

# РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ И МЕТОДИКИ ВСП НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТКИ СКВАЖИННЫХ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕГИСТРАЦИИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Ишуев Т.Н., ООО «Геосейс», Доронкин А.К., ООО «ТНГ – Групп», г.Бугульма, Сагдеев Р.К., КГТУ, г.Казань

Основными конструктивными особенностями скважинной аппаратуры, существенно влияющими на качество геофизического материала, являются: многоканальность, способ передачи информации и система прижима снарядов к стенке скважины. Опыт, накопленный нами при разработке скважинной аппаратуры ВСП и проведении полевых наблюдений, позволяет охарактеризовать эти особенности следующим образом.

1. Многоканальность аппаратуры и достаточное количество одновременно исследуемых точек исследуемой скважины позволяют при одном возбуждении изучить одновременно несколько физических точек скважины (это важно для обеспечения постоянства условий возбуждения), сократить объем буровзрывных работ и время, необходимое для отработки вертикального профиля.

2. Особенности конструкции прижимного устройства (управляемые или неуправляемые рычажные, рессорные, эксцентриковые и т.д.) определяют технологичность скважинной аппаратуры, а именно: возможность работы в широком диапазоне изменения диаметра скважины; возможность проведения измерений при движении снизу вверх и наоборот. Усилие прижима должно превышать вес снаряда в несколько раз и это соотношение определяет неискаженную регистрацию сигналов.

3. Из способов передачи сигналов от сейсмоприемников по коротажному кабелю длительное время преобладала прямая передача сигналов по отдельным проводам или комбинации проводов (фантомные схемы). В таких системах практиковалось и предварительное усиление слабых сигналов. Разработаны и выпускались на этой основе зонды ВСП-1, АСПУ-3-48, АСПУ-6-48 и др. Многоканальность в этих зондах обеспечивалась за счет применения многожильного кабеля и достигала 36 каналов при 7- жильном кабеле. Основные недостатки этого способа – низкая помехоустойчивость к промышленным помехам, высокий уровень взаимных влияний между каналами.

Более высокими характеристиками обладали системы передачи с преобразованием спектра передаваемых сигналов. Разработаны и опробованы различные системы электронного уплотнения каналов. Наибольшее распространение получили: АМ-ЧРК – амплитудная модуляция с частотным разделением каналов; ВИМ-ВРК – временная модуляция с временным разделением каналов. Такие системы позволяют передать по одной или трем жилам коротажного кабеля информацию от многих сейсмоприемников при высокой помехоустойчивости системы к различного рода помехам. Например, по трехжильному кабелю можно передать сигналы с максимальной частотой спектра до 125 Гц от 24 сейсмоприемников.

Однако многократные преобразования аналогового сигнала при передаче через коротажный кабель, при записи переданного сигнала на различные запоминающие устройства приводили к большим искажениям, т.е. не до конца использовались преимущества телеметрических систем.

Появление компьютерных технологий позволило принципиально изменить качество передачи и регистрации данных сейсмической томографии. Внедрение цифровых телеметрических систем позволяет устранить все основные недостатки перечисленных выше систем. Все известные устройства используют один известный принцип передачи сигналов: датчик – усилитель – АЦП – модем передачи на поверхность – компьютер.

Дальнейшее повышение эффективности исследований достигается за счет многокомпонентной регистрации сейсмического волнового поля. Это дает возможность получать данные об анизотропии упругих параметров трещиноватых сред, определить их количественные характеристики (направление и высота развития), для чего анализируют параметры поляризации сейсмических (эллиптичность траектории смещения физической точки, угол наклона и азимут подхода сейсмических волн и др.). Из этого вытекает необходимость применения (а значит разработка и изготовление) соответствующей многокомпонентной скважинной аппаратуры с высокими сейсмоакустическими и методологическими характеристиками.

В данной работе рассматривается результаты создания скважинной, сейсморегистрирующей аппаратуры с многокомпонентной регистрацией сейсмических сигналов автоматизированной телеметрической системой измерения и сбора информации с распределенных сейсмических датчиков. Приводятся также примеры применения разработанной аппаратуры для решения конкретных задач, изучения характеристик геологического разреза и задачи изучения особенностей строения околоскважинного пространства.

Целью работ является, создание многоканальной, многокомпонентной аппаратуры регистрации параметров сейсмического волнового поля в скважинах с распределенными датчиками, опробование методики применения аппаратуры для повышения эффективности и достоверности изучения геологического строения разреза современными методами многоволновой сейсморазведки (ПМ ВСП, 3D + ПМ ВСП, AVO и др.).

Разработанный параметрический ряд скважинной сейсмокаротажной аппаратуры позволяет проводить исследования почти всеми известными методами скважинной сейсморазведки на нефть и газ. Получаемые данные, представляют ценность для сейсморазведки на

ВО ВНУТРЕННИХ ТОЧКАХ СРЕДЫ...  
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

этапах разведки и доразведки месторождений, а также могут иметь самостоятельное значение при разработке и эксплуатации залежей углеводородов.

Модификации аппаратуры (Табл. 1) позволяют проводить исследования скважин различных конструкций и глубин, обсаженные и не обсаженные скважины с диаметром ствола от 75 до 320 мм, с температурой на забое до 120 °С, при гидростатическом давлении до 120 МПа, длиной каротажного кабеля до 7500 м, со скоростью передачи информации до 500 Кбит/с.

Модификации аппаратуры внутри каждой модели имеют взаимозаменяемые скважинные приборы, снабженные жесткими электромеханическими управляемыми прижимными устройствами. Это и специально разработанная

блока управления (контроллера), бортовой ЭВМ, малогабаритного струйного принтера.

Аппаратура обеспечивает интерактивный режим работы, т.е. программирование режимов работы зонда, сбор и передачу информации по геофизическому каротажному кабелю, управление работой источников возбуждения различных типов.

Оценка схемотехнических решений, структуры программного обеспечения, а также методической поддержки аппаратуры позволяют отметить следующие достоинства представленного ряда АМК для ВСП.

1. Достигнута высокая чувствительность (шумы, приведенные к входу не более 0,06 – 0,08 мкВ), высокое соотношение сигнал/шум, высокий динамический диапазон.

Таблица 1. Технические характеристики модификаций аппаратуры ВСП

| Тип                                  | СКЦ2- 823                         | АМК-СК6-623                      |
|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Изготовитель                         | АО «ТНГФ» РФ                      | АО «ТНГФ» РФ                     |
| Число модулей в зонде                | 4                                 | До 32                            |
| Принцип передачи сигналов по кабелю  | NRZ<br>Реальное время             | Манчестер II<br>ОЗУ              |
| Время квантования, мс                | ¼; ½; 1; 2                        | ¼; ½; 1; 2                       |
| Динамический диапазон, дБ            | 120                               | 120                              |
| Конфигурация геофонов в приёмнике    | X; Y; Z<br>+ гидрофон *           | X; Y; Z                          |
| Уровень шумов, мкВ, не более         | 0,1                               | 0,1                              |
| Число разрядов АЦП                   | 16                                | 24                               |
| Число жил кабеля                     | 3                                 | 3                                |
| Тип прижимного устройства            | Управляемый электро-механический  | Управляемый электро-механический |
| Соотношение силы прижима к весу      | >10:1,<br>для скв. D=120          | >10:1,<br>для скв. D=120         |
| Максимальное рабочее давление, МПа   | 120                               | 80                               |
| Максимальная рабочая температура, °С | 120<br>(170 °С в течение 6 часов) | 120                              |
| Длина прибора, мм                    | 950                               | 1100                             |
| Диаметр прибора, мм                  | 76                                | 60                               |
| Вес прибора, кг                      | 11                                | 9                                |
| Скорость передачи, Кбит/с            | 250                               | 500                              |

конструкция корпусов существенно уменьшила резонансы в сейсмоакустическом контакте со стенкой скважины.

Использование цифровых телеметрических систем для передачи сейсмического сигнала по кабелю обеспечивает помехоустойчивость аппаратуры к низкочастотным промышленным помехам. Высокая чувствительность позволяет применять, как взрывные, так и невзрывные сейсмические источники.

Аппаратурный комплекс включает в себя любой из перечисленных выше скважинных приборов в конфигурации необходимой для решаемой задачи и состоит из скважинного зонда с количеством приборов до 32 шт. (рис.1) и комплекта наземной аппаратуры, состоящей из

2. Разработанная и изготавливаемая аппаратура по принципу передачи информации по каротажному кабелю делится на два вида:

- с передачей информации в реальном времени в формате NRZ;

- с передачей информации с использованием буферной памяти в формате «Манчестер II».

Первый вид сейсмической аппаратуры решает все задачи исследований скважин, прост в эксплуатации и, кроме того, может решать задачи мониторинга характеристик геологического разреза в реальном времени. В настоящее время такая отечественная аппаратура не выпускается.

Второй вид аппаратуры позволяет создать измерительные схемы с количеством приборов до

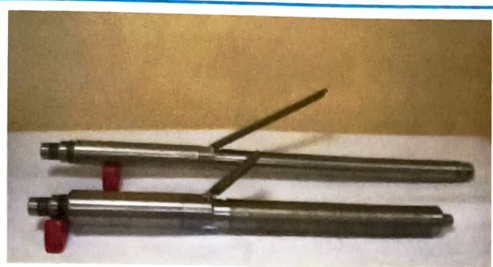


Рис.1. Скважинные зонды СКЦ2-823 и СК6-623

32, увеличить число одновременно исследуемых скважин, т.е., создать технологии 3D + ВСП (НМ ВСП).

3 В АМК реализованы функции тестирования аппаратуры (определение основных характеристик всего тракта, включая геофон; проверка ОЗУ и телеметрии скважинной части и наземного модуля; оценка уровня шумов; калибровка измерительных каналов). Результаты в табличном виде документируются.

4 Возможность применения датчиков различных типов (гидрофоны, геофоны) позволяет изучить не только сейсмические, но гидродинамические параметры среды.

К настоящему времени разработанная аппаратура (телеметрические системы сбора сейсмических данных с распределенных датчиков-геофонов или гидрофонов) широко применяется для решения целого ряда традиционных задач ВСП, таких как изучение скоростных, отражательных и поглощающих свойств вскрытой скважины геологического разреза, стратиграфическая привязка отраженных волн. В

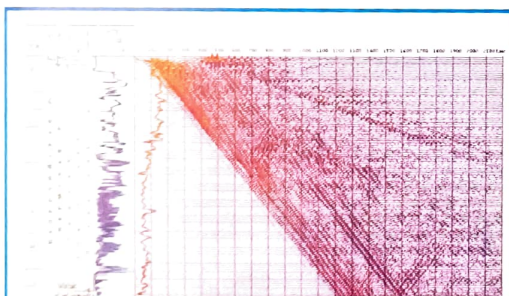


Рис.2. Сейсмограмма ВСП. СКВ. U-1 Жаик

модификации НВСП изучаются структурные планы продуктивных отложений. Ниже приведены несколько наиболее характерных результатов, которые охватывают методики ВСП-ПМ с использованием взрывных и невзрывных источников, комбинированной регистрацией данных о давлении и скорости смещения. Результаты приурочены к сейсмо-геологическим условиям различных регионов РФ и ближнего зарубежья.

Основное внимание уделим возможности изучения физических характеристик среды. Скважинные зонды СКЦ2-823 и СК6-623 с телеметрическими системами регистрации с распределенных сейсмических датчиков использовались в скважинах с различными геолого-техническими условиями.

В 2004 г. от компании ТОО «Урал Ойл энд Газ» (Казахстан) поступило предложение провести исследования ВСП, НВСП и ПГР в скв. U-1 Жаик. Сложность выполнения исследований заключалась в том, что в приборной зоне скважины глубиной 5400 м был вскрыт газонесущий пласт создающий давление 100 МПа, который пытались задавить раствором плотность 2 г/см<sup>3</sup>. Температура на забое составляла 110 °С. Решался вопрос: продолжать или нет бурение скважины вскрывшей кровлю верейских отложений. Необходимо было сделать прогноз геологического разреза глубже забоя скважины с целью определения мощности верейского горизонта, представленного глинами и являющегося покрышкой трещиноватых коллекторов башкирского яруса. Скважинная аппаратура, впервые опробованная в таких условиях, с честью выдержала испытание. Конструктивные особенности зондов позволили выполнить исследования ВСП, НВСП и ПГР из 8 пунктов возбуждения сейсмических волн. В качестве источников сейсмических волн применялись вибрационные установки AMG P28M28 (ВСП и НВСП) и взрывы (ПГР). Был получен материал хорошего качества, позволивший решить поставленные геологические задачи (рис. 2).

Одним из важных параметров карбонатных пород является трещиноватость. Особый интерес изучения трещиноватости имеет при подготовке залежей к эксплуатации и их разработке. Важным моментом является выявление на площади участков с различной степенью проницаемости продуктивных пластов и определению азимутальной направленности проницаемости, что будет способствовать созданию таких систем разработки, которые в наибольшей степени соответствуют геологическому строению площадей. Изучение трещиноватости позволит выявить в частности, зоны высокого начального дебита, а изучение трещиноватости при заводнении пластов может совершенствовать контроль за разработкой.

Исследования, направленные на изучение параметров трещиноватости карбонатных отложений выполнены в пределах Республики Татарстан, Красноярского края, Оренбургской области и Республики Казахстан, т.е. районах имеющих различные сейсмогеологические условия. Начиная с 1989 г., исследовано порядка 120 скважин. Результаты исследований применяются при корректировке точек заложения нагнетательных и добывающих скважин, а также при проектировании горизонтальных или наклонно-направленных скважин.

Для изучения параметров трещиноватости в ООО «ТНГ-Групп» применяются два способа:

- оценка параметров азимутальной сейсмической анизотропии с использованием монотипных поперечных (S) или обменных (PS) волн;
- определение направления максимальной подвижности флюида в коллекторах (способ возбужденной гидроволны), этот способ позволяет выявить проницаемость, обусловленную вертикальной трещиноватостью, и ее параметры непосредственно в продуктивных пластах.

Для проведения подобных исследований применяется скважинная аппаратура СКЦ2-823.

# ВО ВНУТРЕННИХ ТОЧКАХ СРЕДЫ... ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

имеющая систему регистрации X, Y, Z + гидрофон.

При проведении скважинных сейсмических исследований на Куёмбинской площади Красноярского края, принадлежащей ООО «Славнефть-Красноярскнефтегаз», оценка параметров трещиноватости отложений рифейского возраста

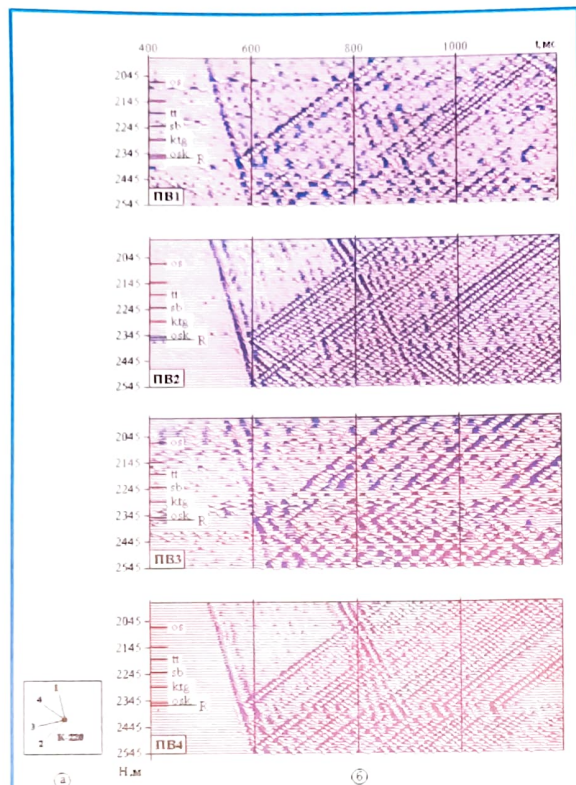


Рис.3. Схема наблюдений (а) и фрагменты записей гидрофона с разных ПВ (б). Сква. К-220, Куёмбинская площадь

является одной из первостепенных задач. При этом проведение исследований способом возбуждённой гидроволны входит в обязательный перечень методов изучения околоскважинного пространства. В скв. К-220 Куёмбинской площади скважинные сейсмические исследования выполнялись с целью определения скоростной характеристики вскрытого скважиной



Рис.4. Выделение проходящих обменных PS-волн на сейсмограммах НВСП. Сква.К-220,Куёмбинская площадь

геологического разреза, выполнения стратиграфической привязки отражённых волн, изучения структурных особенностей поверхности продуктивных отложений и оценки параметров трещиноватости отложений рифейского возраста. По



Рис.5. Оценка трещиноватости пород в рифейских отложениях различными способами. Сква. К-220, Куёмбинская площадь

материалам, полученным в результате исследований СВГ (рис. 3), была построена вектор-диаграмма отношения амплитуд гидроволны и прямой волны и определено направление максимальной подвижности пластового флюида. Материалы НВСП использовались, как для оценки структурных особенностей поверхности продуктивных отложений, так и для определения параметров трещиноватости по обменным PS-волнам (рис. 4). Комплексное использование

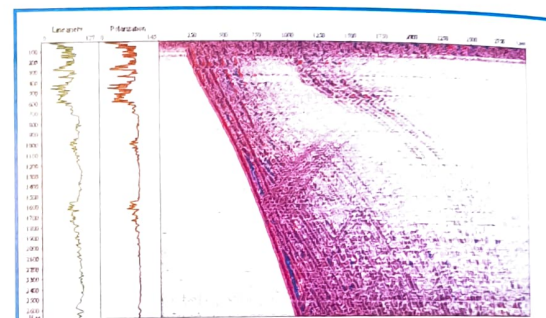


Рис.6. Определение параметров поляризации прямой продольной волны

данных, полученных способом возбуждённой гидроволны и по обменным PS-волнам, было определено направление распространения вертикальной трещиноватости рифейских отложений (рис. 5).

Поляризация колебаний является одним из наиболее чувствительных пространственно-временных параметров волнового поля. В реальных геологических средах частицы, охваченные волновым процессом, описывают сложные траектории, зависящие от типа волн, особенностей геологического строения и т.д. Применяемая при проведении скважинных сейсмических исследований аппаратура позволяет проводить наблюдения направленные на изучение параметров поляризации проходящих продольных волн для получения дополнительной информации о литологических особенностях геологического разреза. В скважине, расположенной на Поточном месторождении в Западной Сибири (рис. 6), в толщах представленных глинами, аргиллитами и алевролитами наблюдается относительная стабильность параметров поляризации. В интервалах сложенными песчаниками происходит изменение параметров поляризации прямой проходящей волны (в данном случае - уменьшение линейности колебаний).