сред, которые характерны практически для всех районов России и ближнего зарубежья. Расчленение Ачимовской пачки песчаных тонкослоистых коллекторов юга Европейской части России, надсолевой толщ в условиях солянокупольной тектоники - это задачи, требующие существенного повышения разрешающей способности сейсморазведки.

К настоящему времени завершены разработки ВРС с возбуждением зарядов ВВ малого веса и с вибраторами. Технология опробована во всех регионах России и ближнего Зарубежья, в Эфиопии и Китае.

В общих чертах технологию ВРС можно разбить на три этапа:

1. полевые работы,
2. кинематическая обработка данных,
3. интерпретационная обработка с решением обратных динамических задач.

На всех этих этапах главной задачей является возбуждение и регистрация сигналов в широкой полосе частот и использование таких процедур обработки, которые бы сохранили зарегистрированный спектр частот с целью выделения тонких пластов.

Из всех факторов, определяющих качество полевых сейсмических работ, следует особо выделить два: выбор условий возбуждения сигналов и качество установки сейсмоприемников. Если контроль приемной расстановки обычно (хотя далеко не всегда) осуществляется, то в выборе параметров возбуждения повсеместно наблюдается стремление использовать усредненные, стандартизованные для того или иного региона "оптимальные" величины, и опытные работы становятся формальным выполне-

нием пункта проекта работ. Вместе с тем для ВРС - тонкого, адаптивного и весьма эффективного инструмента исследования сейсмогеологического разреза - усредненность и стандартизация губительны.

Геологические задачи

В соответствии с общими тенденциями развития поисков и разведки месторождений нефти и газа в последнее время повысились требования к "временной и динамической разрешенности", а также надежности получаемых сейсмических данных, что обусловлено необходимостью картирования малоамплитудных и сложнопостроенных объектов, поисками неструктурных ловушек углеводородов. Ставятся задачи по установлению границ залежи, по сейсмическому мониторингу месторождений и интенсификации нефтеотдачи. Все это требует дальнейшего повышения качества получаемых сейсмических разрезов.

Геофизикам давно известна высокоразрешающая сейсморазведка, которая продолжает развиваться по мере совершенствования общего уровня методики и техники геофизических работ. Но она как бы отошла в сторону на фоне широкого распространения новейших комплексов компьютерной обработки данных и современных телеметрических сейсμοстанций.

В настоящее время в России методика ВРС с взрывным возбуждением в полном объеме реализована, возможно, только в ЗАО "НП Запприкаспийгеофизика" [3]. В большинстве же геофизических сервисных организаций страны из всего набора взаимопределяющих приемов и способов, составляющих ВРС, в практике сейсморазведки используются отдельные, не всегда связанных между собой, элементы полевых работ и обработки. Вместе с тем большее внимание к использованию уже известных методик ВРС, к тому же на новой технической и алгоритмической базе, является важным фактором повышения эффективности сейсморазведки при поисках месторождений нефти и газа.

Если подходить к определению ВРС через решаемые ею структурные задачи, то:

- разделение тонкослоистых пачек;
- выявление малоамплитудных разрывных нарушений;
- прослеживание зон выклинивания, - все это задачи ВРС в целом.

Термины "тонкослоистые", "малоамплитудные", сами по себе привязаны к какому-то уровню разрешенности сейсмических материалов.

который был достигнут на то время, когда эти термины стали широко использоваться. Чтобы было от чего оттолкнуться, рассмотрим частотный диапазон сейсмической записи, с которым имеют дело специалисты-интерпретаторы. Оказывается, как правило, верхняя граница частот находится вблизи 70 Гц: такова вся "технологичная" (по Н.Н. Пузыреву [1]) сейсморазведка.

Возможность динамической интерпретации сейсмических данных (определение параметров среды по динамическим характеристикам отраженных волн) некоторое время назад считалась одним из характерных, определяющих свойств материалов ВРС [2]. Как показал опыт применения различных способов динамической интерпретации (при которой анализируются динамические параметры, то есть амплитуды и форма импульсов сейсмической записи), при ширине рабочей полосы частот РПЧ (частот, где полезный сигнал превышает помеху) в 40-50 Гц возможно осуществить картирование и прогноз физических свойств пластов с минимальной мощностью 12-16 м. Для прогнозирования физических свойств пластов мощностью 6-8 м требуется уже расширение РПЧ до 80-100 Гц. Если границей ВРС/не-ВРС считать (условно!) 70 Гц, то прогнозирование физических свойств пластов мощностью менее 10 м требует перехода к высокоразрешающей сейсморазведке.

Методика ВРС может успешно решать следующие задачи, связанные с использованием динамики:

- поиск и картирование малоамплитудных структур, а также неантиклинальных ловушек нефти и газа;
- оценка подсчетных параметров залежей в межскважинном пространстве и определение запасов на этапе разведки нефтяных и газовых месторождений (в комплексе с данными геофизических исследований скважин - ГИС и вертикальным сейсмическим профилированием - ВСП);
- изучение детального строения месторождений на этапе проектирования и разработки;
- обнаружение и картирование карстовых зон, погребенных русел, малоамплитудных разломов при инженерно-геологических работах;
- поиск и разведка рудных и угольных месторождений.

Технология ВРС

В основе методики ВРС лежит способ общей глубинной точки (ОГТ). Используемая при этом аппаратура и оборудование должны подвергаться контролю и наладке в соответствии с сопроводительной документацией изготовителя и технической инструкции по сейсморазведке. Методики контроля хорошо известны, четко разработаны и для обеспечения ВРС требуется только их аккуратное выполнение. Специфические требования ВРС относятся лишь к границам изменения настраиваемых параметров, таким как границы частотного диапазона регистрации, различных фильтров, сейсмическим параметрам вибраторов (действующей силы, фазовой ошибки и коэффициента гармоник для излучаемого сигнала) и т.п.

Общую задачу полевой методики ВРС можно сформулировать следующим образом: получить наиболее широкий спектр сейсмического сигнала на полевых сейсмограммах в диапазоне времен, соответствующих целевым интервалам геологического разреза, при соотношении сигнал/помеха не ниже заданной величины, имеющихся технических средств и ограниченной стоимости работ. Способы решения этой задачи -

повышение временной и динамической разрешенности сейсмической записи.

Специфической особенностью полевой методики ВРС является применение специальных приемов полевых работ. Задача методики полевых работ ВРС является расширение рабочей полосы частот (РПЧ), то есть диапазона частот, в котором, после применения углубленной обработки, достигается превышение сигналов над уровнем помех. Специальные способы и приемы обработки данных ВРС направлены на то, чтобы сохранить динамические характеристики волнового поля и обеспечить максимальную временную разрешенность сейсмических сигналов при требуемом уровне отношения сигнал/помеха. Особенностью способов динамической интерпретации является полное использование информации о форме записи отраженных волн, а также привлечение данных ГИС и ВСП с целью получения наиболее детальных сведений о строении и физических свойствах слоев геологического разреза.

Для успешного применения методики ВРС при решении таких сложных задач, как поиск ловушек неантиклинального типа, разведка месторождений нефти и газа, необходимо, чтобы на площади работ или в непосредственной близости от нее имелась глубокая скважина, в которой выполнен полный комплекс ГИС и ВСП. Работы по ГИС должны включать АК по возможно более протяженному интервалу разреза (но менее 1000 м), пересекающему объекты исследования, а также плотностной ГГК, кавернометрию, различные виды электрокаротажа.

Расширение рабочей полосы частот необходимо для повышения разрешенности сейсмического материала. Чем выше частота сигнала на сейсмограммах, чем шире РПЧ - тем выше временная разрешенность, то есть точность отсчета времен положения сейсмических границ.

Однако точность отсчета времен еще не определяет полностью положение геологических границ. Положение пика на сейсмограмме и его амплитуда, сопоставляемые с какой-то геологической границей, могут быть изменены вследствие наложения разного рода помех. Здесь следует говорить о динамической (амплитудной) разрешенности сейсмической записи, которая определяется соотношением амплитуд сигнала и помехи и зависит от нескольких факторов, среди которых следует отметить: 1) форму полезного сигнала и ширину его РПЧ; 2) характеристики помех.

Известно, что при прочих равных условиях наилучшую разрешенность имеют сейсмические разрезы с симметричным ("нульфазовым") сигналом. При взрывном возбуждении образуются несимметричные сигналы, которые в результате обработки приводятся к симметричному виду, тогда как вибросейсмические сигналы - первоначально симметричные. В таком случае динамическая разрешенность сейсмических разрезов, помимо уровня помех, зависит от соотношения амплитуд главного (среднего) и ближайших (самых сильных) побочных максимумов сейсмического сигнала, которые, по сути, следует отнести к помехам.

Это соотношение зависит от ширины рабочей полосы частот и нижней (верхней) ее границы, точнее от ее "октавности", определяемой по отношению верхней частоты РПЧ к нижней. Иначе говоря, наилучшую разрешенность дают сейсмические сигналы с рабочей полосой, расширенной как в сторону низких, так и в сторону высоких частот. При этом в полученной

ИННОВАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

РПЧ должно достигаться не просто превышение сигнала над помехой, но **определенная мера этого превышения**, чтобы проводить интерпретацию динамических особенностей сейсмических материалов и прогнозировать физические свойства пород разреза.

Таким образом, расширение рабочей полосы частот позволяет решать более тонкие кинематические задачи, тогда как достижение определенных значений отношения сигнал/помеха в этой полосе позволяет решать динамические задачи сейсморазведки. И та и другая задача требуют существенных дополнительных затрат, в частности на использование более плотных систем наблюдений (с меньшим шагом пунктов приема - ПП и возбуждения - ПВ) - не 50 м и 100 м при профильных работах, а 25 м и 50 м и менее, и с большей кратностью.

Помимо телеметрических сейсмостанций при ВРС нужна также другая техника - акселерометры (вместо геофонов-велоциметров - для работ с взрывным возбуждением), специально изготовленные заряды ВВ и мощные вибраторы (20 и более тонн) с четкой настройкой сейсмических параметров и правильно спланированным нелинейным (НЧМ) свипом. Из всех возможных способов возбуждения в приложении к ВРС целесообразно рассматривать только взрывной и вибрационный - имеются в виду электрогидравлические вибраторы.

Использование акселерометров вместо велоциметров обусловлено особенностью взрывного возбуждения состоящей в том, что в спектре взрыва наиболее интенсивны низкочастотные составляющие, а в сторону высоких частот спектральная энергия плавно убывает, причем скорость этого убывания тем больше, чем больше заряд.

Выравнивание спектра сигнала на записи частично достигается с помощью акселерометров, которые имеют АЧХ в виде наклонной прямой, выходящей из начала координат. При регистрации АЧХ акселерометра "умножается" в частотной области на спектр импульса взрыва и в итоге на записи спектральные составляющие ослаблены тем больше, чем ниже их частота.

Использование специально изготовленных малых зарядов (единицы и десятки грамм тротила [3]) по сравнению с более крупными зарядами (сотни и тысячи граммов) приводит к уменьшению доли низкочастотных составляющих в спектре сигнала, что позволяет, во-первых, лучше выровнять спектр за счет использования на приеме акселерометров и, во-вторых, уменьшить низкочастотные волны-помехи, которые непропорционально быстро возрастают при росте величины заряда.

При вибрационном возбуждении акселерометры уже не столь эффективны, поскольку спектр вибросейсмического сигнала на записи можно получить выровненным за счет соответствующего выбора параметров нелинейно - частотно - модулированного (НЧМ) свипа сигнала. Вместо того чтобы "срезать" энергию низкочастотных составляющих с помощью акселерометров, вообще не следует возбуждать излишек энергии на этих частотах.

Основная особенность системы наблюдений при ВРС - более плотный шаг пунктов приема (ПП) и величины "бинов" - 3D) и пунктов возбуждения (ПВ). В связи с этим повышаются и требования к позиционированию ПП и ПВ: здесь уже нужна точность до 1-2 м в плане и не хуже 0.1-0.2 м по высоте, а главное - аккуратность работы полевых бригад при раскладке кос и установке

сейсмоприемников, особенно на снегу. Деятельности супервизора здесь явно не достаточно, нужны специальные организационные меры.

Длина географа выбирается обычным для ОГТ способом, поскольку средняя частота сигналов здесь будет выше (период колебаний - меньше) и длина географа может быть меньше. При этом количество приборов будет все же больше и кратность суммирования может повышаться [2]. Длина географа и повышение кратности сами по себе не способствуют повышению разрешенности сейсмического материала. Чем длиннее географ, тем больше погрешности на его краях при введении кинематики (во время обработки). При недостаточной точности определения статических поправок большая кратность суммирования приведет к "размыванию" отражений, а не повышению динамической разрешенности (повышению отношения сигнал/помеха).

Соответственно с шагом ПП и ПВ при ВРС сокращаются группы на приеме и возбуждении. Дальнейшее сокращение шага ПП и увеличение числа каналов с какого-то момента позволит вообще отказаться от группирования на приеме с тем, чтобы делать "лабораторное" группирование при обработке. Кроме того, чем короче пауз группы, чем меньше каналов в полевом модуле, тем меньше наводок в аналоговых линиях приемной телеметрической косы.

Как правило, возбуждение при ВРС с взрывами производится из одиночных скважин или из "плотной" группы скважин. При вибрационном возбуждении источники ставятся практически вплотную, кроме того, целесообразно использовать "многопозиционные" группы с переездом (сдвигом) вибраторов после однократных воздействий при обработке одного ПВ. Это позволяет и осреднить условия установки вибраторов на ПВ и улучшить характеристику направленности группы, в частности лучше согласовать ее с частотным диапазоном свипа [5].

Взрывное возбуждение при ВРС требует тщательного выбора величины заряда и глубины его заложения (иногда с точностью до дециметров!), что почти полностью определяет ширину рабочей полосы возбуждаемого сигнала. Здесь необходимо специальное изучение ВЧР, результаты которого используются также для построения скоростной модели верхней части разреза и расчета "априорных" статических поправок (см. ниже). Выбор глубины заряда, согласующейся со строением ВЧР - необходимое условие для ВРС. Задавая одну и ту же глубину заложения заряда по профилю (площади) мы не выходим за границы среднечастотной сейсморазведки.

Для вибраторов выбор параметров возбуждения сводится к выбору оптимальных параметров нелинейно-частотно-модулированного свипа с возможно более широкой полосой частот, в пределах которой после обработки сигнал будет превышать помеху в заданное число раз [4]. При этом сигнал должен излучаться компактной группой мощных вибраторов, "сбитых" по сейсмическим параметрам в пределах полосы частот излучения. Здесь также необходимо специальное изучение ВЧР, результаты которого используются для определения с заданной точностью "априорных" статических поправок.

Наилучшая разрешающая способность ВРС по латерали обеспечивается за счет адаптации параметров источника к меняющимся условиям возбуждения, и направлена на стабилизацию характеристик сейсмического сигнала, посылаемого в среду. Имеется в виду адаптация к

меняющимся сейсмогеологическим условиям по профилю (площади), вплоть до изменений параметров возбуждения от ПВ к ПВ.

При взрывном возбуждении глубина и величина заряда "привязываются" к определенным сейсмическим границам и породам в ВЧР, глубина которых может заметно меняться по профилю (площади). При вибрационном возбуждении адаптация реализуется с помощью варьирования параметрами вибрационных сигналов, возбуждаемых вибраторами, построения группы вибраторов и распределения функций между отдельными вибраторами в группе. Частотный диапазон не меняется и стабилизация отношения сигнал/помеха реализуется за счет изменения энергии свипа (длительности и степени компенсации частотно-зависимого затухания в среде).

Полученный в поле первичный сейсмический материал нужно обработать так, чтобы сохранить полученную рабочую полосу и расширить ее при обработке. Вместе с тем, согласно выводам Н.Н. Пузырева [1], в современной "технологичной" сейморазведке (читай "стандартной") РПЧ после обработки почти вдвое уже, чем должна бы быть для получаемого полевого материала. Иначе говоря, при обработке не реализуются возможности обеспечения качества результатов, заложенные в полевом материале. Чаще всего это происходит из-за несинфазного суммирования сейсмограмм по ОГТ, то есть из-за недостаточно точных статических поправок, как правило "среднечастотных" (в том числе - априорных). Несинфазное суммирование будет в том случае, когда статический сдвиг превышает четвертую часть периода импульса. Если, например, в спектре рабочей полосы нам нужны частоты до 120 Гц, то ошибка статики должна быть не больше 2-х миллисекунд.

Для обеспечения высокого разрешения, нужно изучать ВЧР с помощью специально поставленных работ (обычно - МСК - микросеймокаротажа и ЗМПВ - зондирований методом преломленных волн). Одно "попутное" определение статических поправок и скоростной модели ВЧР с помощью использования первых и последующих вступлений преломленных волн, регистрируемых при работах ОГТ, для ВРС не дает нужной точности: задачи сейморазведки становятся сложнее. Поэтому, в частности, возможность использования результатов работ предыдущих лет здесь ограничена: требуется большая точность определения скоростной модели ВЧР. Уровень грунтовых вод меняется со временем, нужно учитывать промерзание и т.д. В последнее время в Западной Сибири осознается необходимость специального изучения ВЧР до глубин залегания многолетне-мерзлых пород [8] с целью повышения эффективности нефтегазовой сейморазведки.

Опытные работы при ВРС не должны быть формальными, здесь также есть своя специфика и в порядке проведения и в оценке результатов. В соответствии со спецификой программа опытов должна охватывать все стороны методики ВРС.

В полевых условиях геофизики привыкли оценивать сейсмограммы визуально, однако качество и правильность оценки сильно зависят от квалификации и от знания ими местных сейсмогеологических условий. При визуальной оценке большую роль играют способы нормировки отсчетов перед выводом, характер вывода сейсмограмм на бумагу. Кроме того, широкополосный сейсмический материал может иметь несколько непривычный вид.

Одной визуальной оценки здесь явно недостаточно. Необходимы определенным образом подобранные полосовые фильтры и спектральный анализ участков сейсмограмм, причем спектры должны вычисляться в единой амплитудной нормировке, чтобы было можно анализировать влияние различных параметров опытов на спектральные амплитуды заданных участков спектров, в том числе отношения сигнал/помеха. Желательно, конечно, и другие способы оценки качества исходного материала и результатов его экспресс-обработки. В любом случае анализ результатов опытных работ должен производиться подготовленными специалистами на современных полевых вычислительных комплексах со специальным математическим обеспечением.

Обработка полевых данных, полученных по методике ВРС, должна строиться по графу ВРС, основные особенности которого:

- сохранение диапазона частот полевой записи (полностью - при вибрационном возбуждении и максимальное - при взрывном);
- сохранение "динамики" записи для решения динамических задач;
- выравнивание спектра сейсмического импульса.

Разумеется, такие задачи обработки, как борьба с помехами, повышение величины отношения сигнал/помеха, тщательная работа по вводу и коррекции кинематических и статических поправок в несколько итераций, также должны решаться, но с учетом вышеприведенных особенностей и в целом более точно, по сравнению с рядовой стандартной обработкой.

Также необходимо использовать специальные способы коррекции среднечастотных поправок, такие как, например, ISA [6] или ФОСП [5], и программы расширения спектра вибросейсмической записи (как ФИЛМЕМ) которые не всегда входят в состав распространенных пакетов обработки.

На рис. 1 показано влияние обработки на окончательный вид разреза. Профиль был отработан с взрывами малых зарядов из группы скважин. На рис. 1А показан первый вариант обработки, полученный по стандартному графу. Для получения рис. 1Б в графе обработки были использованы дополнительные процедуры, подавляющие волны-помехи и спектр сейсмического сигнала был выровнен в рабочей полосе 15 - 160 Гц.

Рис. 2 иллюстрирует возможности ВРС с вибрационными источниками. Профильным работам ОГТ (разрез рис.2 Б) предшествовало тщательное изучение достаточно сложно устроенной верхней части разреза с помощью МСК и зондирований МПВ. Коррекция статики

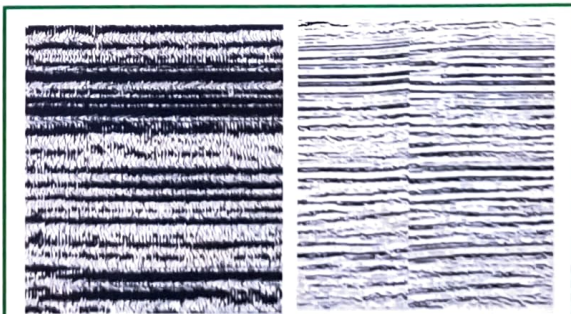


Рис. 1 Сопоставление двух близких участков одного профиля, полученного по методике ВРС с взрывами, в интервале времен 1.3-1.9 с, обработанного по стандарту (слева) и графу ВРС (справа)



была проведена по способу ФОСП.

Решение динамических задач

Под прямым прогнозом или прямым поиском углеводородов с помощью сейсморазведки понимается определение местоположения и формы контура коллектора углеводородов по результатам анализа амплитудных, фазовых и частотных характеристик полезных отраженных сигналов. Наиболее информативным и теоретически корректным из всех известных на сегодняшний день способов прямого прогноза является AVO - анализ сигналов, который позволяет исследовать характер изменения амплитуд отраженных сигналов в зависимости от удаления (углов выхода) сейсмических волн [9]. Изменение амплитуд считают аномальным, если оно превышает 2дБ (26%) при вариации угла (удаления) от минимального значения до максимального.

Выделяя и анализируя AVO - аномалии, удается с достаточной точностью оконтурить зоны изменения физических свойств среды, в том числе связанные с наличием углеводородов. Для успешного прогноза получаемые результаты сейсморазведки должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Удаления ПВ от ПП должны обеспечивать равномерное распределение углов падения сейсмических волн в пределах не менее чем от 0 до 25 градусов - во всем временном интервале анализа;

2. Обработка должна проводиться с сохранением амплитуд и последующей коррекцией их искажений, в том числе за поверхностные условия возбуждения и приема, при этом важная роль принадлежит коррекции статических поправок;

3. Сейсмограммы ОГТ после полного цикла временной обработки должны пройти процедуру "глубинной" миграции до суммирования с помощью способов, которые не вносят амплитудных искажений в итоговые сейсмограммы.

Последнее требование является необходимым [10], так как "глубинная" миграция сейсмограмм до суммирования позволяет учесть сейсмический "снос" отраженных сигналов и тем самым корректно отобразить глубинную или временную границу перед AVO - анализом. Именно использование глубинной миграции до суммирования позволило повысить достоверность AVO-анализа с 50 до 80% (в работах ОАО "Парадайн").

Ограничения стандартной сейсморазведки и перспективы перехода к ВРС для прямого прогноза углеводородов были оценены с помощью моделирования AVO-эффектов с использованием реальных значений плотности и скоростей продольных и поперечных волн, полученных по данным широкополосного акустического каротажа, проведенного в одной из продуктивных скважин [11]. Коллектором нефти с примесью растворенных газов являлся пласт трещиноватых песчаников мощностью 11 метров. Скорость продольной волны в нем - 2520 м/с, поперечной - 1220 м/с, плотность пород - 2,52 г/см³. Отмечено повышение скорости поперечных волн, в то время как скорости продольных волн и плотность имеют пониженное значение по сравнению с вмещающими породами.

AVO-эффект для такого типа коллектора выражается на сейсмограмме ОГТ в увеличении амплитуд с ростом удаления (угла падения).

При полосе 10 - 70 Гц AVO-эффект

практически отсутствует. Для спектра 10-100 Гц уже можно говорить о наличии эффекта, хотя он не достаточно четок. Если же расширить эффективную полосу до 10 - 150 Гц, то AVO-эффект уже ярко выражен и характеризуется увеличением амплитуд (от минимальных до максимальных углов) в 6дБ.

На Рис.3 приведен пример повышения разрешенности сейсмического разреза и надежности выделения аномалии флюид-фактора на разрезе AVO-атрибута, которая связана с продуктивным участком терригенного коллектора при переходе от стандартной к высокоразрешающей сейсморазведке (обработка проведена в системах Focus, Geodepth и Probe в Московском представительстве Компании Paradigm). Выделенная аномалия соответствует продуктивному участку, подтвержденному бурением.

Приведенные результаты достаточно наглядно показывают, что выделять и прогнозировать с помощью AVO - анализа наличие флюидов в рамках стандартной сейсморазведки при мощности коллектора (для терригенного разреза) менее 16м достаточно трудно. Для карбонатного разреза минимальная мощность может быть значительно больше - до 20 и более метров. Вместе с тем при переходе к высокоразрешающей сейсморазведке это делать удается.

Учитывая то, что количество месторождений нефти с коллекторами большой мощности становится все меньше и прирост запасов углеводородов в будущем связан с обнаружением и выделением коллекторов небольшой мощности, переход к ВРС становится крайне актуальным. Необходимые технологические и методические предпосылки такого перехода в настоящий момент имеются.

Внедрение ВРС

Значимое улучшение качества результатов сейсморазведки, достигнутое при переходе от обычных сеймостанций к телеметрическим, применение более совершенных пакетов компьютерной обработки, а также большой объем ранее проведенных сейсмических работ, вызвал у заказчиков геофизических работ и многих геофизиков нефтеносных регионов ощущение, что хотя бы некоторое время можно не обращать внимания на совершенствование методики полевых работ.

Другой причиной меньшего внимания к методике является коммерциализация отрасли, изменение характера отношений между производителем работ (геофизической организацией) и заказчиком (нефтедобывающей компанией). Переходный период становления сервисных геофизических компаний, когда на первый план выступает необходимость выживания, явно не способствует улучшению качества их работы.

Одним из следствий такого положения явилось появление и распространение в России супервайзерского контроля всех стадий геофизических работ и в первую очередь - полевых. Соответствие параметров аппаратуры заданным в проекте пределам может успешно контролироваться представителем заказчика работ - супервайзером.

Однако в большинстве случаев супервайзер по своему статусу должен следить лишь за адекватным исполнением утвержденного (как правило, без его участия) проекта или технического задания на контролируемые им работы. Конечно работа супервайзера способствует повышению качества сейсмических

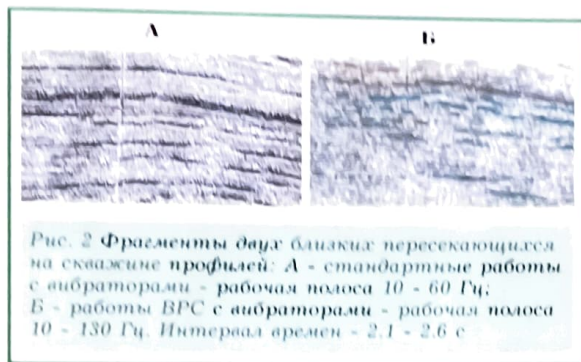


Рис. 2 Фрагменты двух близких пересекающихся на скважине профилей: А - стандартные работы с вибраторами - рабочая полоса 10 - 60 Гц; Б - работы ВРС с вибраторами - рабочая полоса 10 - 130 Гц. Интервал времен - 2.1 - 2.6 с

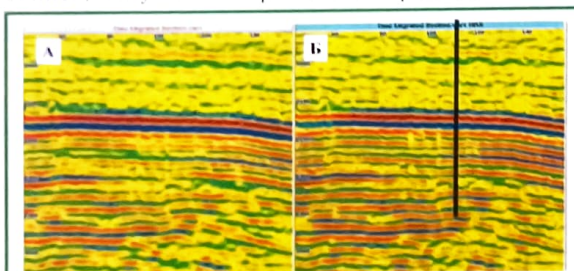
работ, однако вмешательство в методику, да еще связанное с какими-то дополнительными затратами, которые может потребовать реализация ВРС, разрешается только на уровне взаимоотношений заказчик - исполнитель и это должно быть задокументировано в проекте. На заметные дополнительные затраты заказчик как правило не идет.

Переход к высокочастотной сейсморазведке потребует несколько больших экономических затрат, но при дальнейшем повышении требований к эффективности и достоверности прогноза месторождений углеводородов по данным сейсморазведки такие затраты должны рассматриваться как необходимые. Повинно, что они могут быть санкционированы только заказчиком, который должен знать, что это ему может дать на уровне решения геологических и технологических задач.

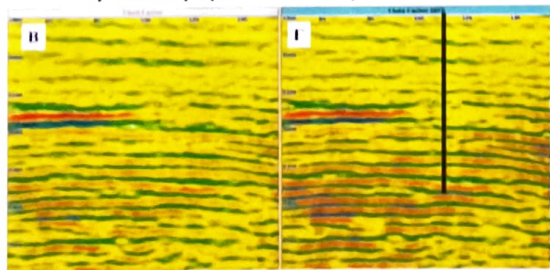
Выводы

В настоящее время сейсморазведка (в том числе ВРС) не обеспечена выбором оптимальных параметров. Из всех методических аспектов, необходимых для реализации ВРС, выделим те, которым сейчас в практике сейсмических работ уделяется не достаточно внимания:

1. изучение верхней части разреза, позволяющее с одной стороны оптимизировать условия возбуждения при использовании взрывов, а с другой - определить априорные статические поправки с такой точностью, чтобы при обработке реализовать весь частотный диапазон записи, полученный при полевых работах;



Временные разрезы: А - стандартный, Б - ВРС



Разрезы флюид-фактора: В - стандартный, Г - ВРС

Рис. 3 Пример повышения разрешенности сейсмического разреза и надежности выделения аномалии флюид-фактора на разрезе AVO-атрибута

2. тщательный подбор параметров возбуждения с использованием специально подобранных зарядов, а в случае вибрационной сейсморазведки - с применением мощных вибраторов, возбуждающих нелинейные свипы с оптимальными параметрами, - с адаптацией параметров возбуждения под меняющиеся сейсмогеологические условия;

3. комплексный системный подход к планированию и проведению полевых работ и обработки материалов, направленный на увеличение соотношения сигнал/шум и расширение рабочей полосы частот сигналов, используемых при построении суммарных разрезов;

4. повсеместный переход на методику ВРС в ближайшее время вряд ли целесообразен, но постановка специальных работ, результаты которых могут служить ориентиром для сервисных компаний, вполне оправдан.

Литература

1. Пузырев Н.Н. О некоторых проблемах современной технологичной сейсморазведки. "Геофизика", № 5-6, с.10-14, 1996 (ЕАГО)
2. Методические указания по высокочастотной сейсморазведке (методика полевых работ). МинГео СССР, НПО "Нефтегеофизика", МинНефтеПром СССР, Центральная геофизическая экспедиция, Москва, 1988
3. Колосов Б.М., Кобылкин И.А., Голиченко А.М. Особенности возбуждения, регистрации и оценки слабых сейсмических сигналов при минимизации взрывной технологии. //Тезисы доклада на Международной геофизической конференции и выставке SEG-2003, Москва
4. Колосов С.В., Потапов О.А., Иноземцев А.Н., Захарова Г.А. Использование нелинейных свипов при высокочастотной вибросейсморазведке. //ЕАГО, "Геофизика" № 1 2002г., стр.18-28
5. Иноземцев А.Н. Колосов С.В. Кынин В.А. Потапов О.А. Новые возможности группирования в сейсморазведке. Сб.реф.докл. Международной геофиз. конференции SEG-EAГО M:1993г.
6. Захарова Г.А., Колосов С.В., Потапов О.А., Иноземцев А.Н. Определение среднечастотной компоненты остаточных статических сдвигов сигналов по фрагментам отраженных волн. //ЕАГО, "Геофизика" № 1 2000г., стр.19-24
7. Козырев В.С., Жуков А.П., Коротков И.П. и др. Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке. //Современные технологии. М. Недра, 2003г.
8. Бевзенко Ю.П., Долгих Ю.Н., Зозуля В.А., Шулик С.И. Многоуровневая высокочастотная сейсморазведка: решаемые задачи, технология и результаты применения на севере Западной Сибири. //Геолого геофизическая научно практическая конференция ЗапСибОЕаго, Тюмень, 2001г.
9. Иноземцев А., Колосов С., Баранский Н., Потапов О. Повышение надежности прямого прогноза углеводородов при использовании высокочастотной сейсморазведки. //Тезисы доклада на Международной геофизической конференции и выставке SEG-2003, Москва.
10. Баранский Н.Л., Старобинец М.Е., Королев Е.К., Иноземцев А.Н., Козлов Е.А. Миграция и AVO - соседство или марьяж ? //М. ЕАГО, "Геофизика" №2, 2000 г.
11. Иноземцев А., Колосов С., Баранский Н., Потапов О. Повышение надежности прямого прогноза углеводородов при использовании высокочастотной сейсморазведки //Тезисы доклада на Международной геофизической конференции и выставке SEG-2003, Москва, 2003г.



Высокопроизводительная технология получения глубинно-скоростной модели среды на основе послонной миграции до суммирования

Попов В.В., Ларин Г.В., Кузин А.М., ВНИИГеофизика, ИГиРГИ, г. Москва

ИННОВАЦИИ
ТЕХНОЛОГИИ
ГЕОФИЗИКИ

В 2004 году два крупнейших научных центра России отмечают юбилей: 70 лет ИГиРГИ и 60 лет ВНИИГеофизики. Эти события объединяет не только дата, но и история совместных научных достижений. У истоков проблемы прямых поисков стояли выдающиеся ученые И.Я. Баллах, М.Ф. Мирчиник, Л.А. Сергеев (ИГиРГИ), И.Г. Медовский, С.Ф. Болоших, Березкин В.М., А.Г. Авербух (ВНИИГеофизика) и многие другие ученые этих институтов. В данной статье рассматриваются некоторые результаты использования компьютерной технологии, построения скоростной модели среды на основе миграции до суммирования методом Быстрого Преобразования Кирхгофа, реализованной в системе обработки сейсмических данных СПС-5 РС в виде пакета программ. Отличительной особенностью программно-алгоритмического обеспечения является высокая производительность обработки данных, позволяющая проводить экспресс-обработку значительных массивов данных. Современный уровень развития программно-алгоритмического обеспечения и вычислительной техники позволяют продолжить решение проблемы прогнозирования залежей углеводородов.

В комплексе геолого-поисковых и разведочных работ на нефть и газ в пределах известных нефтегазоносных провинций России роль сейсмических исследований с каждым годом возрастает, при этом большое значение придается обработке ранее уже полученных сейсмических данных. В настоящее время большая часть фонда подготовленных структур относится к структурам, на которых можно ожидать открытия в основном мелких месторождений. Кроме того, в подготовленном фонде присутствует значительное количество малодостоверных структур, выявленных по верхним опорным отражающим горизонтам и в ряде случаев несоответствующих структурным планам глубокозалегающих, перспективных комплексов осадочных пород. Во многих исследованных районах практически исчерпана возможность обнаружения ярко выраженных структурных ловушек. Отсюда возникают более жесткие требования к результатам обработки и интерпретации сейсмических данных, в частности ускоренный анализ данных с целью выбора наиболее перспективных объектов для глубокой обработки и интерпретации. Повышение разрешенности волновой картины на временном разрезе далеко не всегда позволяет сделать обоснованное заключение о перспективности. Необходимо комплексное использование динамических и кинематических параметров и характеристик волнового поля, в первую очередь скоростных параметров, средних, интервальных и пластовых скоростей.

Еще одним немаловажным моментом является возможность учета рассеивающих свойств потенциальных объектов. При использовании стандартного графа обработки по ОГТ такая информация недоступна. Разработанный Тарасовым Ю.А. (ВНИИГеофизика, 1968) способ фокусирующего преобразования нашел широкое применение для выявления областей трещиноватости и связанных с ними возможных коллекторов. Многочисленными исследованиями геологического строения месторождений углеводородов

установлено широкое развитие в той или иной форме эпигенетических процессов. Выщелачивание и перераспределение минералов может приводить к значительному изменению упругих свойств, образованию рассеивающих границ как низкоскоростными, так и высокоскоростными неоднородностями. Поэтому помимо выявления рассеивающих областей для прогноза коллекторов необходимо определить их природу, что фактически нельзя сделать без скоростного анализа.

Представления о скоростном строении среды при обработке сейсмических данных многократных перекрытий в значительной мере формируются в результате проведения разновременного анализа по методу ОГТ и построения на его основе вертикальных и/или горизонтальных спектров скоростей. Полученные таким образом скоростные зависимости при достаточно сложном строении среды могут иметь существенные погрешности. Основная причина их появления связана со структурными факторами: эффективные скорости зависят от угла наклона и кривизны отражающих горизонтов и, поэтому, не описывают реального распределения скоростей распространения сейсмических волн. Наиболее универсальной моделью среды по сравнению со стандартными методами обработки данных сейсморазведки (ОГТ, ПРО, ДМО и пр.) оперирует миграция исходных сейсмограмм. Такая модель учитывает наклоны и кривизны сейсмических границ, преломление и кривизны сейсмических лучей, в ней используется фокусировка рассеянных волн, устраняются неоднозначности при определении скоростей. Ранее применение миграционного скоростного анализа сталкивалось с проблемами технического характера, связанными с дорогостоящими и временными процедурами расчетов на ЭВМ. Современное развитие компьютерных технологий позволяет эффективно решить важную для интерпретаторов-геологов задачу - построение глубинно-скоростной модели среды (ГСМ) - на основе применения глубинной миграции до суммирования.

В основе определения оптимальных миграционных скоростей лежит тот факт, что отличия скоростей, используемых при миграционных преобразованиях первичных сейсмограмм от реального распределения скоростей в среде, оказывают значительное влияние на форму получаемого изображения среды. Для получения корректного изображения среды необходимо осуществлять скоростной анализ на основе миграционного преобразования исходных сейсмограмм, где суммирование производится вдоль годографа дифракции. Определяемые на основе такого подхода скорости, в отличие от разновременного анализа сейсмограмм ОГТ, не содержат искажений, связанных как со структурным фактором - наклоном и кривизной отражающих границ, так и погрешностей из-за достаточно резких изменений пластовых скоростей.

Описываемая методика построения глубинно-скоростной модели среды базируется на развитии волновой сейсмической миграции методом Быстрого Преобразования Кирхгофа (БПК), основы теории и методики, которой были разработаны в лаборатории сейсмогеографии ВНИИГеофизики, в 80-е года прошлого века, под

руководством Васильева С.А. [1-3]. Алгоритм технологии построения ГСМ кратко сводится к следующему. Вначале определяется предварительная (начальная) скоростная модель среды на основе программы вертикального анализа миграционных скоростей. По временному или глубинному разрезу, полученному на основе миграции до суммирования и начальной скоростной модели среды, выделяется ряд опорных сейсмических границ. Далее производится итеративное уточнение геометрии этих горизонтов и распределения скоростей вдоль них. В результате формируется глубинно-скоростная модель, на основе которой вновь проводится миграция до суммирования (во временном или глубинном представлении). В случае обнаружения на полученном мигрированном разрезе дополнительных сейсмических границ, их добавляют в глубинно-скоростную модель и проводят дополнительное уточнение скоростей и геометрии добавленных границ. Таким образом, строится окончательная модель среды, на основе которой проводится окончательная глубинная миграция. Конечно, начальным разрезом, по которому выделяются границы, может быть также разрез ОГТ, ПРО, или мигрированный после суммирования временной разрез.

Технология построения ГСМ состоит из следующих процедур для системы обработки данных СЦС-5 [4]:

1. Формирование глубинно-скоростной модели среды (средние и интервальные скорости) на основе программы вертикального анализа миграционных скоростей по исходным сейсмограммам (ОПВ). Позволяет получать по рассчитанным вертикальным спектрам скоростей скоростные кривые $V(t)$ и $V(z)$. Программа работает в двух режимах - в режиме анализа средних или интервальных скоростей (при этом модель может описываться криволинейными границами с латерально неоднородными слоями). Помимо скоростных спектров программа рассчитывает и позволяет выводить так называемые мигрированные сейсмограммы, полученные для разных скоростных кривых из рассчитанного набора, по которым можно визуально оценивать степень достоверности полученных данных о скоростях. Входные параметры процедуры адаптированы к средствам СЦС-5, что позволяет получить гибкий инструмент измерения сейсмических скоростей для произвольных сред, как правило, более надежный, чем стандартный анализ скоростей ОГТ.

2. Последовательное уточнение глубинно-скоростной модели среды на основе программы детального погоризонтного анализа миграционных скоростей. Программа рассчитывает горизонтальные спектры средних или интервальных скоростей в полосе (по $z(x)$ или по $t(x)$) вдоль заданного сейсмического горизонта. По спектрам определяется оптимальная скоростная кривая $V(x)$ для данного горизонта и одновременно уточняется геометрия этого горизонта. Программа осуществляет процедуру миграции сейсмограмм в заданной полосе с различными скоростями из произвольно задаваемого диапазона с произвольным шагом.

Уточнение геометрии сейсмических горизонтов может проводиться по разрезу, полученному путем миграции сейсмограмм по или априорно заданной скоростной модели среды, или по модели, сформированной программой вертикального скоростного анализа. Результатом работы программы погоризонтного анализа миграционных скоростей являются уточненные файлы описания горизонта и скорости вдоль этого горизонта.

3. Вспомогательная процедура миграции в некоторой полосе вдоль заданного горизонта со

сглаженной оптимальной скоростью позволяет корректировать скоростные кривые в случае неоднозначности в определении скоростей по горизонтальным спектрам и готовит на диске специальный файл описания полученной глубинно-скоростной модели среды для последующей визуализации и окончательной 2D-миграции исходных сейсмограмм. Применяя программы погоризонтного скоростного анализа и "миграции в полосе" последовательно к ряду горизонтов, можно получить детальный глубинно-скоростной разрез средних или пластовых скоростей в слоях и их изменения вдоль горизонтов. Это особенно целесообразно при глубокой интерпретации сейсмических данных в горизонтально-неоднородных средах. На рис. 1г представлен пример такого детального скоростного анализа для 5-ти горизонтов с расчетом интервальной скорости между ними. Изменения интервальной скорости продольных волн вдоль целевого отражающего горизонта, могут быть обусловлены латеральными изменениями упругих свойств пласта, в том числе его газо- и нефтенасыщенностью. Процедуры скоростного анализа позволяют работать как во временном, так и в глубинном представлении данных.

4. Программа миграции до суммирования осуществляет 2D-миграцию исходных сейсмограмм, для неоднородно-слоистой модели среды с

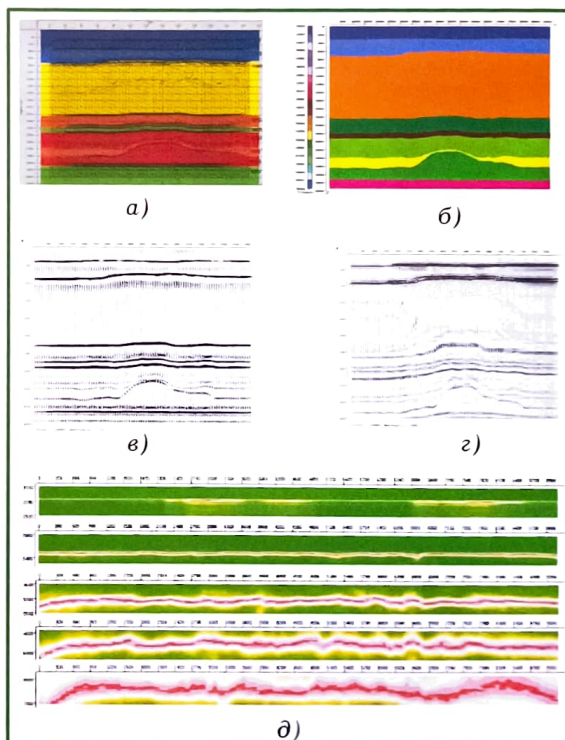


Рис.1

а) Исходная глубинно-скоростная модель (показана цветом) и миграция до суммирования (смоделированных сейсмограмм для такой модели среды), полученные с помощью пакета Промакс. Моделирование сейсмограмм было осуществлено конечно-разностным методом в том же пакете. б) Глубинно-скоростная модель $V(z)$, полученные по смоделированным исходным сейсмограммам на основе рассматриваемой технологии MIGS-2D в) Глубинная миграция до суммирования (в), смоделированных исходных сейсмограмм г) Миграция временного разреза ОГТ, для рассматриваемой модели. д) Горизонтальные спектры интервальных скоростей. (вертикальная ось скорость), полученные по технологии MIGS-2D для 5 слоев модели



ИННОВАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ

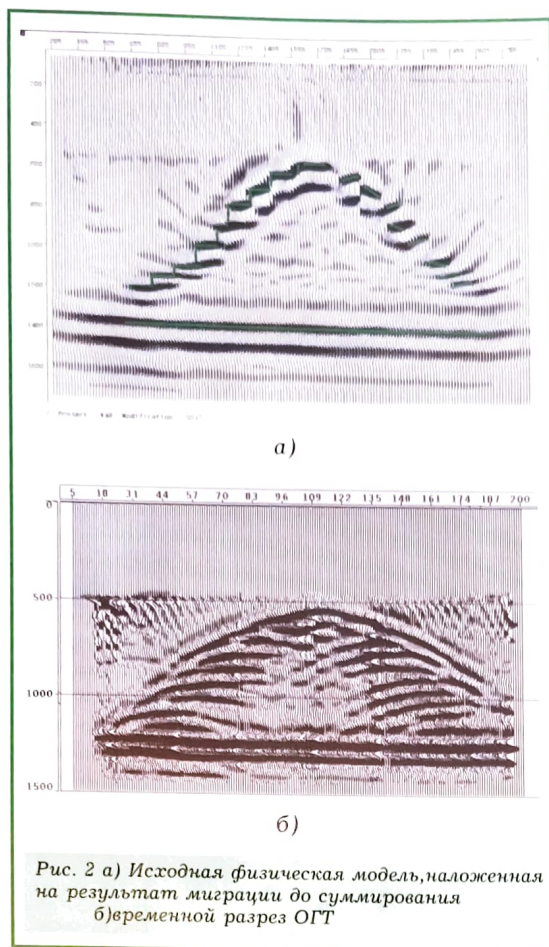


Рис. 2 а) Исходная физическая модель, наложенная на результат миграции до суммирования б) временной разрез ОТ

произвольными наклонами и крутизной границ. Программа может использовать в качестве входных данных не только указанный специальный файл скоростной модели среды, полученный как результат программ детального погоризонтного миграционного скоростного анализа, но также скоростные кривые, полученные по программе вертикального миграционного скоростного анализа, и произвольные скоростные кривые, записанные в задании (интервальные или средние).

На основе четырех вышеописанных процедур возможно построение глубинно-скоростной модели среды с произвольной степенью детализации и использование полученных данных процедурой окончательной миграции до суммирования. Результат миграции до суммирования с уточненной скоростью по синтетическим сейсмограммам для 8-слойной модели представлен на рис. 1. При его рассмотрении, можно сделать вывод о хорошем совпадении построенной модели (рис.1б) заданной (рис.1а). Нужно также отметить принципиально другой результат корректной миграции до суммирования по построенной ГСМ (рис.1в) по сравнению с миграцией временного разреза ОТГ (рис. 1г) для той же глубинно-скоростной модели.

На рис. 2 продемонстрирован результат глубинной миграции до суммирования для плоской физической 2D-модели среды в виде купола, составленного из набора упорядоченных и неупорядоченных среднemasштабных элементов, подовшу которого, образует горизонтальная граница. Преимущество обработки данных по технологии миграции до суммирования (рис. 2а) по сравнению с временным разрезом ОТГ (рис. 2б) очевидно. Следует лишь, отметить, что на изображении более глубоко расположенных

склонов куполовидной структуры субвертикально ориентированные элементы не проявились, что естественно, т.к. эти области недостаточно освещены системой наблюдений, использованных при физическом моделировании.

На рис. 3-6 показаны результаты обработки полевых материалов, полученных на одном из нефтяных месторождений в Поволжье. Отражения от осадочного комплекса прослеживаются до $T_0 = 0,9 - 1,0$ сек. Он подразделяется на ряд толщ: 1. Нижняя терригенная толща объединяет отложения верхнего протерозоя, эйфельского и живетского ярусов среднего девона, пашинского и кыновского горизонтов франского яруса верхнего девона. 2. Нижняя карбонатная толща включает отложения саргаевского, семидукского горизонтов нижнефранского подъяруса, фаменского яруса верхнего девона. 3. Средняя карбонатно-терригенная толща включает карбонатно-терригенные отложения турненского яруса и терригенную пачку малиновского и яснополянского надгоризонтов нижнего карбона. 4. Средняя карбонатная толща представлена отложениями окского и серпуховского надгоризонтов нижнего карбона и банкирского яруса среднего карбона. 5. Пачка верейского горизонта. 6. Верхняя сульфатно-карбонатная толща объединяет каширский, подольский, мячковский горизонты среднего карбона, верхний карбон, ассельский, сакмарский, артинский, кунгурский ярусы нижней перми. Опорные отражающие границы на временном разрезе представлены:

- отражающий горизонт "Д", $T_0 = 0,86 - 1,01$ сек, приурочен к кровле нижней терригенной толще пашинского и кыновского горизонтов верхнего девона;
- отражающий горизонт "У", $T_0 = 0,56 - 0,69$ сек, приурочен к кровле средней терригенной пачки малиновского и яснополянского надгоризонтов нижнего карбона;
- отражающий горизонт "В", $T_0 = 0,43 - 0,55$ сек, приурочен к кровле верейского горизонта, сложенный в нижней части преимущественно карбонатными отложениями, в верхней - терригенно-карбонатными отложениями;
- отражающий горизонт "К", $T_0 = 0,25 - 0,27$ сек, является размытой поверхностью кровли нижнепермских отложений.

Промышленная нефтеносность установлена в отложениях серпуховских отложений. Эффективная мощность нефтемещающих известняков в среднем составляет 6 метров. Залежи нефти в башкирско-каширских отложениях имеют неболь-

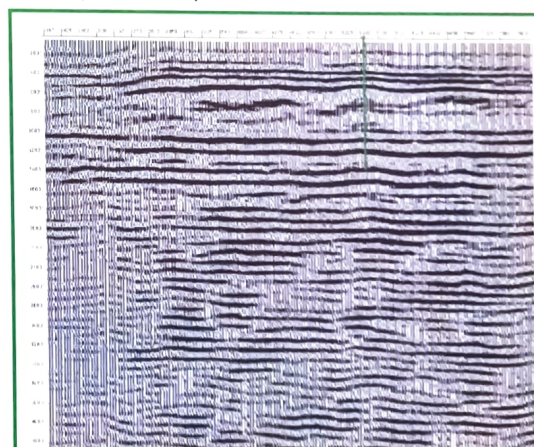


Рис. 3 Глубинный (а) разрез миграции до суммирования для скоростной модели, представленной на рис. 6 (а) сопоставлении с временным разрезом (б)

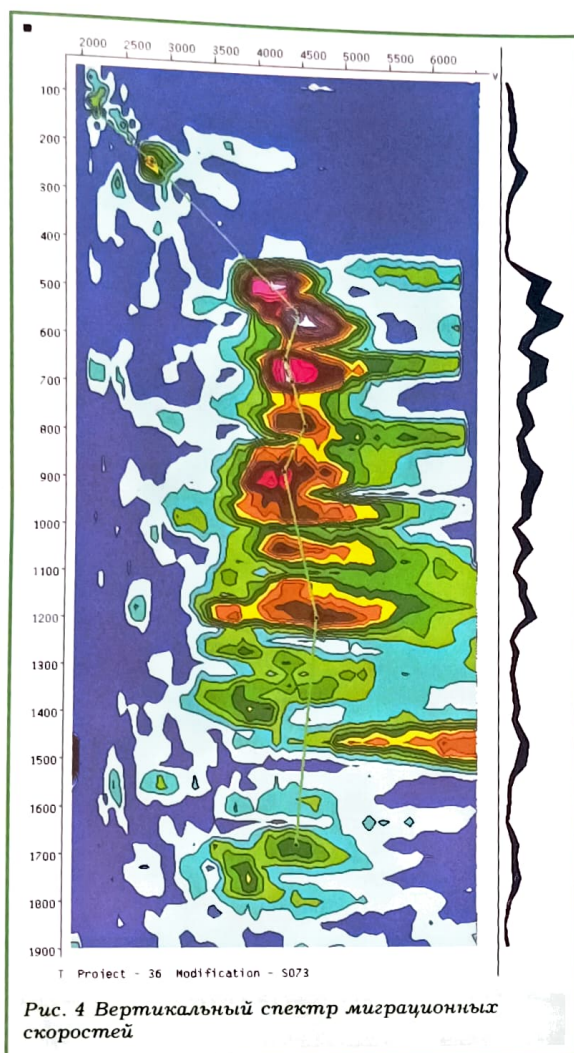
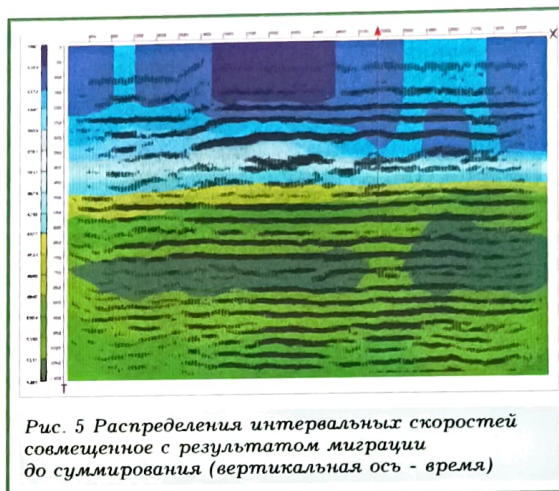


Рис. 4 Вертикальный спектр миграционных скоростей



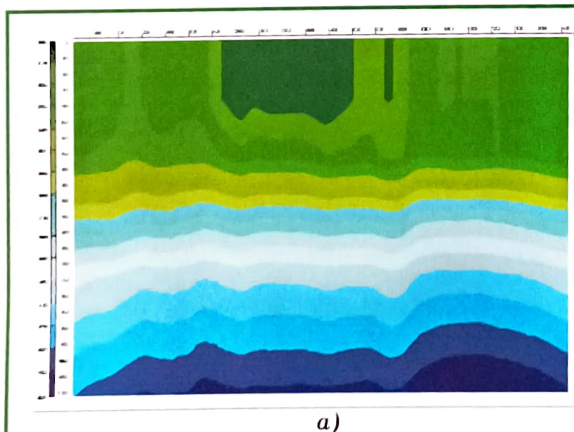
отражающих границах. Построенная модель среды и результат глубинной миграции до суммирования являются основой для геологической интерпретации и оценок литологических и фильтрационно-емкостных свойств.

Дальнейшее развитие программно-алгоритмического комплекса предусматривает получение новых параметров и характеристик для оценки упруго-деформационных свойств среды.

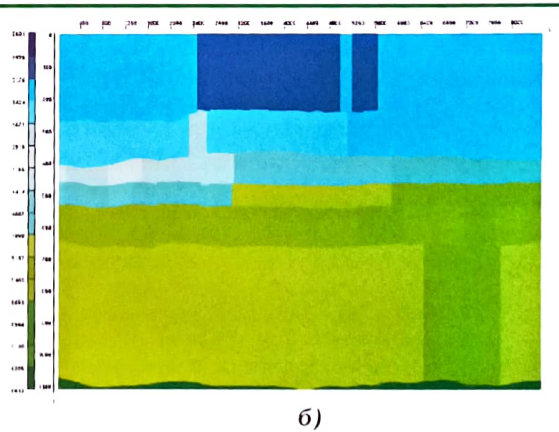
Авторы признательны Васильеву С.А. за ценные советы при разработке данной технологии, а также Караеву Н.А., Крайнову И.Н. за предоставление данных: физического моделирования, синтетических сейсмограмм ОПВ, данных полевых наблюдений, использованных для тестирования.

Литература

1. Васильев С.А., 1987, Принципы изучения свойств неоднородной среды по ее сейсмическим изображением: Геология и геофизика, № 4, "Наука", Новосибирск.
2. Попов В.В., Ларин Г.В., 2002, Пакет миграционных преобразований исходных сейсмограмм: Разведка и охрана недр, № 3-4.
3. Гогоненков Г.Н., 2002, Современное состояние системы обработки сейсмических данных СЦС-5, Геофизика, № 3.
4. Ларин Г.В., Попов В.В., 2003, Технология построения глубинно-скоростной модели среды на основе послойной миграции до суммирования. Тезисы международной конференции SEG-2003.



а)



б)

Рис. 6 а) послойная модель интервальных скоростей

б) разрез средних скоростей

ИННОВАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



Технология пассивной сейсморазведки при оценке состояния бассейнов, глубинных разломов и их эволюции

Беклемишев А.Б., Потапов О.А., Ларин Г.В., ВНИИГеофизика, г. Москва;
Буданов В.Г., ИФЗ РАН, г. Москва

ИННОВАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ

Неоспорим и экспериментально доказан следующий факт: в общем неоднородная и многофазная геологическая среда — субъект постоянно присутствующего естественного геостатического и геодинамического (волнового) нагружения. Деятельность людей, так называемые антропогенные воздействия, здесь — только один (и далеко не всегда главный) из возмущающих факторов.

Изучение полной реакции среды на естественные вариации нагружения в форме представительных временных рядов текущих значений эффективных параметров (например, интенсивности и др.) призвано осветить:

- причины локально ярких возмущений;
- доминирующие механизмы естественных движений (упругие и/или вязкие);
- позиции и геометрию очаговых зон и зон, где реакция среды на возмущение аномально интенсивна и опасна (site-effect);
- структуру и состояние среды, степень их устойчивости;
- направление и скорость структурной эволюции (обычно весьма медленной деструктуризации).

Приложение индустриальных средств сейсморазведки, наиболее широко представленных сейчас на рынке геофизических услуг, ограничено здесь в силу следующих обстоятельств:

1) концептуально индустриальные технологии базируются на упругих волновых механизмах, ограниченно пригодных в случаях заметного участия вязкой механики, и совершенно неоправданных при доминировании вязких механизмов;

2) используемые здесь приемники обладают в большинстве вертикальной направленностью, адаптированной исключительно к линейно-поляризованным одноосным движениям;

3) возможность согласования спектральных и динамических диапазонов собственных (естественных) движений поверхности среды в векторной форме и приемных аппаратных трактов сегодня отсутствует;

4) оценки интенсивности (кинетической энергии), как правило, сложно поляризованного естественного волнового движения ненадежны и часто в различной степени ошибочно занижены;

5) использование в стандартных подходах мощных зондирующих импульсов способно изменить исходную структуру среды, ее проницаемость и гидрогеологический режим, а также прочность встроенных конструкций, то есть необратимо модифицирует сам объект исследования;

6) стандартные программно-алгоритмические пакеты для обработки и интерпретации инструментальных данных слабо или вовсе не учитывают динамики поляризационных возмущений, дисперсионных характеристик и т.п.

Таким образом, давно ощущаемая потребность в соответствующем "продвинутом"

технологиях теперь формализована в перечнях качественных характеристик и технических требований к направленной модификации программно-аппаратных и методических средств изучения собственных динамических свойств среды и встроенных в нее конструкций, особенно актуальной для городских территорий и территорий промышленных зон.

Пассивная сейсморазведка, независимо развиваемая нами вслед за японскими исследователями с конца 80-х годов как метод, использующий:

- трехкомпонентные (ЗС) высокочувствительные (на 2-3 порядка превосходящие индустриальные стандарты) приемники акселерометры микросейсм;
- длинные (до 60 сек), статистически представительные, синхронизированные временные ряды в фазах (скрининг) и циклах прерывистого мониторинга (TLM);
- идентичные широкополосные (от 0,2 до 300 Гц) измерительные каналы с полным динамическим диапазоном регистрации до 132 дБ;
- свободна от вышеотмеченных ограничений индустриальных подходов.

Здесь:

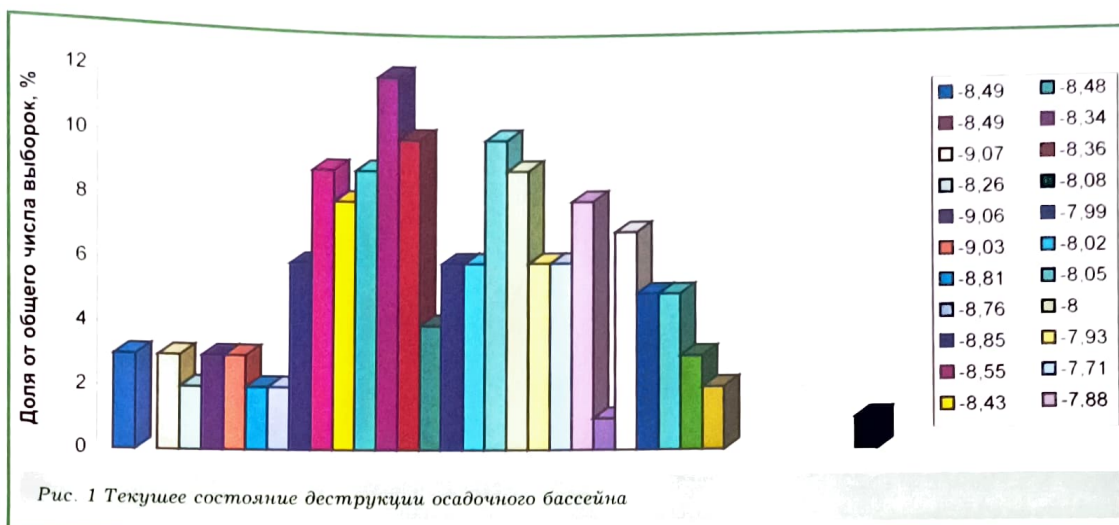
фаза TLM — временной ряд из заданного статистически представительного количества значений определенного, производного из измерений, параметра (например, нагружения-разгрузки, скорости нагружения-разгрузки и т.д.) с фиксированным шагом (обычно 0,1сек); последовательные фазы TLM во временном интервале измерений могут непрерывно следовать друг за другом или в той или иной степени перекрываться;

цикл TLM — охватывает временной ряд(ы) из фазы TLM или из последовательных фаз TLM, относящиеся к определенной позиции, дате и временному интервалу измерений, и временной промежуток (обычно многомесячный), в течение которого измерения в данной позиции прерваны.

Действительно, благодаря ЗС измерениям, пассивная сейсморазведка позволяет идентифицировать:

(1) интервалы внутри временных рядов с преимущественно линейно поляризованным или с преимущественно плоско поляризованным движением; эти интервалы соответственно должны быть связаны с объемными волнами глубинного генезиса (P, S, SV, SH) или с микросейсмными (микротремором), вызванными поверхностными источниками (волны Релея, Лива);

(2) доминирующий тип из трех возможных механизмов реакции среды на возмущение (характерный для данной позиции, даты и временного интервала): упругий, переходный вязкоупругий или вязкий, механизм первого типа — "нагружение — функция деформации" (и наоборот); механизм третьего типа — "нагружение — функция скорости деформации" (и наоборот); механизм второго типа — это сочета-



ные механизмы первого и третьего типов;

(3) участки с двумя различными устойчивыми видами дисперсии: с известным нормальным видом, характерным для упругой и, отчасти, вязкоупругой механики, когда изменение интенсивности и соответствующего сдвига доминирующей частоты в спектральной реакции отчетливо коррелированы, и с недавно экспериментально обнаруженным и мало изученным аномальным видом, когда изменения двух указанных параметров могут быть некоррелированными или слабо коррелированными, характерным, повидимому, только для вязкой механики неоднородных многофазных сред.

В предлагаемом подходе использован, таким образом, давно известный, но изрядно подзабытый с XIX в. так называемый "секрет Кили": никак иначе невозможно пробудить или усилить акустический отклик объекта кроме как на основе его самодвижения и симпатической вибрации, где симпатическая вибрация - результат согласования спектров возбуждения и передаточной функции среды. Развивая отечественную версию пассивной сейсморазведки, мы отказались от широко применяемой "событийной концепции", когда оценки вырабатываются в связи с реакцией на определенное и заметное событие (например, землетрясение или взрыв). Сначала этот отказ носил чисто гипотетический характер и основывался только на обнаруженном непрерывном характере фоновых микросейсм (микротремора). Однако, теперь весь многолетний опыт пассивной сейсморазведки, коллекции ЗС данных, собранные на геологически разнообразных объектах (различные и обширные территории Русской платформы, Балтийского шита, ЮВ Карпат и ЮВ Предкарпатья), и результаты анализа поддерживают следующий тезис: "безсобытийные" оценки эффективны и достаточно статистически устойчивы в условиях реально действующих случайных возмущений, вызывающих отклик среды всегда и везде, где производится измерение.

Разумеется, первоначально в значительной степени были использованы доступные японские источники, так как именно японским исследователям, начиная с пионерской работы Kanaï K., удалось экспериментально доказать и иногда успешно эксплуатировать связи между некоторыми спектральными параметрами

естественного сейсмического движения и геологией места измерения. Более того, ими же были получены явные свидетельства того, что степень разрушения (ущерб) при землетрясениях прямо связана с локальными геологическими особенностями. Однако, очевидно привлекательные (вследствие простоты и дешевизны) стартовые версии пассивной сейсморазведки во многих случаях оказались мало продуктивными вследствие, прежде всего, слабости теоретического обоснования, неоптимальной параметризации и неоднозначной интерпретации. Проблема эффективного комплекса параметров к настоящему моменту продвинута до значительно более устойчивых оценок пространственной автокорреляции, позволивших оптимизировать величины шага наблюдений и интервала выборки, а также спектрального соотношения горизонтального и вертикального движений (HVSR). Столь же естественно пытаться выявлять эффективные параметры через **все основные**, гипотетически действующие в среде механизмы и их математически формализованные представления. Эффективные параметры, отвечающие за тип динамической реакции среды $Y(t)$ на стационарное случайное нагружение $X(t)$ должны совпадать с постоянными коэффициентами h , k линейного неоднородного дифференциального уравнения второго порядка:

$$\frac{d^2 Y(t)}{dt^2} + 2h \frac{dY(t)}{dt} + k^2 Y(t) = k^2 X(t), \quad (1)$$

где: $Y(t)$ - отклонение от равновесного состояния;

$k^2 Y(t)$ - компонент ускорения, связанный с восстанавливающей равновесие упругой силой;

$2h \frac{dY(t)}{dt}$ - компонент ускорения, связанный с демпфирующей (тормозящей) силой;

$\frac{d^2 Y(t)}{dt^2}$ - компонент ускорения, связанный с силой инерции; F - внешняя сила; m - масса,

то есть $F/m = k^2 X(t)$. При $h > 0$, как известно, имеют место устойчивые, затухающие движения двух качественно различных типов: при $2h < k$ - периодическое (квазипериодическое) и при $2h \geq k$ - аperiодическое и гранично-аperiодическое. Диапазон значений обобщающего параметра:

ПРОГРЕС

- он и в А

Система обеспечивает устойчивую регистрацию сейсмических данных в различных климатических условиях (при температуре окружающей среды от -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$).

Обладает параметрами на уровне мировых стандартов, поддерживается сервисной службой производителя.

ОАО "СКБ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬСКОГО ЗАВОДА"

г.Саратов, ул.Крайняя, 129 т.: (8452) 64-09-51, ф.: (8452) 64-09-52

КОНТАКТИРУЙТЕ С НАМИ -

НАШ "ПРОГРЕСС-Т2" - ЭТО ВАШ ПРОГРЕСС!



**МОЩНЫЙ ИНСТРУМЕНТ
ДЛЯ ИННОВАЦИЙ**

СС-Т2

ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ
СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНАЯ
СИСТЕМА

Маррике ПРОГРЕСС

СМОРАЗВЕДОЧНЫХ
ЕМПЕРАТУРЕ

ОВ,
-

ТРОЕНИЯ"

452) 64-14-52



5 ГАРАНТИЯ
лет

ПРОГРЕСС-Т2

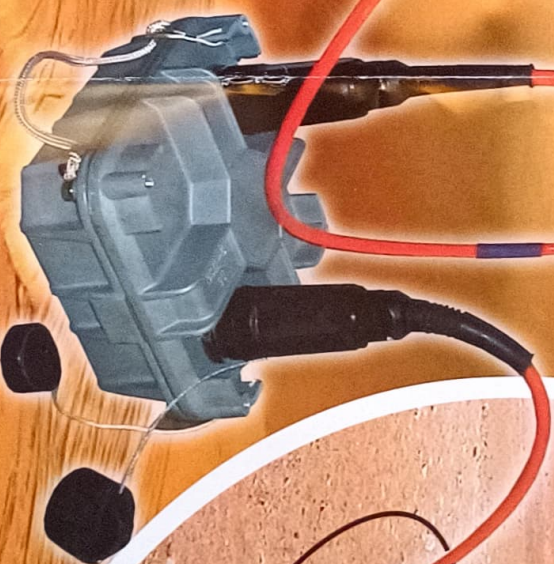
ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ
ГЕЙСМОРАЗВЕДЧНАЯ
СИСТЕМА

- они в Африке ПРОГРЕСС

Система обеспечивает устойчивую регистрацию сейсморазведочных данных в различных климатических условиях (при температуре окружающей среды от - 40°С до +70°С).
Обладает параметрами на уровне мировых стандартов, поддерживается сервисной службой производителя -

ОАО "СКБ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"
г.Саратов, ул.Крайняя, 129 Т.:(8452) 64-09-51, ф.: (8452) 64-14-52

КОНТАКТИРУЙТЕ С НАМИ -
НАШ "ПРОГРЕСС-Т2" - ЭТО ВАШ ПРОГРЕСС!



**МОЩНЫЙ ИНСТРУМЕНТ
ДЛЯ ИННОВАЦИЙ**



ИННОВАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

$$k/h = Q, \quad (2)$$

— охватывает случай, как упругой, так и вязкой механики, и допускает выбор порогового количественного критерия соответствующего типа. Величина k/h при этом пропорциональна интегральному показателю добротности Q среды (обратно пропорциональна затуханию $1/Q$).

Поскольку $X(t)$ и, следовательно, $Y(t)$ — случайные функции времени, в общем случае характеризующиеся нормальными распределениями, их исчерпывающее математическое описание — предмет корреляционной теории случайных функций, которая использована для статистической (в том числе многомерной) оценки качества результатов.

Инструментальная идентификация действующих в среде фактических механизмов нагружения-релаксации и количественная их характеристика, предусмотренные только в отечественных ТЛМ-совместимых модификациях пассивной сейсморазведки, обеспечивают этим модификациям возможность заблаговременно (до реализации проекта) прогнозировать качество индустриальной сейсморазведки и высокоточной гравиразведки, используя карты добротности. Более того, эти карты полезны на этапе проектирования для оптимизации привязки позиций сейсмоприемников и профилей к упругим участкам, а опорных гравиметрических сетей — к вязким (в последнем случае важно также учесть геометрию (и в том числе топографию) участка и локальное усиление: соответствующие волновые узлы и всплески). Безусловным результатом такого опережающего прогноза качества является улучшенная увязка (сопоставимость) мультимедийных данных и, следовательно, более надежная интерпретация.

Давно экспериментально доказано: увеличение размеров ущерба, наносимого землетрясением, связано, главным образом, с близостью к импедансно-контрастным и часто погребенным латеральным несогласиям (разломам, осыпям, крутым кромкам аллювиальных долин и т.п.) и локализуется в сравнительно узкой полосе на акустически мягкой стороне от несогласия. Положение гипоцентра и характеристики источника имеют при этом подчиненное значение. Как результат, изучение геометрии, флюидо- и газонасыщения и степени современной активности глубинных разломов, погребенных русел и древних долин (в общем,

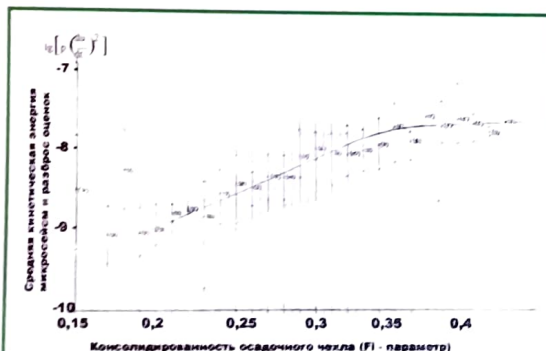


Рис. 2 Средняя кинетическая энергия микросейс и разброс инструментальных оценок

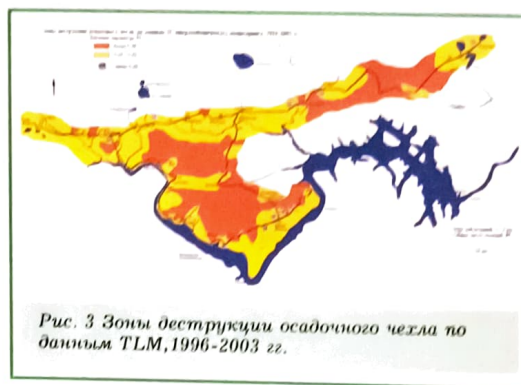


Рис. 3 Зоны деструкции осадочного чехла по данным ТЛМ, 1996-2003 гг.

деструктивных зон) — актуальнейшая задача, эффективное решение которой должно иметь, следствием оптимальную привязку на местности вновь проектируемых важнейших объектов инфраструктуры: магистральных трубопроводов, АЭС, мостов, туннелей, плотин, дамб, каналов, линий метро и т.п. Для действующих (в том числе в районах, ранее считавшихся сейсмически безопасными) объектов полезно скорректировать прогнозы локальных сейсмических рисков и рекомендации инженерного характера. И здесь карты добротности (в версии FI параметра, см. ниже) и данные ТЛМ являются эффективным инструментом.

С другой стороны интерес к глубинным разломам связан с тем, что они — главная составляющая флюидодинамической системы и, вероятнее всего, ключевой фактор, определяющий стабильность и запасы углеводородного сырья, извлекаемые объемы и эффективность средств интенсификации добычи. Именно недоучет разломного фактора можно объяснить несовпадение прогнозируемых (на стадии разработки бассейна и/или моделирования резервуара) запасов и реально извлеченной на сегодня продукции, необъяснимое в рамках принятых и, как казалось, очевидных подходов.

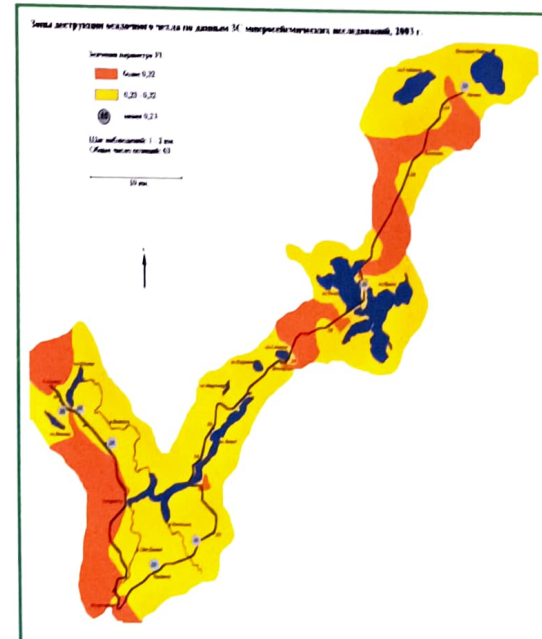


Рис. 4 Зоны деструкции осадочного чехла по данным скрининга, 2003 г.

Для реализации технологии пассивной сейсморазведки был разработан точный и высокочувствительный измерительный инструмент: трехкомпонентный (ЗС) приемник микросейсм (по чувствительности на три порядка превосходящий промышленные стандарты) типа ДВЗ-024, адаптированный к цифровой полевой регистрирующей системе из семейства "Вибротестер" и к стандартным РС-информационным технологиям. Три пьезорезистивных датчика-акселерометра, образующих ортогональную систему, имеют идентичные амплитудно-частотные спектры в диапазоне 0,2-300 Гц. Каждый датчик включен в БИС-тензометрический мост, в котором обратными связями поддерживаются условия высокой термо- и баростабильности сигнала. В результате гарантированы высокие качество и надежность ЗС-данных. Преобразованные в цифровую форму синхронизированные выборки компонент ускорения сохраняются как временные ряды и как результаты стандартного FFT-процессинга (в частотной области). Специальными программами обеспечен углубленный анализ временных рядов и спектров, продуктом которого являются: доминанты спектра и крутизна его правого среза (F1 параметр), типы поляризации и дисперсии, энергии, распределения и корреляционные оценки.

Несколько тысяч длинных инструментальных ЗС выборок собрано, начиная с 1994 года, в различных регионах Русской платформы, на Балтийском щите, на ЮВ периферии Карпатского орогена. Ниже представлены результаты обработки и интерпретации для фрагмента этой коллекции, относящегося к внутренней и периферической части Московской синеклизы (Тверская область).

На рис. 1 состояние текущей деструкции осадочного чехла представлено в форме распределения, полностью охватывающего названный фрагмент. Можно видеть, что основную долю в распределении составляют данные, характеризующиеся преобладающей упруго-вязкой Maxwell-механикой ($0,23 < F1 < 0,32$). Существенная доля в распределении принадлежит умеренно упругой ($0,35 > F1 > 0,32$) и упругой ($0,49 > F1 > 0,35$) Forsyth-механике. Число установленных упругих ($0,49 > F1 > 0,35$) и вязких ($0,15 < F1 < 0,23$) случаев минимально, но первое превалирует над вторым.

Кинетическая энергия $Ig \left[\rho \left(\frac{du}{dt} \right)^2 \right]$ и F1

- параметр коррелированы (рис. 2), причем минимальная энергия со средними уровнями вблизи -9 характеризует предельные вязкие случаи, а максимальная, с уровнями вблизи -7, - предельные упругие случаи. Количественно обозначенные выше границы упругой, умеренно упругой, упруго-вязкой и вязкой механики определены позициями, в которых существенно изменяется величина

$$d \left\{ Ig \left[\rho \left(\frac{du}{dt} \right)^2 \right] \right\} / d(F1).$$

В итоге имеет место следующая интер-

претация: современная деструктивная геологическая история бассейна является в значительной мере незавершенной, хотя реликтовый статус ($F1 \approx 0,43-0,49$) утрачен, а темпы эволюции отдельных фрагментов бассейна весьма различны.

На рис. 3 (TLM) и 4 (скрининг) представлены карты заданных выше диапазонов F1 параметра. Интенсивная окраска отражает участки, в пределах которых стандартные средства сейсморазведки принципиально способны удовлетворить высокие требования по качеству структурных исследований. В то же время эти участки непригодны для размещения опорных пунктов высокоточной гравиметрии. Участки иной окраски, и, особенно, ограниченные овалами, в той или иной степени проблемны с точки зрения качества стандартных средств сейсморазведки, но в их пределах возможно, подбирая позиции с минимальными энергиями и F1, размещать опорные гравиметрические пункты.

Можно видеть также, что вязкие зоны деструкции в осадках (см. овалы) сгруппированы в почти линейных кластерах, общая направленность которых координирована с речными долинами. Логично предположить, что форма производных кластеров есть проявление унаследованного осадочной формацией глубинного разлома.

По крайней мере, три участка (рис. 3): вблизи Каблуково, Юрьево-Девичье и, особенно, Харитоново, являются опасными как потенциальные носители сайт-эффекта. Здесь кинетическая энергия микросейсм экстраемально высока во всех фазах и циклах TLM. Характерно, что сайт-эффекты прогнозируются в позициях, где расстояние между предельно вязкой и предельно упругой средой минимально, то есть в области, где периферия жесткой плиты имеет максимально возможную свободу движения. В условиях избыточного водонасыщения, согласно П.А. Ребиндеру, быстро нарастает усталость материала на периферии плиты и деструктивный процесс ускоряется.

На рис. 4 также можно видеть пять инструментально выделенных вязких деструктивных зон и два участка потенциальных сайт-эффектов (между озерами Боталы и Отолов).

Прогноз времени активизации сайт-эффектов возможен на базе изучения платформенных микросейсмических ритмов.

Авторы признательны Российскому фонду фундаментальных исследований РФФИ за многолетнюю, начиная с 1994 года, финансовую поддержку экспедиционных работ.

Литература:

1. A.B. Beklemishev, O.A. Potapov, G.V. Larin, V.G. Boudanov, V.B. Dubovskoy, A.A. Kaluguine "Basin status, deep faults and their evolution are produced from passive seismic exploration" Workshop on preparation of large scale fault zone map of Tehran area and guidelines for civil construction. Tehran, Iran, 2004.



ИНГЕО

115419 Москва, 2-й Рощинский пр., 8

Тел.: (095) 232-2255; факс: 232-2240

E-mail: ingeo@co.ru

СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ПРОИЗВОДСТВА КОМПАНИИ INPUT/OUTPUT, Inc.
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ:

НАЗЕМНЫХ

Вибрационные источники колебаний;
Сверхмногоканальные радио кабельные регистрирующие системы;
Оборудование для многоволновой сейсморазведки;
Геофоны, кабели и полевое вспомогательное оборудование;

В ТРАНЗИТНЫХ ЗОНАХ

Сверхмногоканальные комбинированные радио
и кабельные телеметрические регистрирующие системы;
Болотные геофоны;

МОРСКИХ

Морские цифровые кассы и системы регистрации;
Пневмоисточники;
Гидрофоны;
Системы навигации и позиционирования.

Запуск оборудования в эксплуатацию
Сопровождение в период освоения
Обслуживание и ремонт в гарантийный
и послегарантийный периоды
Обучение операторов
и сервисных инженеров



Техника и технология многоуровневых сейсмических исследований на севере Западной Сибири

Бевзенко Ю.П., ОАО НПФ "Сейсмические технологии", г. Тюмень
Долгих Ю.Н., ЗАО "Герус", г. Тюмень

В условиях жесткой конкуренции на нефтяном рынке наиболее актуальной является проблема снижения себестоимости добываемого продукта. На себестоимость, в частности, существенное влияние оказывает точность и достоверность геологических моделей углеводородных резервуаров, построенных на основе геофизических данных.

На поисковом этапе все дорогостоящее поисковое бурение проектируется, в основном, по данным сейсморазведки, с привлечением дополнительной информации других геофизических методов. Как известно, не снижается значимость сейсморазведки и в процессе разведки и разработки месторождений.

Многолетний опыт нефтяников показывает, что объемы неэффективного бурения резко возрастают там, где низка точность сейсмических данных и у некоторых геологов-нефтяников сложилось мнение о том, что сейсморазведка не может решать задачу поиска и построения моделей слабоаномальных малоразмерных объектов. Заметим, что уже сейчас подавляющее число выявляемых нефтеперспективных объектов имеет площадь менее 10 км² и амплитуду по вертикали менее 15 м.

Гистограммы распределения перспективных на нефть и газ объектов на рис.1 позволяют выявить тенденцию в изменении площадей и амплитуд объектов нефтегазоперспективных работ.

Согласно данным Н.Я. Кунина (1981 г.) [1], подавляющее большинство, а именно 114 или 55 % из всех выявленных до 1976 г. в Среднеобской области нефтегазоперспективных объектов, имели площадь более 20 км² и все 133 выявленных объекта имели амплитуду более 25 м. По данным более поздних исследований [2] из 219 объектов, выявленных сейсморазведкой в ряде регионов Западной Сибири, 158, или 72,1%, имели площадь менее 10 км² и 131, или 59,8%, имели амплитуду менее 15 м.

Территория ЯНАО является самой сложной в Тюменской области в плане получения, обработки и интерпретации сейсмических данных, что обусловлено широким развитием криогенеза, способствующего резкой дифференциации по скоростям распространения сейсми-

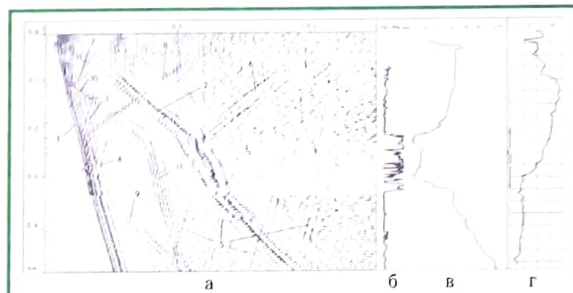


Рис. 2 Сейсмическое волновое поле (а), зарегистрированное в специальной скважине 1с на Суторминском месторождении; кавернограмма (б), термограмма (в) и кривая натурального логарифма энергии падающих волн (г) в той же скважине: 1,2 - первичные падающие волны; 3,4,5,6 - отраженные монотипные волны; 7,8 - обменные отраженные P-S- волны; 9,10 - обменные падающие волны; 11 - двукратно отраженная продольная волна

ческих волн в талых и мерзлых породах, составляющих верхнюю часть геологического разреза.

Рис.2 характеризует влияние мерзлой толщи на прохождение волн. На вертикальном профиле (в скважине) наблюдается резкое увеличение скорости в мерзлом слое, положение которого фиксируется термограммой. На сейсмограмме ВСП видно существенное увеличение фона помех в интервале выше мерзлого слоя.

Опыт показывает, что распространение и строение мерзлых толщ нужно знать на всех этапах освоения северных регионов:

- на этапе сейсмической разведки аномалии мерзлых толщ сильно искажают волновое поле, способствуют образованию большого количества волн-помех и ложных структурных объектов;
- на этапе поисково-разведочного бурения строение мерзлых толщ необходимо учитывать при проектировании площадок под основания буровых, конструкций верхних частей стволов скважин, поисков источников воды для обеспечения бурения;
- на этапе разработки месторождения строение мерзлых толщ необходимо учитывать при проектировании хранилищ, заводов по обработке продукта, коммуникаций, социально-бытовых объектов.

Таким образом, в связи с промышленным освоением территорий потребность в знании строения криогенных толщ является всеобъемлющей. Вместе с тем, сейсморазведка является геофизическим методом, которым непременно исследуется перспективная для освоения территория, поэтому целесообразно создавать и воплощать такие проекты сейсморазведочных работ, которые позволяют получать достаточный объем информации и о строении мерзлых толщ.

Такой подход приведет к снижению себестоимости добычи нефти, конденсата и газа, как за счет ускорения освоения месторождений, так и за счет снижения объемов изыскательских работ.

Подавляющее большинство проектов производственных сейсморазведочных работ, выполняемых на территории ЯНАО, не содержит технологических приемов получения в поле

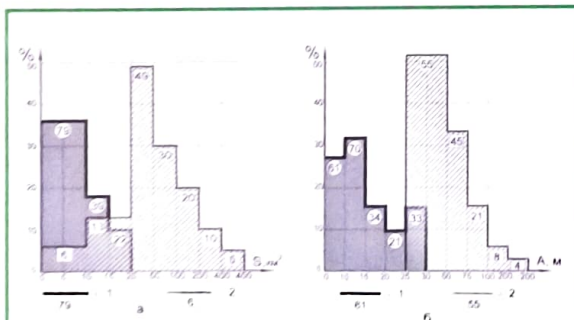
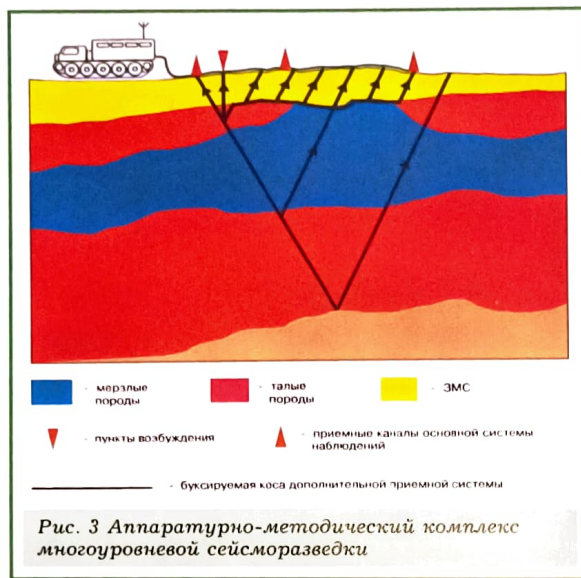


Рис. 1 Статистическое распределение в процентах и в количестве нефтегазоперспективных антиклинальных объектов по площади (а) и по амплитуде (б), выявленных сейсморазведкой в период с 1986 по 1990 годы (1) и до 1976 года (2)



ИННОВАЦИИ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



корректной первичной информации, проливающей свет на строение верхней части разреза.

Проектные параметры систем наблюдений таковы, что строение зоны малых скоростей и мерзлой толщи не может быть корректно исследовано и учтено при построении моделей поисковых объектов. Такое положение имеет место при двумерных наблюдениях и сохраняется при выполнении трехмерной сейсморазведки, когда значительное увеличение плотности точек в плане сопровождается ухудшением условий для изучения верхней части разреза, следовательно, снижением вертикальной точности и разрешающей способности сейсмического метода.

По результатам последующего бурения исследованных сейсморазведкой площадей, среднеквадратическая погрешность структурных карт находится в пределах от ± 15 до ± 25 метров, что не дает оснований для оптимизма при проектировании разведочных скважин на мало-

амплитудные объекты.

На основании теории сейсморазведки следует признать, что большинство применяемых в настоящее время проектов сейсморазведочных работ, в силу недостаточного объема первичной информации о зоне малых скоростей и о мерзлых толщах, не позволяют существенно повысить точность, разрешающую способность метода и обеспечить комплексное изучение глубинных и приповерхностных объектов. Нужно также признать, что информационная база, создаваемая в процессе выполнения подобных "ущербных" проектов, не отвечает требованиям предстоящих периодов освоения территории, вследствие чего в процессе освоения увеличиваются затраты, формирующие себестоимость продуктов добычи.

Увеличение затрат обусловлено:

- необходимостью выполнения дополнительных геофизических работ;
- большим количеством неудачных скважин;
- снижением эффективности извлечения продукта за счет дополнительного обводнения;
- увеличением срока вывода объектов на оптимальные режимы добычи.

В силу высочайшей сложности физико-математической теории сейсмических волновых полей, производственные проекты работ используют лишь незначительную часть возможностей, обеспеченных теорией. Отчасти это происходит по причине общепризнанной среди геологов-нефтяников второстепенности сейсморазведки относительно бурения. Результатом является снижение инвестиций в развитие сейсмики и, как следствие, выполнение производственных работ по весьма упрощенным схемам, дающим низкую точность и низкую разрешающую способность конечных результатов сейсморазведки.

Мы пытаемся осуществить коренное улучшение геологических результатов сейсморазведки в северных районах на основе технологии многоуровневых сейсмических исследований [3-8].

Суть новой технологии состоит в том, что

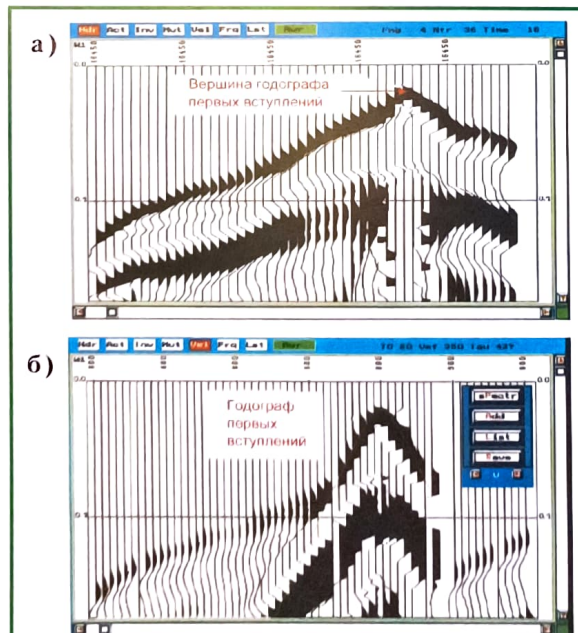


Рис. 4 а) Определение по сейсмограмме буксируемой сейсмической косы вертикального времени и номера канала, напротив которого располагался ПВ
б) Определение скорости взрыв-поверхность по годографу первых вступлений

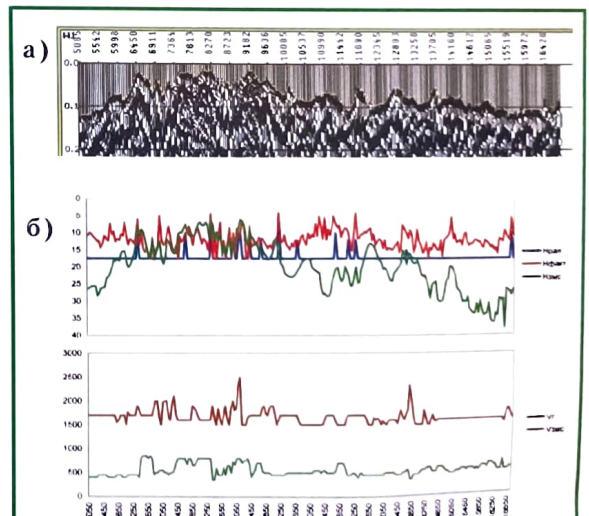


Рис. 5

а) Временной разрез головной (прямой) волны, распространяющейся в породах, подстилающих ЗМС
б) Контроль условий возбуждения по данным

многоуровневой сейсморазведки
 Нрав - глубина погружения заряда по рапорту,
 Нфакт - фактическая глубина погружения заряда,
 Намс - глубина залегания подошвы ЗМС,
 V_г - скорость головной (прямой) волны, распространяющейся в породах, подстилающих ЗМС,
 V_{амс} - скорость в ЗМС



ИННОВАЦИИ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

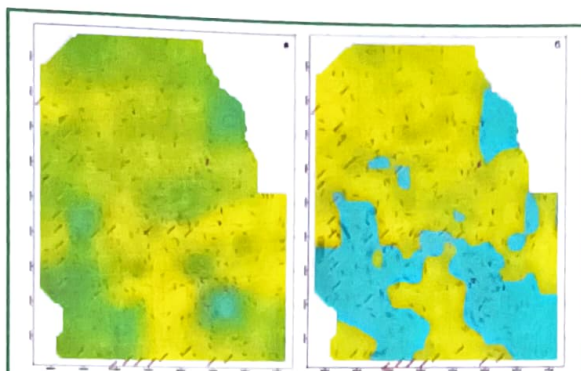


Рис. 6 а) Карта скоростей в ЗМС (р-н Старый Уренгой - Красноселькуп).
Нанесены: сетка профилей (красным), скважины (фиолетовым), линии равных значений скоростей - м/с.
б) Карта скоростей в породах, подстилающих ЗМС (р-н Старый Уренгой - Красноселькуп).
Нанесены: сетка профилей (красным), скважины (фиолетовым), линии равных значений скоростей - м/с.
Голубым цветом выделены зоны выгода приповерхностной мерзлоты на подошву ЗМС

На рис.6а показана карта скоростей в ЗМС, на рис.6б - карта скоростей в породах, подстилающих ЗМС (зоны развития приповерхностной мерзлоты выделены голубым светом).

На рис.7а показана карта поправок за ЗМС, а на рис.7б - карта параметра, классифицирующего площадь на участки с оптимальными (взрыв ниже подошвы ЗМС, синяя заливка) и неоптимальными (взрыв в пределах ЗМС, желтая заливка) условиями возбуждения.

4. Построение модели среды, формирующей волны-спутники с малыми временами задержки, и на этой основе корректировка формы сейсмического сигнала по материалам МОВ-ОГТ [8-10].

На рис. 8 в сравнении приведены:

- модель условий возбуждения по одному из профилей Ныдинской площади, включающая вертикальное время, время пробега в ЗМС, скорость в ЗМС и подстилающих породах;

- временной разрез до учета волн-спутников;

- временной разрез после учета волн-спутников.

Видно, что в результате учета волн-спутников повысилась преобладающая частота и общее отношение сигнал/помеха, увеличилась динамическая выразительность, стабилизировалась форма записи отраженных волн.

5. Построение с привлечением данных МОВ-ОГТ глубинно-скоростной модели ВЧР до первого опорного горизонта, включающей ЗМС, слой поверхностной и (или) реликтовой мерзлоты.

Модель ВЧР, включающая ЗМС и слой приповерхностной мерзлоты, по одному из профилей, приведена на рис.9а. По тому же профилю, на рис.9б показан временной разрез до учета ВЧР, на рис.9в - после учета ВЧР по приведенной модели.

Антиклинальному перегибу соответствует зона минимальных значений мощности мерзлоты,

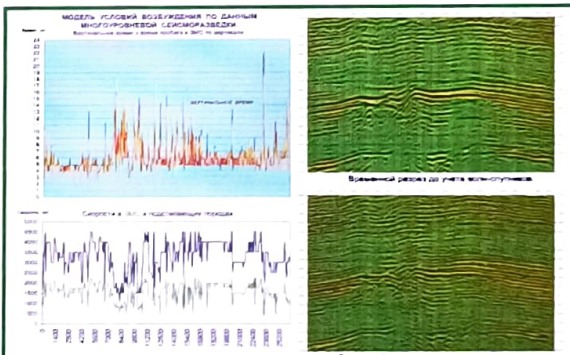


Рис. 8 Учет волн-спутников с малыми временами задержки по данным многоуровневой сейсморазведки

прием сейсмических волн, возбуждаемых источником, осуществляется несколькими приемными системами, оптимально настроенными на различные геологические глубинные этажи исследуемой среды (рис. 3).

Попутно получаемая по технологии многоуровневой сейсморазведки дополнительная информация обеспечивает комплексное решение ряда важных задач, что практически недоступно для традиционных технологий МОВ-ОГТ.

Решаемые задачи:

1. Метрологический контроль условий возбуждения, обеспечивающий определение точного значения тв, эффективной скорости взрыв-поверхности и возможность последующего расчета фактической глубины погружения заряда (рис.4а, б).

2. Построение точной модели ЗМС с привлечением данных метрологического контроля (рис.5а, б), расчет поправок за ЗМС, построение карт соответствующих параметров.

3. Выделение зон развития приповерхностной мерзлоты и классификация площади работ на участки с оптимальными (взрыв ниже подошвы ЗМС) и неоптимальными (взрыв в пределах ЗМС) условиями возбуждения.

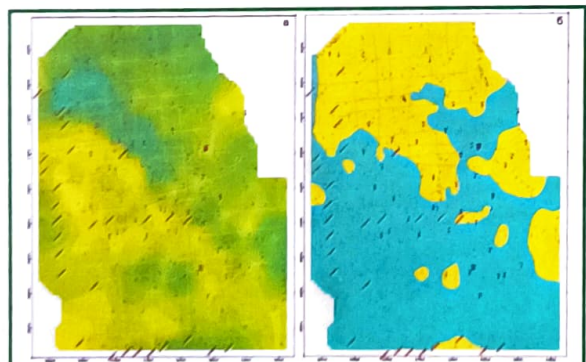


Рис. 7 а) Карта поправок за ЗМС (р-н Старый Уренгой - Красноселькуп).
Нанесены: сетка профилей (красным), скважины (фиолетовым), линии равных значений поправок - мс.
б) Результат вычисления толщин ЗМС из глубины погружения заряда (р-н Старый Уренгой - Красноселькуп).
Нанесены: сетка профилей (красным), скважины (фиолетовым), линии равных значений параметра - м.
Голубым цветом выделены зоны оптимальных условий возбуждения (взрыв ниже подошвы ЗМС), желтым - неоптимальных (взрыв в пределах ЗМС)

что может быть связано с фокусировкой теплового потока над положительными структурными элементами.

После учета ВЧР произошло разделение структурного фактора и фактора ВЧР, исчезли аномалии тв, обусловленные неоднородностями ВЧР.

В принципе, построенная по технологии многоуровневой сейсморазведки модель ВЧР может быть использована для обработки данных МОВ-ОГТ в любой известной обрабатывающей системе (ИНТЕРСЕЙС, VELINK, ПРОСПЕКТ, ГЕОВЕКТОР, ПРОМАКС), т.к. качественная априорная информация о ЗМС и мерзлоте всегда способствует повышению точности и достоверности результатов.

В любом случае, использование данных многоуровневой сейсморазведки приводит к



ИННОВАЦИИ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

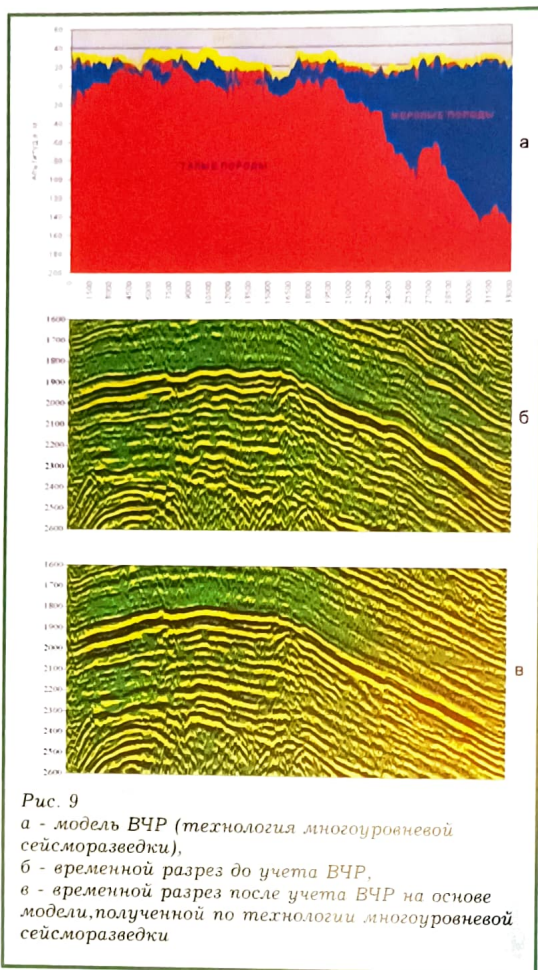


Рис. 9
а - модель ВЧР (технология многоуровневой сейсморазведки),
б - временной разрез до учета ВЧР,
в - временной разрез после учета ВЧР на основе модели, полученной по технологии многоуровневой сейсморазведки

существенному (с $\pm 15 - \pm 25$ м до $\pm 7 - \pm 10$ м) уменьшению среднеквадратических невязок структурных карт. Об этом свидетельствуют результаты систематического сопоставления карт, построенных по технологии многоуровневой сейсморазведки с картами, построенными упрощенным способом (рис.10а, б).

Технология многоуровневой сейсморазведки реализуется путем включения в процесс полевых работ дополнительной аппаратуры.

Комплекс дополнительной аппаратуры для высокоточной сейсморазведки включает станцию взрывного пункта [11], снабженную 48-60 канальной сейсмостанцией, установленной на вездеходном транспортном средстве и буксируемую сейсмическую косу, перевозимую от точки к точке волоком тем же транспортным средством.

В процессе полевых работ транспортное средство, нагруженное упомянутым оборудованием, движется на отстреле профилей. На каждом пункте возбуждения коса устанавливается в определенном положении относительно пункта взрыва, и осуществляется прием сейсмического сигнала. Вся эта работа проводится параллельно с работой приемной системы, настроенной на исследование глубинных объектов, при этом сейсмостанция дополнительной системы работает в ждущем режиме. Такая технология получения информации не приводит к снижению производительности сейсморазведки.

Технология трехуровневой сейсморазведки впервые была включена в проект сейсморазведочных работ на Северо-Часельской площади в 1997 году.

Некоторые результаты работ на Северо-

Часельской площади приведены в [2, 12].

Фактическая глубина взрыва по результатам контроля в среднем составляет порядка 10 метров, что на 4 метра меньше, чем глубина погружения заряда по рапорту оператора и на 6 метров меньше, чем заложено в проекте. Разность между фактическими значениями глубины по рапортам достигает 10 м, что, по-видимому, обусловлено отсутствием в партии средств погружения заряда в плавун.

Толщина ЗМС изменяется в пределах 5 - 22 метров, скорость в ЗМС 400 - 900 м/с.

Порядка 60% взрывов произведено в пределах ЗМС, т.е. в неоптимальных условиях. Если бы глубина погружения соответствовала проекту, то в пределах ЗМС было бы не более 0,5% взрывов. Верхняя граница приповерхностного слоя мерзлоты залегает на глубине 6-28 метров, абсолютные отметки 0-34 м, толщина изменяется в пределах 80-140 м, скорость волн в слое 2400 м/с. Верхняя граница реликтовой мерзлоты залегает на абсолютных отметках 220 - 300 м, толщина слоя 70 - 140 м, скорость в слое 2300 м/с.

Если задать вопрос, имеет ли ценность, полученная дополнительная информация, ответ будет очевидным - вне всякого сомнения, полученная информация крайне необходима.

Данные о фактической глубине взрыва и глубине подошвы ЗМС в сопоставлении с качеством получаемого материала позволили выявить разницу между проектом и его исполнением и поставить требование о необходимости применения на данном участке средств погружения зарядов в плавун.

Установлено, что отсутствие учета ЗМС из-за больших изменений величин поправок катастрофически увеличивает погрешность сейсморазведки.

По всем профилям устанавливается уровень грунтовых вод, что необходимо для проектирования буровых оснований, и других сооружений.

По изменению скорости головной (прямой) волны, распространяющейся в породах, подстилающих ЗМС, фиксируется подход верхнего слоя мерзлоты к дневной поверхности и подошве ЗМС. Эти данные также могут быть использованы при проектировании конструкций глубоких скважин.

Благодаря применению новой технологии обработки, совокупность всех выше перечисленных данных в сочетании со стандартными

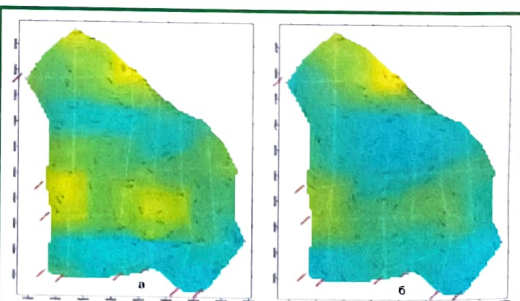


Рис. 10
а - структурная карта по горизонту Г, построенная по стандартной технологии, без учета ВЧР (среднеквадратическая невязка с бурением ± 31 м по данным 23 скважин)
б - структурная карта по горизонту Г, построенная по технологии многоуровневой сейсморазведки (среднеквадратическая невязка с бурением $\pm 7,5$ м по данным 23 скважин)

данными основной системы наблюдений МОВ-ОГТ создает условия для существенного повышения точности определения времен и скоростей до целевых горизонтов. В свою очередь, это обеспечивает повышение точности сейсморазведки и открывает реальную возможность построения надежных геологических моделей при поиске слабоаномальных, малоразмерных и малоамплитудных объектов.

За 8 лет технология многоуровневой сейсморазведки использована на 10 разведочных площадях, характеризующихся весьма сложными поверхностными условиями.

Во всех случаях использование дополнительной информации привело к повышению точности структурных построений, характеризующейся прогнозной величиной среднеквадратического отклонения сейсмических данных от данных бурения в $\pm 6,5$ - 8 м.

На Северо - Часельской площади после выполнения сейсморазведочных работ с прогнозируемым среднеквадратическим отклонением от данных бурения величиной ± 7 м, было пробурено 4 разведочных скважины, подтвердивших заявленную точность съемки (отклонения составили от 3 до 11 м).

Как точность сейсмических данных влияет на формирование себестоимости углеводородного сырья?

От точности сейсморазведки зависит вероятность правильного обнаружения поисковых объектов, причем влияние точности тем больше, чем меньше амплитуды и размеры целевого объекта. Соответственно изменяется и вероятность бурения "удачных скважин". Для целевых объектов с амплитудой более 12 метров снижение погрешности сейсморазведки с ± 12 м до ± 6 м очень мало влияет на вероятность их обнаружения, однако, для объектов амплитудой менее 12 м такое снижение погрешности повышает вероятность правильного обнаружения, в среднем, в 2 раза. Это значит, что на этапе поиска в среднем в два раза сократится количество "неудачных" скважин, соответственно сократятся и сроки опоскования объекта и сроки замораживания капиталовложений.

На этапе разведки также произойдет двукратное сокращение "неудачных" скважин, с соответствующим сокращением сроков и затрат. В период освоения месторождения сокращается количество "неудачных" скважин в окраинных частях структур.

В период эксплуатации точность геометрической формы резервуара влияет на эффективность режимов вытеснения нефти.

Дополнительные затраты, связанные с применением многоуровневой сейсморазведки на один сейсмический отряд (500 лог. км, 48-кратного ОГТ) в ценах настоящего времени - 8 млн. рублей, что составляет не более 5% стоимости одной разведочной скважины и 10% - одной эксплуатационной скважины на территории ЯНАО.

В настоящее время статистически "проваливается" около 50% скважин на поисковых работах и достаточно большое количество при эксплуатационном бурении.

Из этих данных трудно определить экономический эффект от применения многоуровневой сейсморазведки.

Если по результатам работ одной партии в среднем бурят 3 поисковых скважины и 10 эксплуатационных, то, учитывая приведенные выше данные, можно полагать, что "спасение"

хотя бы двух скважин за счет затраченных 8 млн. рублей на многоуровневую сейсморазведку даст экономии 100 млн. рублей при поиске и эксплуатации, не считая прибылей от использования дополнительной информации в других целях.

Выводы:

1. Применяемые технологии выполнения сейсморазведочных работ из-за низкой точности не отвечают требованиям, предъявляемым к информационной базе 21 века.

2. Технология многоуровневой сейсморазведки позволяет значительно увеличить объем получаемой информации и повысить ее точность и достоверность.

3. Относительно небольшое удорожание сейсморазведочных работ при гарантированном повышении точности структурных построений обеспечит 10 - 15 кратную, по сравнению с затратами, экономию средств, обусловленную сокращением неудачных скважин.

Литература

1. Куни Н.Я. Подготовка структур к глубокому бурению для поисков залежей нефти и газа. М.: Недра, 1981.
2. Брехунцов А.М., Бевзенко Ю.П. Об экономике и технологии поисков нефтяных и газовых месторождений в Западной Сибири. Журнал "Геология нефти и газа", № 3, 2000.
3. Бевзенко Ю.П., Долгих Ю.Н. Пути повышения точности построения геологических моделей залежей в Западной Сибири с использованием сейсморазведки. Геолого-геофизическая научно-практическая конференция ЗапСибОЕАГО, Тюмень, 2000. Тезисы докладов и выступлений.
4. Бевзенко Ю.П., Брехунцов А.М., Долгих Ю.Н. Результаты производственного применения технологии многоуровневой высокоточной сейсморазведки. Геолого-геофизическая научно-практическая конференция ЗапСибОЕАГО, Тюмень, 2000. Тезисы докладов и выступлений.
5. Бевзенко Ю.П., Долгих Ю.Н., Зозуля В.А., Шулик С.И. Многоуровневая высокоточная сейсморазведка: решаемые задачи, технология и результаты применения на севере Западной Сибири. Геолого-геофизическая научно-практическая конференция ТюменьОЕАГО, Тюмень, 2001. Тезисы докладов и выступлений.
6. Бевзенко Ю.П., Долгих Ю.Н. Многоуровневая сейсморазведка перспективное направление повышения качества сейсморазведочных работ для недропользователей. Геолого-геофизическая научно-практическая конференция ТюменьОЕАГО, Тюмень, 2003. Тезисы докладов и выступлений.
7. Бевзенко Ю.П., Долгих Ю.Н., Трандин С.М. Многоуровневая сейсморазведка. Повышение точности сейсморазведочных работ на основе изучения БЧР и учета волн-спутников с малой задержкой. Журнал "Горные ведомости", № 2, 2004.
8. Долгих Ю.Н. Эффективность интерференционной системы МОВ-ОГТ в отношении волн-спутников возбуждаемого сигнала. Журнал "Нефть и газ", № 2, 2001.
9. Долгих Ю.Н. О возможности учета волн-спутников возбуждаемого сигнала в рамках технологии многоуровневой высокоточной сейсморазведки. Геолого-геофизическая научно-практическая конференция ЗапСибОЕАГО, Тюмень, 2001. Тезисы докладов и выступлений.
10. Долгих Ю.Н. Влияние изменений формы сейсмического сигнала на точность сейсмоструктурных построений. Журнал "Нефть и газ", № 2, 2003.
11. Бевзенко Ю.П., Брехунцов А.М., Долгих Ю.Н., Кориков А.П. Станция взрывного пункта. Патент РФ № 2142149 кл. G01V1/104, опубл. 1999 г., бюлл. № 33.
12. Бевзенко Ю.П., Брехунцов А.М., Долгих Ю.Н. Результаты производственного применения технологии многоуровневой высокоточной сейсморазведки. Журнал "Нефть и газ", № 1, 2002.

ИННОВАЦИИ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



Технология сейсмотомографических исследований грунтов в околотоннельном пространстве

Канарейкин Б.А., Сагайдачная О.М., Курбатский В.Н., Дунаева К.А., ФГУП "СНИИГиМС", г. Новосибирск

ИННОВАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Важнейшей задачей обеспечения экологической безопасности строительства и эксплуатации крупных техногенных объектов является детальное изучение техносферы системы, включающей геологическую среду и окружающие промышленные инфраструктуры, в том числе подземные и подземно-наземные инженерные и транспортные сооружения. В условиях мегаполиса, каковым является Новосибирск, крупнейшей транспортной магистралью является метрополитен. При строительстве и эксплуатации метрополитена необходимо периодически проводить исследования (иначе говоря, мониторинг) состояния грунтового массива в околотоннельном пространстве с оценкой его физико-механических характеристик. Обнаружение сформировавшихся со временем локальных пустот и зон обводнённости в околотоннельном пространстве позволяет выработать адекватные технологические решения по их устранению и, следовательно, исключить возможность аварийных ситуаций и их последствий.

Известно [7], что сейсмотомографический способ позволяет получать непрерывное распределение значений скоростей распространения упругих продольных и поперечных волн в произвольно заданной плоскости, которое можно использовать как непосредственно для оценки целостного состояния грунта, так и для оценки его физико-механических характеристик. Сейсмические работы по исследованию грунтов околотоннельной зоны строящегося перегона второй очереди Новосибирского метрополитена были выполнены по заказу Муниципалитета Новосибирска по личной инициативе и поддержке Н.Б. Хвана - начальника МУП "Управление заказчика по строительству подземных транспортных сооружений". Детальные инструментальные сейсмические наблюдения тоннеля были проведены в весенний (2003 г.) и в зимний (2003 - 2004 гг.) периоды после длительного простоя проходческого щита. К началу работ на исследуемом участке наблюдались и проседание грунта, и отдельные его провалы, наиболее крупный из них объемом около 400 м^3 вошел в левый тоннель примерно в 10 м - 12 м от фасада многоэтажной новостройки. При проходке правого тоннеля также произошел массовый сброс разжиженного грунта через забой в тоннель. Отмеченные явления обусловлены особенностями физико-механических свойств грунтов, уровнем их обводнённости и способностью водонасыщенных грунтов переходить в подвижное состояние под воздействием сильных динамических воздействий.

Грунтовой массив, вмещающий тоннель, в геоморфологическом отношении приурочен к правобережному Приобскому плато. В геологическом отношении верхняя часть разреза представлена аллювиально-делювиальными верхнечетвертичными отложениями. В зоне, прилегающей к своду тоннеля, грунты представлены твердыми лессовыми супесями и

влажными суглинками, а ниже оси тоннеля - супесями, насыщенными водой и находящимися в пластичном состоянии. Уровень грунтовых вод находится примерно на отметке $12 \text{ м} \pm 14 \text{ м}$.

Техническое обеспечение детальных сейсмических работ

Сейсмические работы были выполнены с использованием высокоточной 24-х разрядной отечественной многоканальной телеметрической сейсмостанцией СТС-24Р в портативном варианте APC [6]. В состав станции APC (до 120 каналов) входят переносные телеуправляемые шестиканальные регистраторы. Основные технические характеристики регистратора: частота дискретизации 0,25, 0,5, 1,0, 2,0, 4,0, 8,0, 16,0 мс; мгновенный динамический диапазон более 120 дБ; коэффициент нелинейных искажений менее 0,002%; потребляемая мощность на канал менее 0,33 Вт; источник питания - аккумулятор; масса менее 5 кг.

Регистрация упругих колебаний проводилась в реальном времени на открытом канале с частотой дискретизации 0,5 мс. Отметка момента реализована с использованием пьезодатчика, программно-аппаратное обеспечение позволяет выполнять в автоматическом режиме практически неограниченное количество накопленных. При регистрации сейсмических данных применялись одиночные вертикальные сеймоприемники GS20DX, количество каналов менялось от 18 до 72. Возбуждение упругих колебаний осуществлялось вертикально направленными ударами молота весом до 6 кг по металлической пластине, закреплённой на поверхности грунта, выполнялось накопление 4 - 8 сеансов.

Методика детальных сейсмических наблюдений

В основу технологии исследований был положен способ сейсмопросвечивания среды, обеспечивающий наиболее точное отождествление волн различного типа и траектории их распространения. Детальные сейсмические работы выполнялись по методике многократных перекрытий с использованием нескольких систем наблюдений: наземно-тоннельной

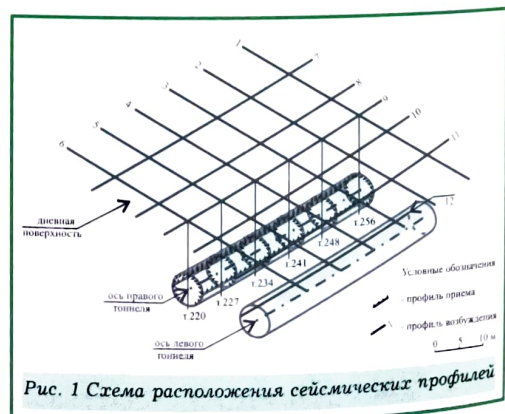


Рис. 1 Схема расположения сейсмических профилей

радиальной, наземно-тоннельной, продольной и межтоннельной продольной. Расстояния, как между пунктами приема, так и между пунктами возбуждения упругих колебаний составляли 1 м. Общая схема расположения сейсмических профилей приведена на рис. 1.

При наземно-тоннельной радиальной системе наблюдений прием упругих колебаний осуществлялся по окружности туннеля с расстоянием между сейсмоприемниками до 1.0 м. Возбуждение упругих колебаний проводилось по линейным профилям, расположенным на дневной поверхности. При этом линия приема по окружности туннеля и линия возбуждения упругих колебаний находились в единой вертикальной плоскости. Профиль возбуждения располагался перпендикулярно и симметрично относительно оси туннеля. Сейсмоприемники, оси максимальной чувствительности которых были ориентированы по радиальным направлениям, крепились к стенкам туннеля цилиндрической формы на специальных магнитах. Было отработано шесть поперечных сечений, плоскости которых пересекают туннели №№ 220, 227, 234, 241, 248, 256.

При наземно-тоннельной продольной системе наблюдений линия приема сейсмических волн располагалась внутри туннеля параллельно его образующей оси. Оси максимальной чувствительности сейсмоприемников были ориентированы перпендикулярно стенке туннеля. Профили возбуждения упругих колебаний располагались на дневной поверхности параллельно оси туннеля. Сейсмические наблюдения были выполнены по трем образующим линиям туннеля: двум боковым и одной верхней. При этом каждая расстановка сейсмоприемников обрабатывалась с трех линий возбуждения, что обеспечивало относительно равномерное освещение строения массива надтоннельных грунтов по ряду взаимопересекающихся наклонных плоскостей.

Межтоннельная продольная система наблюдений состояла из линии приема упругих колебаний, расположенной в правом туннеле, и профили возбуждения упругих колебаний, расположенного внутри левого туннеля. Линия приема и профиль возбуждения располагались на боковых образующих в единой горизонтальной плоскости. Ось максимальной чувствительности сейсмоприемников располагалась в горизонтальной плоскости (радиальная). Плоскость освещения грунтов располагалась горизонтально и включала центральные горизонтальные сечения туннелей.

Методика обработки и интерпретации детальных сейсмических наблюдений

На начальном этапе обработки сейсмических данных были подготовлены системы годографов однотипных волн, зарегистрированных в первых и последующих вступлениях на сейсмограммах, с использованием программного комплекса "СТС-оператор" [4] и программы построения годографов Godograph. Была проведена в интерактивном режиме коррекция прослеженных годографов и получены гладкие поля времен, вариации которых обусловлены особенностями строения среды. Полученные поля времен были обработаны с использованием специализированного программного комплекса, в котором реализован метод сейсмотомографической обработки [1]. Алгоритмический аппарат

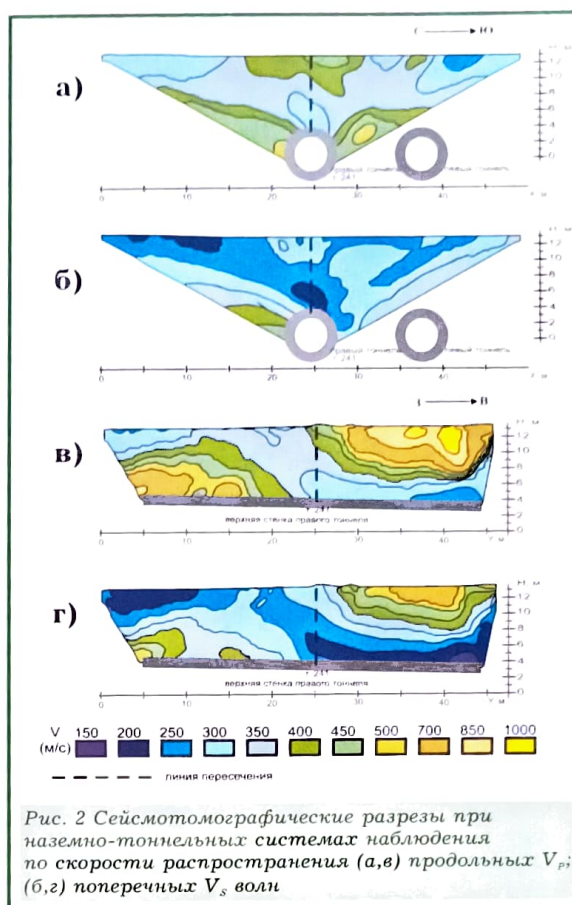


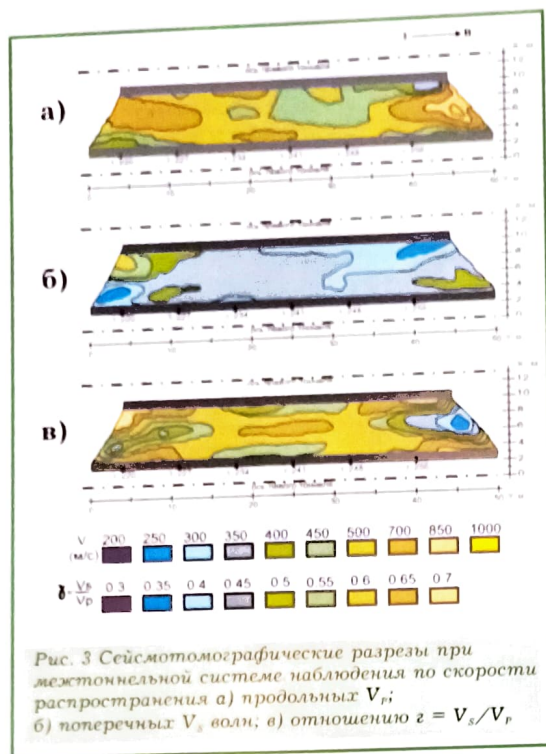
Рис. 2 Сейсмотомографические разрезы при наземно-тоннельных системах наблюдений по скорости распространения (а,в) продольных V_p ; (б,г) поперечных V_s волн

лучевой сейсмотомографии построен на автоматическом итерационном подборе скорости модели среды с условием минимизации разности времен между наблюдаемыми и теоретическими годографами во всех точках наблюдения. Общее решение задачи сводится к решению системы линейных уравнений с большим количеством неизвестных, которое достигается способом алгебраической реконструкции.

Результатом обработки являются плоскостные (вертикальные, наклонные, горизонтальные) сейсмотомографические разрезы по скоростям распространения продольных V_p и поперечных V_s волн. Сейсмотомографические разрезы (см. рис. 2, 3) по параметрам V_p и V_s , а также их отношению - параметру $\gamma = V_s/V_p$, который, как известно, с высокой достоверностью характеризует степень водонасыщенности грунтов [3, 5], используются для начальной оценки характеристик грунтов. Затем эти разрезы с помощью известных [2] и уточненных корреляционных зависимостей между скоростями распространения упругих волн V_p и V_s и физико-механическими свойствами грунтов пересчитывались в томографические разрезы по другим параметрам: плотности ρ , естественной влажности W , модуля деформации E , удельного сцепления C .

Результаты сейсмотомографических исследований

Анализ всех сейсмотомографических материалов позволил получить целостную характеристику состояния грунтов в пределах исследуемого участка (прикабойной части правого туннеля и околотоннельного пространства).

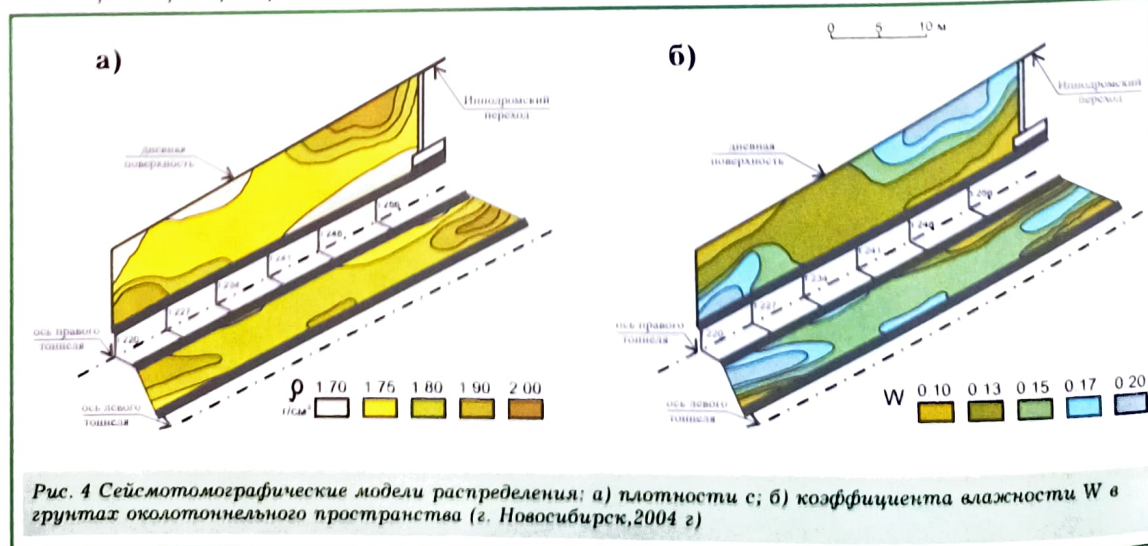


Сейсмотомографические разрезы по скоростным параметрам V_p и V_s свидетельствует о достаточно сложном распределении значений скоростей распространения продольных и поперечных волн во вмещающих грунтах. В качестве примера на рис. 2а и 2б показаны полученные при наземно-тоннельной радиальной системе разрезы по скоростным параметрам V_p , V_s для профиля возбуждения №3 и линии приема, расположенной по окружности туннеля №241. Значения скорости распространения продольных волн V_p изменяются в пределах от 250 м/с до 550 м/с. В нижней части надтоннельного пространства имеется локальная аномалия пониженных значений скоростей, которая, вероятнее всего, обусловлена разуплотнением грунта при проходке туннеля. Локальное повышение в приповерхностной зоне над туннелем может быть связано с уплотнением грунтов под действием наземного транспорта, а также с особенностями зимнего промерзания грунтов. Сейсмотомографический разрез значений скорости распространения поперечных волн

V_s дает аналогичную конфигурацию аномалии. Однако здесь более выражено проявление асимметрии в характеристиках грунтов, прилегающих к боковым стенкам туннеля со стороны левого туннеля, отмечаются более низкие значения V_s .

На рисунках 2в, 2г показаны полученные при наземно-тоннельной продольной системе наблюдений сейсмотомографические разрезы по скоростным параметрам V_p , V_s для профиля возбуждения №9 и линии приема, расположенной на верхней стенке правого туннеля параллельно его оси. В восточной части профиля наблюдаются аномально пониженные скорости V_p , V_s в грунтах прилегающих к туннелю. Эта аномалия обусловлена техногенными причинами, вызвавшими разуплотнение грунтов при проходке туннеля. Контрастно выраженные высокоскоростные аномалии V_p , V_s в приповерхностной части профиля можно объяснить промерзанием влажных насыпных грунтов, прилегающих к железобетонной стенке Ипподромского переезда. В западной части профиля над верхней стенкой туннеля фиксируется высокоскоростная аномалия V_p . Сходная, но менее выраженная, аномалия выделяется в этой части и по значениям скоростей распространения поперечных волн V_s . Наблюдаемая аномалия по скоростным характеристикам, вероятно, связана с повышенной влажностью грунтов этого участка, обусловленной утечкой воды из тепловодоцентралей, расположенных рядом.

При межтоннельной системе сейсмических наблюдений строение грунтов освещалось в горизонтальной плоскости. Диапазон изменения скорости распространения продольных волн V_p на сейсмотомографическом сечении составляет 300 м/с ÷ 1000 м/с, преобладающие значения V_p = 400 м/с ÷ 550 м/с (рис. 3а). В восточной части профиля отмечается повышение значений V_p до 1000 м/с. В этой же части профиля на участке, прилегающем к левой стенке правого туннеля фиксируются аномально пониженные значения V_p = 300 м/с ÷ 350 м/с. Значения скорости распространения поперечных волн V_s на сейсмотомографическом сечении изменяются в диапазоне 200 м/с ÷ 500 м/с (рис. 3б). Наиболее низкие значения V_s наблюдаются в восточной части профиля вблизи левой стенки правого туннеля и в западной части профиля вблизи



правой стенки левого тоннеля. Значения $\gamma = V/V_p$ изменяются в пределах от 0.35 до 0.7. Преобладающие значения γ составляют 0.5 - 0.65 и соответствуют грунтам с пониженной влажностью (рис. 3в). В восточной части профиля располагается участок с аномально низкими значениями $\gamma = 0.35-0.4$. Эту особенность можно связать с повышением влажности грунтов из-за погружения тоннеля и приближения плоскости наблюдения к водоносному горизонту. Аномально высокие значения γ до 0.7 получены на отдельных участках вблизи стенок тоннеля, что может свидетельствовать о наличии сухих и, возможно, разуплотненных грунтов.

Главной особенностью массива грунтов околотоннельного пространства является наличие в прибойной части правого тоннеля зоны разуплотненных грунтов (до 1.75 г/см^3) и аномалии пониженных значений влажности (до 0.1) (рис. 4), которые практически совпадают. Кроме того, в верхней части разреза над правым тоннелем на участке, примыкающем к железобетонной стенке Ипподромского перехода, выделены грунты с аномально повышенными плотностями (до 2.00 г/см^3). Повышенная плотность грунтов на этом участке, скорее всего, обусловлена их промерзанием. Слабо контрастная аномалия пониженной влажности фиксируется в верхней части вертикального разреза в западной части разреза (тюбинг №220 - №227). Аномальные зоны повышенной влажности (до 0.2) выделяются в верхней части разреза на участке, примыкающем к Ипподромскому проезду, и в нижней части разреза в интервале между тюбингами №220 и №227. Верхняя аномальная зона повышенной влажности может быть соотнесена с зоной мерзлых грунтов. Зона повышенной влажности в нижней части разреза имеет, вероятнее всего, техногенную природу и связана с утечкой воды из расположенных рядом водоводов или теплоцентралей.

Полученные результаты являются убедительной иллюстрацией эффективности технологии диагностики состояния грунтовых массивов с применением способа сейсмотомографии. Проведение сейсмотомографических исследований в формате просвечивания с использованием наземно-тоннельных и межтоннельных наблюдений позволило с высокой степенью детальности получить представление об особенностях строения грунтов в околотоннельном пространстве, выявить аномальные зоны, связанные как с техногенными причинами, так и сезонными изменениями физико-механических характеристик грунтов в результате их промерзания. Сейсмотомографические приемы изучения техносферы являются высоко технологичными и экологически безопасными, не связаны с нарушениями объекта исследований, и могут успешно применяться при строительстве и эксплуатации (в режиме мониторинга) инженерных и транспортных объектов, наземных и подземных коммуникаций, гидротехнических сооружений и т.п.

Литература

1. Канарейкин Б.А., Курбатский В.Н., Ким А.Ф. Опыт использования сейсмотомографии при изучении строения железнодорожных насыпей. - Известия вузов (строительство). Вып.1, 1993.
2. Методические рекомендации по определению состава, состояния и свойств грунтов сейсмоакустическими методами. - М.: Главтранспроект, 1985.
3. Никитин В.Н. Основы инженерной сейсмологии. М.: МГУ, 1981.
4. Птицына Т.С., Сагайдачный А.В. Комплекс программ "СТС - оператор". /Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ №2002610574 от 22.04.2002.
5. Пузырев Н.Н. Методы сейсмических исследований. - Новосибирск: Наука, 1992.
6. Сагайдачная О.М., Шмыков А.Н., Сагайдачный А.В. и др. Отечественная многоканальная телеметрическая станция СТС-24Р для сейсмических исследований. Геофизический вестник ЕАГО, №10, 2002.
7. Сейсмическая томография. С приложениями в глобальной сейсмологии и разведочной геофизике: /Под ред. Нолета Г. М.: Мир, 1990.

ПОДПИШИСЬ

Персональная информация о подписчике/Почтовый адрес организации

ФАМИЛИЯ		ИМЯ		ОТЧЕСТВО	
ПОЛНОЕ НАИМЕНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ					
ОТДЕЛ/ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ			ДОЛЖНОСТЬ		
ИНДЕКС	СТРАНА	ГОРОД	ОБЛАСТЬ/РАЙОН		
АДРЕС					
КОД ГОРОДА	ТЕЛЕФОН	ФАКС	E MAIL		
Россия, 410019, г. Саратов, ул. Крайняя 129, СО "ЕАГО" - в редакцию "Приборы и системы разведочной физики"					

Стоимость годовой подписки (с почтовой пересылкой и НДС - 10%)

Наименование издания	1 комплект	2 комплекта	3 комплекта	4 комплекта
Журнал "Приборы и системы разведочной геофизики"	1200 руб.	2300 руб.	3350 руб.	4400 руб.



Аэрогравиметрия - новый метод изучения труднодоступных территорий, перспективных на углеводородное сырье

Могилевский В.Е., Контарович Р.С., ЗАО ГНПП "Аэрогеофизика", г. Москва

ИННОВАЦИИ
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

В настоящее время основными территориями России, на которых сосредоточены работы по расширению минерально-сырьевой базы и прежде всего поиску месторождений углеводородов, являются отдаленные районы Сибири, Дальнего Востока, а также шельфы северных и восточных морей. К сожалению геофизическая и, в частности, гравиметрическая изученность этих регионов остается совершенно недостаточной. На изданной "Карте качества геофизической изученности России" (редактор А.И. Бурде, 1995 г.) коричневым и фиолетовым цветами отмечены огромные территории, на которых качество государственной гравиметрической съемки масштаба 1:200000 оценивается, как низкое, не отвечающее современным требованиям. Акватории морей остаются вообще неисследованными (Рис.1).

Такая слабая гравиметрическая изученность основных перспективных территорий естественно сказывается на эффективности геолого-поисковых работ и поэтому должна быть улучшена. Традиционными методами решить эту проблему в обозримом будущем невозможно. Наземная гравиметрическая съемка масштаба 1:200000 одного двухсоттысячного планшета в труднодоступных районах может стоить десятки миллионов рублей и продолжаться 3-5 лет. Между тем существуют альтернативные методы гравиметрических исследований.

Сейчас в мире наблюдается повышенный интерес к аэрогравиметрии - измерению силы тяжести на борту летящего самолета (вертолета). Метод имеет ряд несомненных преимуществ перед традиционными гравиметрическими съемками: быстрота получения материала, высокая экономическая эффективность (особенно при работах в труднодоступной местности - горные районы, заболоченная тундра, акватории морей и озер, транзитные зоны) и возможность изучения поля силы тяжести в трехмерном пространстве (на разных высотных уровнях).

В нашей стране систематические работы по аэрогравиметрической тематике начались более тридцати лет назад во ВНИИГеофизика под руководством В.В. Федюнского и А.М. Лозинской [3]. Задача оказалась очень сложной и потребовала значительных усилий. Основной проблемой, возникающей при измерениях силы тяжести на самолете, является исключение и/или учет воздействия на измерительную систему ускорений носителя, величина которых может в десятки тысяч раз превышать амплитуду аномалий силы тяжести.

К настоящему времени создана аппаратура и разработана методика проведения аэрогравиметрических измерений на самолетах типа АН-30 струнными безинерционными гравиметрами с погрешностью 0.7-0.8 мГал, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к гравиметрическим съемкам масштаба 1:200000.

В последние годы аэрогравиметрические исследования в нашей стране были в основном

сосредоточены в ГНПП "Аэрогеофизика". Сейчас это единственная российская компания, имеющая опыт проведения съемок масштаба 1:200000 в значительных производственных объемах.

В качестве примера на рис.2 представлена карта аномалий силы тяжести в редукции Буге, полученная в результате аэрогравиметрической съемки в северной части Архангельской области на площади 14000 км² в пределах четырех двухсоттысячных топографических планшета. Производительность работ составила порядка 10 000 км² в месяц.

Рядом для сравнения показана аналогичная карта, построенная по результатам наземной и морской гравиметрической съемки масштаба 1:200000. Все особенности гравитационного поля на картах в пределах суши (центральная и южная части площади) совпадают. Существенное отличие карт в северной части (на акватории Белого моря) объясняется отсутствием здесь сколько-нибудь полной и регулярной сети морских гравиметрических пунктов. Погрешность аэрогравиметрической карты, оцененная по сопоставлению с высокоточными (0.25 мГал) наземными данными в более чем тысяче точек, составляет 0.76 мГал. Пространственное разрешение карты 5-6 км.

Представленные материалы убедительно демонстрируют целесообразность использования аэрогравиметрии для среднемасштабного (1:200000) картирования гравитационного поля обширных труднодоступных территорий.

Гравитационное поле Земли успешно изучается и по спутниковым данным. В этой связи возникает вопрос об разграничении областей применения аэросъемки и спутниковой гравиметрии и, в частности, спутниковой альтиметрии над водной поверхностью. Исследования по программе спутниковой альтиметрии ведутся уже около 30 лет. В настоящее время осуществляется два проекта: американский TOPEX/POSEIDON и европейский ERS, с приблизительно одинаковыми точностными характеристиками.

Первичными результатами альтиметрии являются регистрируемые с частотой порядка 1 Гц средние высоты спутника над поверхностью воды в пятне, вытянутом по трассе полета на 6-7 км и шириной порядка 1 км. По ним определяются высоты геоида и возмущения гравитационного поля. В настоящее время существует несколько каталогов гравитационного поля Земли, в которых значения силы тяжести над акваториями получены по альтиметрическим данным (аномалии на суше вычислены по результатам мелкомасштабных наземных съемок и наблюдений возмущений орбит ИСЗ). Одним из самых полных является каталог Sandwell D., Smith W. версия 9.2 [6].

Построенная по этому каталогу карта аномалий силы тяжести для района аэрогравиметрических работ в Архангельской области так же представлена на рис. 2.

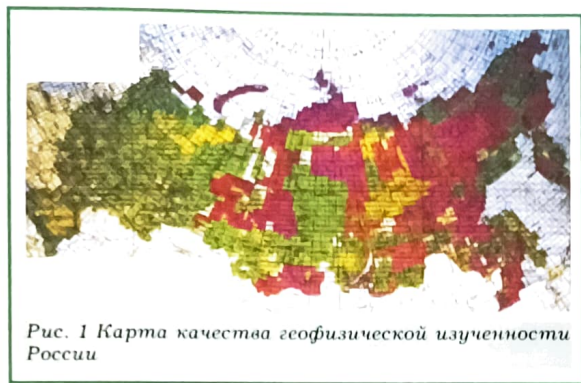


Рис. 1 Карта качества геофизической изученности России

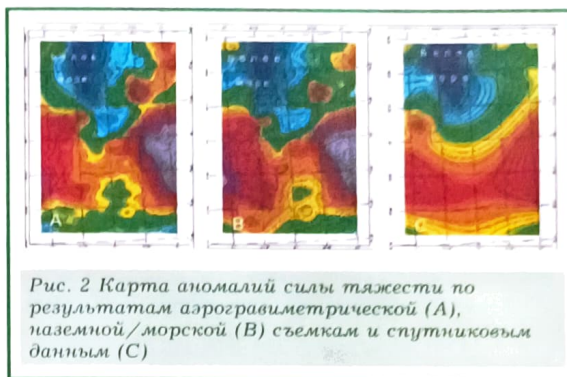


Рис. 2 Карта аномалий силы тяжести по результатам аэрогравиметрической (А), наземной/морской (В) съемкам и спутниковым данным (С)

Погрешность карты составляет 4,4 мГал. Аналогичные оценки получены и другими исследователями при сопоставлении альтиметрических и гравиметрических данных в различных районах Мирового океана [1,5]. Это позволяет сделать вывод: по детальности и точности, получаемые с помощью спутниковой альтиметрии модели аномального гравитационного поля Земли соответствуют результатам гравиметрических съемок масштаба 1:1000000 и мельче. Целый ряд принципиальных особенностей метода не позволяет рассчитывать на существенное улучшение этих параметров в обозримом будущем. Таким образом, спутниковая гравиметрия не является альтернативой аэросъемки при среднемасштабных работах.

Помимо измерений на самолетах в ГНПП "Аэрогеофизика" в опытном порядке проводятся аэрогравиметрические работы на вертолетах, имеющих существенно меньшую скорость полета и тем самым обеспечивающих повышение детальности съемки. Результаты демонстрируют возможность выполнения аэрогравиметрической съемки с погрешностью 0,3-0,5 мГал и пространственным разрешением 2-3 км. Эти параметры соответствуют крупномасштабным (1:100000-1:50000) гравиметрическим съемкам в труднодоступных районах.

За рубежом (США, Канада, Австралия) исследования проводятся как в государственных структурах (Lamont-Doherty Earth Observatory, US National Science Foundation и др.), так и в крупных коммерческих компаниях (Carson Services, Edcon Aero Surveys, Sander Geophysics, Fugro LCT). Выполняемые ими съемки имеют те же точностные параметры, что и съемки ГНПП "Аэрогеофизика".

Список сообщений и публикаций в интернете по аэрогравиметрической тематике в настоящее время включает несколько сотен пунктов. Таким образом, можно констатировать начало широкого внедрения в практику геофизических исследований нового аэрогравиметрического метода измерения силы тяжести.

Рассмотрим место аэрогравиметрии при изучении гравитационного поля Земли. Для этого из всей совокупности возможных неоднородностей поля силы тяжести выделим класс аномалий, параметры которых позволяют рассматривать их в качестве возможных объектов аэрогравиметрических измерений, и затем проведем оценку искажений, неизбежных при измерении силы тяжести на борту движущегося самолета. Для аномалии Фая - это обычные аномалии после введения поправки за свободный воздух. Аномалии Буге - это результат учета со знаком "минус" притяжения

в точке измерения всех топографических масс между геоидом и физической поверхностью Земли на суше, и со знаком "плюс" дефицита масс между поверхностью дна и уровнем моря на акваториях.

Любую, отдельно взятую аномалию, пересекаемую съемочным профилем, в первом приближении можно характеризовать всего двумя параметрами: амплитудой и горизонтальным размером (условно размером можно считать ширину зоны, в пределах которой величина аномалии превышает 30% от своего максимума). На графике, по осям которого отложены эти величины, она представляется точкой. Таким образом, выделение потенциально регистрируемых при аэросъемке аномалий сводится к оконтуриванию множества соответствующих точек.

Интенсивность и горизонтальные размеры аномалий силы тяжести не являются совершенно независимыми параметрами. В отличие от намагниченности, избыточная плотность горных пород может варьировать в очень ограниченном диапазоне. Значительная избыточная масса любого геологического тела, определяющая интенсивность соответствующей гравитационной аномалии, может возникнуть только за счет больших геометрических размеров объекта. Поэтому в поле силы тяжести не встречаются локальные аномалии с очень большой амплитудой.

Исходя из этого, нами, прежде всего, была предпринята попытка выделить на координатной плоскости совокупность точек, соответствующую тем аномалиям, которые могут встретиться в воздухе. Задача решалась моделированием вероятной физико-географической и геологической ситуации. Очевидно, что наиболее интересными являются аномалии с горизонтальными размерами в интервале от первых километров до первых десятков километров. Более мелкие структуры поля являются объектами детальных наземных гравиметрических работ, а возможность картирования более крупных аномалий при аэросъемке не вызывает сомнений.

В качестве важнейшего параметра при моделировании выступает удаленность уровня съемки от возможных плотностных неоднородностей. Аэрогравиметрические измерения для минимизации возмущающих ускорений выполняются на постоянной барометрической высоте, без обтекания форм рельефа. Поэтому, как правило, высота полетов определяется характером местности на площади съемки. При работах на наиболее интересных с точки зрения поисков углеводородного сырья объектах: обширных равнинных территориях азиатской

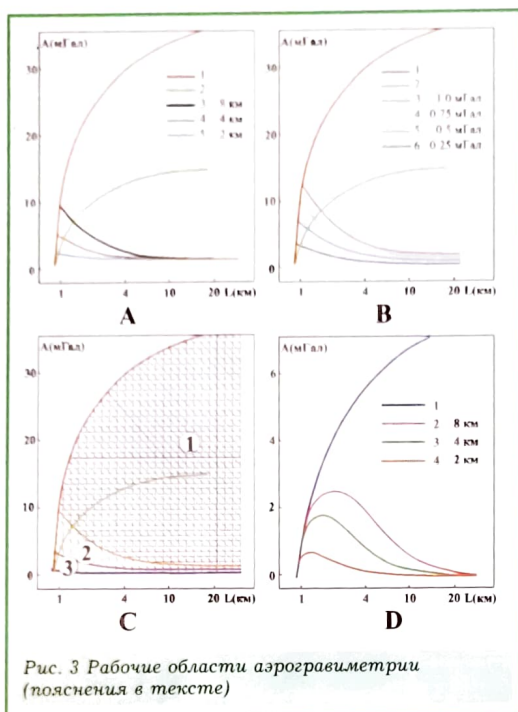


Рис. 3 Рабочие области аэрогравиметрии (пояснения в тексте)

части страны со сравнительно спокойным рельефом и шельфе морей, - высота полетов составляет обычно первые сотни метров над средней высотой местности или уровнем моря.

Результаты моделирования приведены на рисунке 3А и 3В (оси абсцисс в логарифмическом масштабе). Представленные здесь кривые 1 и 2 ограничивают сверху множество точек, которым соответствуют большинство возможных аномалий Фая на уровне аэро-съемки 300-400 м над сушей (исключая горные районы) и шельфом. Иными словами, аномалии, чаще всего встречающиеся над сушей и морем, составляют области под соответствующими кривыми. Будем называть их областями существования аномалий в свободном воздухе.

Оценим, какая часть из этих аномалий может регистрироваться в полете. При измерении на борту самолета, как и при любой съемке на движущемся основании, действуют два фактора, не позволяющие в принципе выявлять все особенности реального поля силы тяжести. Это ограниченная точность и детальность. Последний фактор обусловлен необходимостью применять при обработке низкочастотную фильтрацию данных для подавления влияния короткопериодных возмущающих ускорений. При аэрогравиметрических съемках мгновенные показания безинерционных струнных гравиметров подвергаются фильтрации тем или иным симметричным фильтром (к примеру, косинусоидальным фильтром Хемминга). Такая процедура приводит к амплитудным искажениям поля, фазовые искажения при этом не возникают.

Будем считать выделенную при съемке аномалию достоверной, если ее амплитуда (после фильтрации) более чем в два раза превышает погрешность измерения [2]. Кривые 3-5 на рис. 3А представляют минимальные амплитуды аномалий, удовлетворяющих этому условию при трех различных интервалах фильтрации и погрешности съемки 0.75 мГал. Кривые 3-6 на рис. 3В соответствуют

фильтрации на интервале 8 км при разных погрешностях.

Каждая такая линия, вместе с кривой 1 или 2 ограничивает на координатной плоскости некоторую область. Все включенные в нее аномалии могут встретиться в ходе съемки и, если это произойдет, присутствие их будет достоверно установлено (при соответствующей точности измерений и длине интервала фильтрации). Области эти можно назвать рабочими областями аэрогравиметрии.

Сейчас, при использовании самолетов типа Ан-30, рабочую область аэрогравиметрии снизу ограничивает кривая с параметрами 8 км и 0.75 мГал. Кривая с параметрами 4 км и 0.5 мГал соответствует съемкам на вертолете Ми-8. В перспективе вполне реальным являются расширение рабочей области аэрогравиметрии до кривой с параметрами 2 км и 0.25 мГал. Для наглядности все три области соответственно с номерами 1, 2, 3 приведены на рис. 3С.

Таким образом, при съемках на самолета небольшие аномалии с горизонтальными размерами 1-2 км будут фиксироваться, только если их амплитуды превышают 6-10 мГал. Локальные аномалии протяженностью 3-5 километров выделяются, если их интенсивность превышает 2-4 мГал. Для региональных аномалий с размерами, превышающими 7-8 км, достаточны амплитуды 1.5-2 мГал. При съемках на вертолетах километровые аномалии фиксируются, если их амплитуды превышает 2-3 мГал. Начиная с 3-4 км, нужны амплитуды 1-1.5 мГал.

Для конкретного геологического разреза можно оценить геологическую информативность аэрогравиметрии, то есть наполнить ее рабочие области "геологическим содержанием". К примеру, при средней глубине фундамента в 1 км, аномалии от отдельных его блоков с поперечными размерами 3-4 км попадают в рабочую область 1 (Рис. 3С), если их относительное поднятие/опускание составляет 300-400 м. Тем самым подобные структуры могут быть выявлены при аэрогравиметрической съемке на самолете. Если глубины фундамента изменяются в интервале 100-200 м, соответствующие аномалии силы тяжести попадают в рабочую область 2 и для их регистрации необходимо проводить измерения на вертолете.

Проведем теперь оценку возможной величины искажений аномалий силы тяжести при аэро-съемке за счет фильтрации. Учитывая, что аномалии Фая отражают наличие и топографических и геологических неоднородностей, можно написать очевидное тождество:

$$\Delta g = \Delta g^* + (\Delta g_p - \Delta g_p^*) + (\Delta g_r - \Delta g_r^*)$$

где Δg^* - осредненное (отфильтрованное) значение Δg , а индексами р и г обозначены составляющие аномалий, обусловленные соответственно неровностями рельефа и геологическими факторами.

Таким образом, искажения поля при аэро-съемке в любой точке состоит из двух частей, одну из которых, а именно первую скобку, можно вычислить и учесть. Топографические массы, обладая большой избыточной плотностью по отношению к окружающей среде

и будучи наиболее приближенными к уровню съемки, обуславливают, как правило, наиболее высокочастотную составляющую измеряемого поля силы тяжести. Поэтому первая скобка описывает существенную часть искажений и ее учет обеспечивает реальное приближение результатов измерений к истинным значениям аномалий Фая.

Именно эта процедура выполняется при так называемой косвенной интерполяции аномалий Фая [4], применяемой нами для построения соответствующих карт. Смысл ее заключается в том, что профильные данные после учета притяжения топографических масс (отфильтрованные аномалии Буге) пересчитываются в равномерную сеть, в узлы которой затем возвращаются не сглаженные поправки за рельеф.

Выполним оценку величины второй скобки, представляющей неустранимые искажения поля силы тяжести за счет фильтрации данных. Для этого моделированием возможных геологических ситуаций с реальными значениями избыточной плотности пород была построена область существования, аналогичная описанной выше, но уже для аномалий Буге (Рис. 3D, кривая 1). Здесь же приведены кривые (2-4), демонстрирующие максимально возможные искажения аномалий силы тяжести в зависимости от их горизонтальных размеров для трех вариантов сглаживания исходных данных фильтром Хемминга.

При фильтрации на интервале 8 км искажения аномалий протяженностью вдоль съемочного профиля менее 3-4 км могут более чем в два раза превышать реальную погрешность аэросъемки. Искажения аномалий размером от 6 до 12 км соизмеримы с погрешностью измерений. Более крупные структуры поля регистрируются практически без искажений. В реальности величина искажения чаще всего меньше, так как эти оценки получены для интенсивных аномалий, встречающихся сравнительно редко.

Литература

1. Ермаков Б.В. и др. "Экваториальная зона сдвига: комплексный анализ уникальной геолого-геофизической ситуации" Грант РФФИ N 08-05-64927, Москва 1999 г.
2. "Инструкция по гравиразведке", М., 1980 г.
3. Лозинская А.М., Могилевский В.Е., Попов С.Г., Федынский В.В., Яшайев И.Л. "Измерения силы тяжести на самолете", Прикладная геофизика, Вып. 82, М., 1976
4. Огородова Л.В., Шимбирев Б.П., Юзefович А.П. "Гравиметрия" Москва, 1978 г.
5. McAddo D.C., Childers V.A., Laxon S. "ERS satellite gravity and airborne gravity over the Atlantic Ocean: a comparison" Earth System Monitor Vol. 9, No 1, 1998.
6. Sandwell D.T. and Smith W.H.F. "Marine Gravity from Geosat and ERS1 Satellite Altimetry" J. Geoph. Res. V 102 no B5, pp 10039-10054, 1997



Разработка и изготовление

электрических
соединителей
специального
назначения



Россия,
г. Миасс Челябинской обл.,
E-mail: sdn@chel.surnet.ru

ЗАО "СОЕДИНИТЕЛЬ"

Аппаратура для исследования высокотемпературных скважин

Скопинцев С.П., ООО "Нефтегазсистемы", г. Кимры

Научно-производственная фирма "Нефтегазсистемы" разработала серию скважинных приборов аппаратуры СГДК, специально предназначенных для исследования высокотемпературных скважин.

Для обеспечения большого срока службы в экстремальных термобарических условиях и ремонтпригодности в приборах использован одномодульный вариант конструкции с минимальным количеством уплотнений и принцип построения электронной схемы на высокотемпературных микросхемах средней интеграции.

Разработанные скважинные приборы СГДК имеют малую потребляемую мощность и небольшие габариты.

Измерительные каналы СГДК

Термометр, термоанемометр.

Наша фирма применяет при производстве аппаратуры высоконадежные малоинерционные полупроводниковые датчики термометров и термоанемометров собственной разработки. Датчики имеют надежную технологичную конструкцию, в которой термочувствительный элемент впаян в защитный металлический корпус.

Термоанемометр имеет отдельные нагреватель и термопреобразователь. Особые меры, принятые при его разработке, позволили снизить мощность нагрева датчика до 0,5 Вт.

Время термической инерции датчиков - не более 1,2 с.

Нелинейность характеристики преобразования - не более 0,25 °С.

Чувствительность термопреобразователей - около 1 мВ/°С.

Время непрерывной работы термоанемометра - не ограничено.

Манометр.

В канале манометра аппаратуры СГДК в качестве датчика используется мостовой тензопреобразователь фирмы ОРДЭКС. Его собственные характеристики и технические решения, использованные при построении измерительного канала, позволили получить малую погрешность (практически до 0,1-0,2%) во всем диапазоне рабочих температур и высокую чувствительность измерений, которые необходимы для создания расчетного канала манометрического плотнометра [1].

Определитель фазового состава флюида.

Для определения фазового состава флюида используются несколько измерительных каналов СГДК.

Определение границ раздела сред "газ-нефть-вода" производится диэлектрическим влагомером. Для повышения надежности работы канала при высоких значениях температуры и давления центральный электрод диэлектрического влагомера выполнен неизолированным.

Для анализа двухфазных потоков "газ-вода" или "нефть-вода" используется контактный резистивный влагомер, при этом для определения объемного содержания нефти (конденсата) или газа в воде используется тот факт, что удельное сопротивление нефти (газа, конденсата) на несколько порядков выше, чем удельное сопротивление пластовой воды. В двухфазном потоке, электронная схема резистивного измерителя измеряет среднее значение времени, когда сопротивление окружающей среды значительно больше, чем сопротивление воды, определяя тем самым объемное содержание углеводорода.

Расчет объемного содержания фаз в смеси осуществляется с помощью анализа распре-

Табл. 1 Основные технические данные аппаратуры СГДК

Наим. канала	Измеряемый параметр	Диапазон измерения (регистрации)	Погрешность
Терм	Температура окружающей среды	от 0 до 80, 120, 140 °С	± 0,5 °С
Ман	Избыточное давление	от 0 до 16, 40, 80 МПа	± 0,25 %
ТА	Температура датчика термоанемометра	от 0 до 140 °С	± 1,0 °С
РМ	Вращение крыльчатки механического расходомера	от 0,5 до 100 Гц	± 0,5 Гц
ЛМ	Неоднородности магнитных характеристик	Муфты, перфорация	-
Рез	Сопротивление флюида в датчике скважинного прибора	Газ, нефть, вода, их смеси	-
Влаг	Фазовый состав флюида	Газ, нефть, вода	-
НЧ, ВЧ	Уровень акустического шума в частотных диапазонах:	0,8...60, 25...60 кГц	-
ГК	Мощность гамма-излучения	от 5 до 300 мкр/ч	-
Постоянная времени каналов РМ и ГК, с			2
Длина линии связи (кабеля грузонесущего геофизического типа НГ1-30-90 ТУ16.К64-01-88), км			от 1 до 10
Рабочая среда			газ, нефть, вода
Время работы скважинного прибора при 140 °С и 80 МПа, ч, не более:			24
Диаметр скважинного прибора, мм			32, 36, 42, 60
Длина скважинного прибора, мм, не более			1800

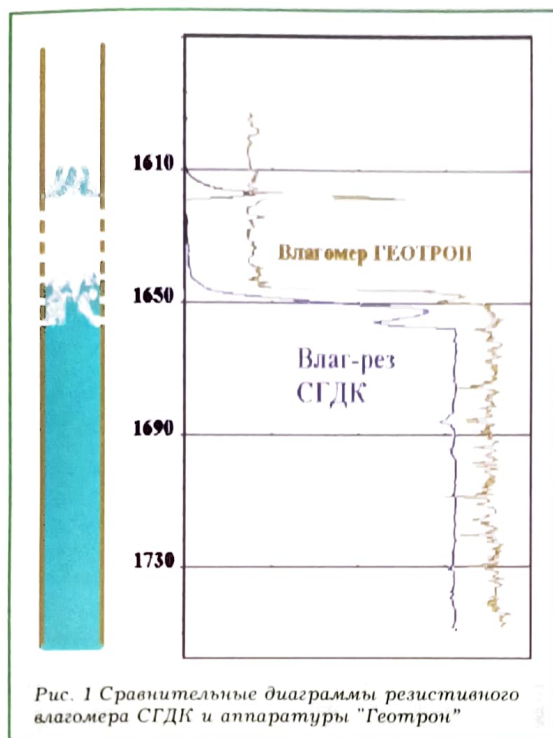


Рис. 1 Сравнительные диаграммы резистивного влагомера СГДК и аппаратуры "Геотрон"

деления плотности по данным манометра.

Локация муфт.

Датчик канала имеет встречно-дифференциальную магнитную систему, конструкция которой специально разработана для регистрации малых перфорационных отверстий в колонне [2]. Повышению чувствительности способствует также нормализующий преобразователь СГДК.

Канал ГК

Модуль ГК в скважинном приборе СГДК построен по традиционной схеме. Отличие состоит в том, что тщательная проработка электронной схемы позволила уменьшить потребляемый ток до 3...5 мА, что повысило надежность модуля.

Механический расходомер.

Использование в канале механического расходомера электромагнитного сенсора (катушки) позволило поднять верхнюю рабочую частоту вращения крыльчатки до 100...150 Гц и отказаться от дополнительного подмаг-

ничивания в зоне вращения крыльчатки. Это в свою очередь дало возможность упростить конструктивно преобразователя канала и создать расходомер для измерения потока сверху.

Шумомер.

Важной особенностью канала шумомера СГДК является то, что пьезодатчик установлен внутри скважинного прибора непосредственно на печатной плате и звукопроводом соединен с защитным кожухом прибора. Это резко упростило конструкцию прибора, повысив его надежность. Одновременно увеличилась чувствительность канала за счет того, что звук с приемной мембраны датчика (металлического кожуха) по металлу же приходит непосредственно на пьезокристалл. В этой конструкции исключены потери и искажения звука на границе раздела двух сред, в частности "жидкость-металл", которые обычно всегда присутствуют в стандартных датчиках шумомеров, включающих в себя маслозаполненные барозащищающие патроны, в которых находятся пьезоприемники.

Для специальных скважинных исследований, с помощью которых производится изучение акустического и электромагнитного шума в скважинах, разработана и проходит испытания аппаратура АВИС.

Аппаратура АВИС включает в себя волновые каналы пассивной акустики и электромагнитной локации, предназначенные для спектральных исследований акустических и электромагнитных шумов в работающих пластах и скважинах (физическое обоснование метода выполнено совместно с компанией Schlumberger) [3]. Дополнительно к вышеупомянутым каналам в аппаратуру введены стандартные методы ГИС-контроля, аналогичные измерительным каналам СГДК.

В волновых каналах акустический и электромагнитный сигналы оцифровываются в скважинном приборе и в цифровом виде передаются по кабелю на поверхность. Полученная информация этих каналов восстанавливается в исходный вид и затем анализируется известными и вновь созданными методами обработки волновых сигналов.

Пример зарегистрированных волновых картин в зоне перфорации действующей

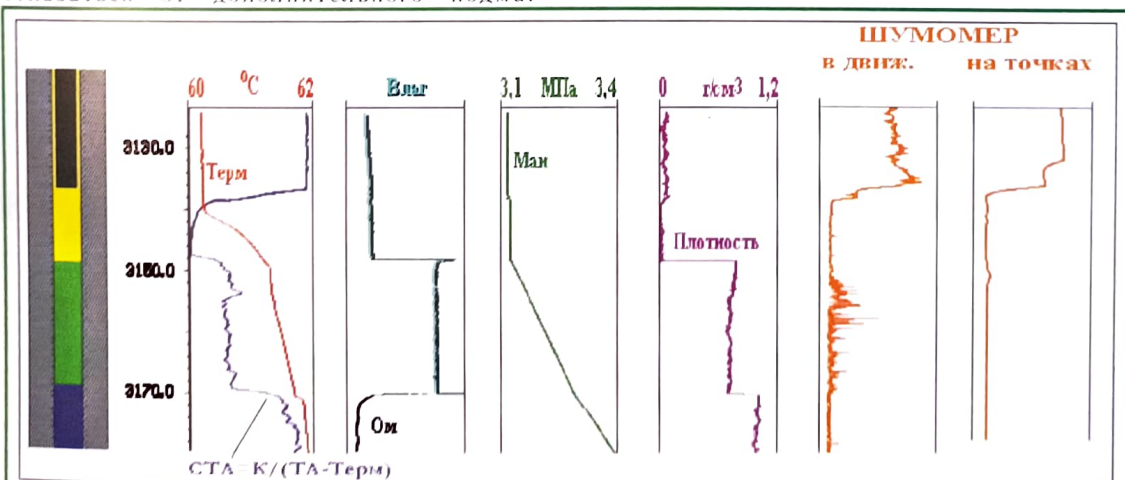


Рис. 2 Планшет газоконденсатной скважины на забое в режиме отбора по НКТ

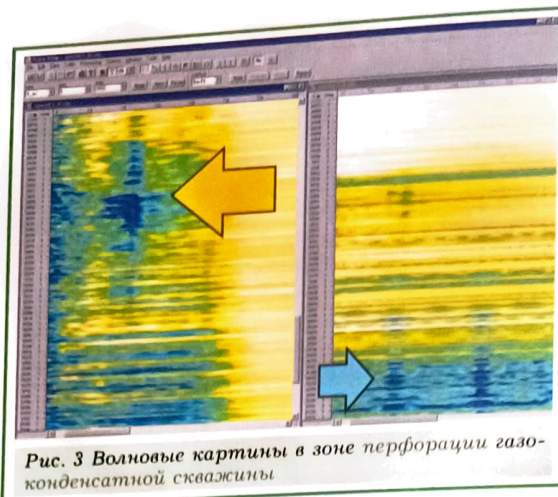


Рис. 3 Волновые картины в зоне перфорации газоконденсатной скважины

газоконденсатной скважины показан на рис. 3.

На планшете:

- слева: волновая картина акустического шума (левое поле, стрелка интервал фильтрации по пласту сухого газа);
- справа: волновая картина электромагнитного шума (правое поле, синяя стрелка интервал фильтрации по пласту воды).

Шкала абсцисс частота (кГц), шкала ординат глубина (м). Цвет поля амплитуда спектрального сигнала (увеличение по цветам: белый-желтый-зеленый-синий-красный).

Специально для аппаратуры АВИС разработана технология обработки и анализа волновых записей спектральной шумометрии и электромагнитной локации, которая позволяет судить о структуре, составе и о фазовых

расходах потоков фазовых составляющих смеси в случаях ее движения по стволу скважины и негерметичному заколонному пространству скважины, по поровому пространству пласта. Дополнительно оцениваются регистрируемая толщина пласта, параметры и структура каналов фильтрации, состав фильтрации.

Технология основана:

- на обработке полного волнового сигнала и анализе амплитудно-частотных спектров регистрируемых аппаратурой АВИС;
- на выделении сигналов фоновых спектров и вычитании фона из спектральных характеристик информативных записей;
- на построении (с помощью цветовой гаммы) аномалий амплитуд сигналов в зависимости от частоты и глубины (времени) волновых записей;
- на выдаче количественных критериев, характеризующих расход и состав флюидов при их фильтрации (движении) их в поровом пространстве породы (по различным каналам внутрискважинного пространства).

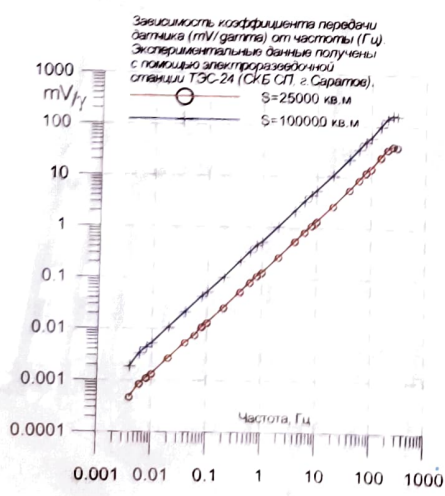
Литература

1. Скопинцев С.П. Манометрический плотномер. Каротажник № 97, стр. 103-109.
2. Скопинцев С.П. Возможности магнитного детектора муфт при исследовании интервалов перфорации. Каротажник № 105, стр. 114-119.
3. Ипатов А.И., Скопинцев С.П. Эффективность шумометрии при исследовании скважин. Каротажник № 90, стр. 32-42.

Датчик поля для электромагнитных исследований методом становления поля

Датчик магнитного поля dB/dt, с эффективной площадью 100000 м², заменяет многовитковую петлю, используемую в настоящее время в полевых партиях. Датчик работает совместно с многоканальными электроразведочными станциями, преимущественно при решении задач нефтяной и газовой геофизики.

В корпусе датчика размещается магнитная антенна с сердечником из прецизионного магнитомягкого аморфного сплава и предусилитель с переключаемым коэффициентом



Технические характеристики:

Эффективная площадь, м ²	100000 (25000)
Габаритные размеры:	
- диаметр, мм	85
- длина, мм	900
- масса, кг	5(10)
Напряжение источника питания:	
+Uп, В	6-15
-Uп, В	6-15
Ток потребления, мА:	
- предварительный усилитель	5
- генератор тестового сигнала	20



ООО "Специальные геофизические системы"
410019, г. Саратов, ул. Крайняя, 129.

тел/факс (845-2) 72-62-24

Анализируя работу любой организации, практически всегда можно поделить ее активность на две основные условные группы, которые существуют параллельно: текущие повторяющиеся процессы и проекты. Основным отличием такой градации является то, что процессы носят повторяющийся, циклический характер, осуществляются в рамках привычной активности, а проекты направлены на достижение уникальных целей, причем, в определенные сроки.

Повторяющиеся процессы характеризуются достаточно высокой степенью определенности, предполагают использование основных технологий. Система управления нацеливается на повышение эффективности имеющихся ресурсов. Проекты, как правило, нацелены на реализацию тех или иных изменений, не важно где или внутри организации. И главной задачей системы управления является достижение результата.

Именно цель является движущей силой проекта, и все усилия по его планированию и реализации предпринимаются для того, чтобы цель была достигнута. Тот факт, что проекты ориентированы на достижение цели, имеет огромный внутренний смысл для управления ими. Прежде всего, он предполагает, что важной чертой управления проектами является точное определение и формулирование целей, начиная с высшего уровня, а затем, постепенно опускаясь до наиболее детализированных задач.

Постановка системы менеджмента любой организации должна напрямую зависеть от решаемых задач. И, очевидно, что управление на предприятиях, где главной целью является бесперебойное функционирование конвейера, должно отличаться от системы менеджмента в компаниях, делающих акцент на инновационных задачах и технологиях. Причем сегодня, чрезвычайно сложно найти организацию, не ставящую перед собой подобных проектных задач. Такая ситуация определила бурное развитие системы проектного менеджмента, как управленческой технологии.

Геологоразведочные организации, в основной своей массе, можно отнести к компаниям, процессно ориентированным. Традиционно термин "геологический проект" обозначает технический документ, а не управленческое понятие. В данной же статье под "проектом" будет подразумеваться менеджерская технология.

Несомненно, любую деятельность нужно планировать и контролировать. Как показывает практика, руководители многих российских предприятий редко пытаются осмыслить и разделить задачи управления текущей деятельностью и управления проектами. Однако это необходимо делать для разработки эффективной системы руководства предприятия. Система управления, ориентированная на управление неизменными технологическими процессами, не обеспечивает менеджера необходимой информацией, когда требуется планирование и управление инновациями.

Проектная технология как система в настоящее время вполне сложилась и может быть представлена в виде последовательности действий и событий, независимо от конкретной задачи.

Можно определить следующие признаки проекта:

- четко определенная цель;
- сбалансированное соотношение предметной области, времени и затрат;
- ограниченность по времени;
- специальная команда;
- степень уникальности.

К ключевым моментам, важным в успехе проекта можно отнести планирование проекта, организацию системы управления и контроль исполнения проекта.

Планирование представляет собой циклический процесс. Он начинается с наиболее общего определения целей, движется к более детальному описанию того, когда, как и какие работы должны быть выполнены для достижения поставленных задач. По мере продвижения проекта от концепции к завершению появляется дополнительная информация об условиях, влияющих на ход работ. Применение средств планирования и управления проектом позволяет членам команды более точно описывать проблемы и контролировать все изменения по проекту.

Хотя планирование является итеративным процессом, существует логическая последовательность шагов разработки плана проекта, которая составляет цикл планирования. Основные шаги показаны на рис. 1, причем, обязательным фактором успеха является активная обратная связь на любом этапе:

1) Определение иерархической структуры работ — установление связи между планом работ и потребностями заказчика.

2) Определение организационной структуры проекта — исходя из задач проекта, видов работ и ресурсов, формирование команды и определение принципов ее функционирования.

Причем отметим, что чем детальнее будут проработаны задачи и действия, тем ниже вероятность возникновения "дыр ответственности".

3) Определение основных вех проекта

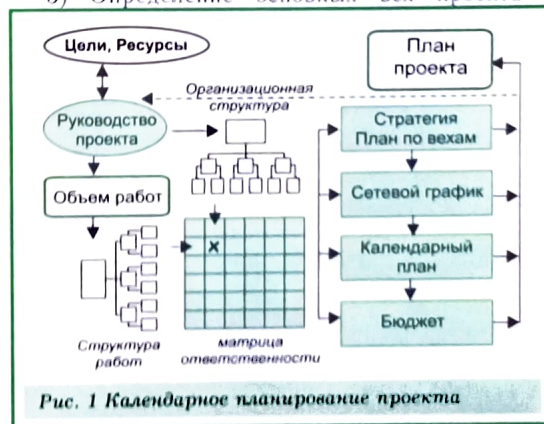


Рис. 1 Календарное планирование проекта



Табл. 1 Пример матрицы ответственности

Задачи	Исполнители			
	Руководство организации	Менеджер	Финансовый отдел	Технические участники
Постановка задачи	О	С		
План по вехам		О	С	У
Бюджет проекта		У	О	
Поставка сырья		К	У	О
Технические действия		К	У	О
Контроль плана	К	О	У	

О - ответственный, И - исполнитель, У - участвует, С - согласует, К - контролирует

пожалуй, определение основных стадий проекта, механизма контроля руководством проекта и заказчиком является ключевой частью планирования, поскольку определение вех требует ясного понимания ключевых стадий или состояний, через которые проходит проект.

4) Построение сетевых моделей - основа для разработки календарного графика. Процесс сетевого планирования предполагает, что вся деятельность будет описана в виде комплекса работ с определенными взаимосвязями между ними.

5) Ресурсное планирование проекта.

6) Формирование бюджета, стоимостной анализ.

Результаты стадии планирования должны быть документированы и утверждены руководством организации или заказчиком проекта.

На примере планирования показана глубина проработки проектного менеджмента как технологии. В то же время хочется показать проблемы, с которыми сталкиваются инновационные проекты, выполняемые в рамках процессно-ориентированной дивизиональной организации (к которым смело можно отнести большинство геофизических компаний).

Во-первых, любое отклонение от стандартной активности будет двигаться только при огромном и постоянном участии первого лица компании. Причем, чем сильнее отклонение от знакомых процессов, тем сложнее будет двигаться решение задачи. Участники инновации будут иметь свое видение проблемы, почти наверняка отличное от определенных руководством задач.

Во-вторых, как следствие, стратегическое значение инновации для компании в целом на каждом уровне исполнения будет видаться своим. Например, одни и те же действия могут трактоваться как получение прибыли от работ, освоение новых технологий, захват новых рынков, разработка альтернативных направлений деятельности и т.д.

В-третьих скорее всего недостаточная проработка плана реализации инновации может привести к неоптимальному использованию ресурсов организации. Обязательно возникнут моменты нехватки ресурсов и моменты, когда мощности будут простаивать. И если простой еще не критичен, то цейтнот, связанный с недостатком средств, может привести к неприятностям.

Важным недостатком, это в-четвертых, станет трудность в оценке эффективности собственно инновации, поскольку отсутствие отдельного бюджета проекта приведет к размазыванию результата проекта по результатам

всей организации. И как результат руководитель получит не ту информацию и не в срок. Практика показывает, что ни одна смета, с какой бы детальностью она не делалась, не может дать руководителю точных ответов на вопросы: на какой стадии находится проект, сколько потрачено, сколько осталось потратить и какова же в конце концов рентабельность данной отдельно взятой новации.

В-пятых, отношение к проекту, которым управляют недостаточно, между другими делами, может проходить через следующие стадии:

- дикий энтузиазм,
- разочарование,
- полное разочарование,
- поиск виноватого,
- наказание невиновных,
- награждение не причастных.

И опять-таки как следствие, при таком подходе не многие новации вообще имеют шанс дойти до своего логического завершения.

Менеджеры, занимавшиеся реализацией инновационных проектов в рамках дивизиональных структур, могут продолжить это перечисление и дальше.

Где же выход? Ни одна компания не может быстро перестроить свою работу и превратиться в проектно-ориентированную. Тем не менее, использование технологий проектного менеджмента позволит повысить эффективность внедрения инновации:

1. Необходимо определить персонального менеджера проекта.

2. Определить цель проекта.

3. Сформировать команду, способную реализовать поставленную цель, причем необязательно отвлекать людей из подразделений, вполне достаточно определить их участие в проекте.

4. Составить детальный календарный план (см. выше).

5. Определить механизм отслеживания по вехам проекта, в процессе исполнения проекта постоянно представлять, на каком этапе он находится.

6. Сформировать ресурсный бюджет проекта, обеспеченный средствами предприятия.

Для реализации данного плана, в случае нехватки менеджерских знаний, на этапе его составления вполне можно пригласить специалиста. Такой подход к решению поставленной задачи позволит минимизировать участие первого руководителя в иницированном им проекте, и, в то же время, он будет полностью контролировать ситуацию.

Всероссийское совещание по проблемам сертификации геофизического оборудования

Шпуров И.В., Козак Б.М., Леонов М.Г., Ознобихин Ю.В., ФГУП "ЗапСибНИИГГ", Тюмень

По инициативе ФГУП "ЗапСибНИИГГ" 20-21 апреля с.г. в г.Тюмени проведено всероссийское совещание по проблемам сертификации геофизического оборудования. В работе совещания приняли участие представители ведущих организаций, занимающихся разработкой этой проблемы, геофизических организаций и предприятий нефтегазового комплекса Западно-Сибирского региона, Администрация Тюменской области.

Сложившаяся в Российской Федерации ситуация с сертификацией геофизического оборудования ставит отечественных производителей геофизического оборудования и услуг в неравное положение с иностранными фирмами. Существующая система сертификации, основанная на стандартах, разработанных на общественных началах Евро-Азиатским геофизическим обществом, не имеет мирового признания. В этих условиях рынок технических средств и услуг все более заполня-

ется иностранными фирмами, хотя многое из отечественных разработок по своей эффективности не уступают зарубежным или превосходит их.

Согласно принятому Федеральному закону РФ "О техническом регулировании" предприятия на добровольной основе вправе проводить внутреннюю сертификацию или пользоваться стандартами, разработанными ЕАГО. Однако ни один из видов этой сертификации не будет официально признан, пока не пройдет проверку на соответствие заявленных характеристик независимой экспертизой на специальных сертификационных центрах.

В этой связи, совещание считает целесообразным приступить к организации таких центров, один из которых может быть создан при институте ФГУП "ЗапСибНИИГГ", имеющем статус стратегического научно-исследовательского института Российской Федерации по Западной Сибири.

ОТКЛИКИ прессы на это событие

Тюменская региональная газета **ВСЛУХ О ГЛАВНОМ** от 25 апреля 2004 г. отмечает некоторые трудности, которые могут возникнуть при реализации этого проекта:

- Специалисты отмечают, что испытательные полигоны представляют опасность, как для экологии, так и для жителей города (испытания взрывчатых источников колебаний всегда представляли опасность!), однако участники конференции заверили, что будут соблюдены все необходимые требования, а полигонам определен статус объектов оборонного комплекса.

- Аналитики отмечают, что при формировании Центра сертификации, будь то в Тюмени или в другом регионе России, могут возникнуть противодействия самих производителей геофизического оборудования. "Ведь каждый из них, считая свою продукцию лучшей, не доверяет испытаниям, которые проводят конкуренты. Поэтому сомнения в объективности такого Центра, несомненно, будут".

- Еще одной проблемой может стать отсутствие специалистов этого профиля.

Парламентская газета **ТЮМЕНСКИЕ ИЗВЕСТИЯ** ,23 апреля 2004г., №86-87

...Компаниям, специализирующимся на выпуске геофизического оборудования, больше не надо будет ездить за сертификатом в другие регионы. Центр сертификации с испытательным полигоном в пригороде Тюмени возможно, будет открыт уже в конце этого года. С научной базой в "ЗапСибНИИГГ" все в порядке. По словам директора института Игоря Шпунова сегодня институт активно сотрудничает с ТНК и ЛУКОЙлом, а в перспективе партнерство с ЮКОСом. Центр сертификации не будет закрыт и для западных производителей. Уже есть контакты с французской нефтяной компанией "Шлюмберже". С ознакомительным визитом на совещание приехали коллеги из немецкого города Тройсдорф.

НОВОСТИ



Саратовское отделение



СКБ СЕЙСМИЧЕСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ



ОАО «Саратовнефтегеофизика»

ГЕОТЕХ-2004

САРАТОВ, 7-8 сентября 2004г.

Научно-техническая конференция "Современные технологии регистрации геолого-геофизических данных при проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ"

Очередная встреча профессионалов, тем или иным образом связавших свою деятельность с регистрацией полевых данных нефтяной геофизики, вновь состоится в первую декаду первого месяца осени и вновь в Саратове городе, где представлен весь спектр геофизических организаций самого разного профиля научно-исследовательских, учебных, проектных, разведочных, промысловых, приборостроительных, в городе с глубокими традициями в развитии геофизической мысли.

Организаторы этой "Встречи на Волге", становящейся уже традиционной ОАО "СКБ сейсмического приборостроения", ОАО "Саратовнефтегеофизика" и Саратовское отделение ЕАГО - планируют создать все условия ее участникам не только для плодотворной деятельности по проблематике конференции, но и познакомиться с чудесной природой "волжских далей", богатой культурной жизнью города

*Будем надеяться, что пребывание в нашем городе
оставит у Вас в памяти массу неизгладимых впечатлений!*



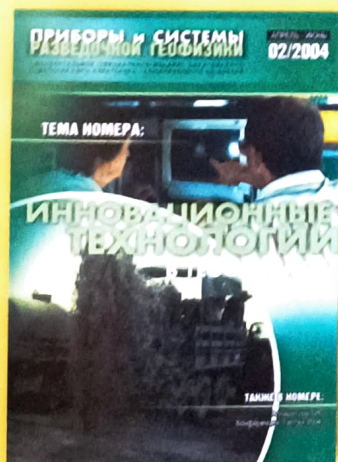
ОРГКОМИТЕТ конференции приглашает Вас

- принять участие в ее работе,
- выступить с сообщением,
- высказать свои мнения в дискуссиях,
- познакомиться с образцами новой техники, разработанной отечественными приборостроителями.

Конференция будет проводиться в комфортабельном пансионате в зеленой зоне города.
Стоимость проживания: - в двухместном номере составляет 500-00 рублей в сутки,
- в одноместном номере 1000-00 рублей в сутки.

Организационный сбор за участие в конференции одного участника составляет 1000-00 рублей

Адрес: 410019, Саратов, ул.Крайняя, 129
тел.(8452)64-14-32; факс (8452) 64-14-52; E-mail: skbsp@overta.ru



ЖУРНАЛ
Евро-Азиатского Геофизического общества

ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

Ваш компас
в мире геофизического приборостроения

Наш журнал:

- это ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ научно-технический журнал для разработчиков, изготовителей и пользователей оборудования, аппаратных и программных средств и инструментария для разведочной геофизики, используемых при поисках нефти и газа

- это АДРЕСНАЯ ДОСТАВКА журналов практически в о все геофизические и родственные им организации России и стран СНГ;

- это новости науки и техники в области ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, информация о НОВЫХ аппаратных и программных средствах для реализации новых геофизических ТЕХНОЛОГИЙ;

- это 52 журнальных полосы с цветными иллюстрациями;

- это в среднем 17 информационных материалов о технологических и технических новинках в каждом номере;

- это ОТКРЫТАЯ ТРИБУНА геофизиков-разведчиков, обеспечивающая им возможность поделиться информацией о результативности использования новых геофизических технологий и средств для их решения

- это более 20 постоянных рубрик, таких как:

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ЗА ЧЕРТЕЖНОЙ ДОСКОЙ
МНЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛА
ОБРАЗОВАНИЕ - ИНВЕСТИЦИИ В БУДУЩЕЕ
ЭКОНОМИКА ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ
ОБМЕН ОПЫТОМ
СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ
МЕТРОЛОГИЯ
ТЕОРИЯ
и др.

- это ТЕМАТИЧЕСКАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ каждого номера, в котором материалы подбираются по актуальным темам.

- ЛИНЕЙНЫЕ СЕЙСМОСТАНЦИИ
- СЕЙСМОПРИЕМНИКИ
- ИСТОЧНИКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ
- ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ
- МНОВОВОЛНОВАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА
- ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГЕОФИЗИКА-ОБРАБОТЧИКА И ИНТЕРПРЕТАТОРА
- и др.

учредитель и издатель - Саратовское отделение ЕАГО

410019, Россия, Саратов,
ул. Крайняя, 129

Тел. (8452) 64-14-32

Fax. (8452) 64-14-52

E-mail: skbsp@san.ru

XZone®



Bottom Fish

морская

Marsh Line

для переходных зон

Fly Lander

проект 2004

суша

СИ Технолоджи, 353461, Россия, Краснодарский край,
г. Геленджик, ул. Красногвардейская, д. 38,
т.: (86141) 5-44-33, 2-36-85, факс: (86141) 5-23-18
www.intromarin.ru, si@intromarin.ru