

НОВАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА ФЛЮИДОВ

Астраханцев Ю.Г., Баженова Е.А., Белоглазова Н.А., Троянов А.К. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. В статье описана новая аппаратура, позволяющая одновременно проводить измерения геоакустических сигналов в трех диапазонах частот 100–500, 500–5000, 2500–5000 Гц и температуры в скважине. Установка в скважинном приборе дополнительных датчиков-акселерометров позволяет определить направление потока флюидов.

Геоакустическая эмиссия, скважина, нефтегазоносность, нефтяные месторождения, направление потока флюидов.

NEW EQUIPMENT FOR CERTAIN DIRECTION OF FLUID FLOW

Astrachantsev Yu.G., Bazenova E.A., Beloglazova N.A., Troyanov A.K. – Institute of Geophysics UB of RAS, Yekaterinburg

Abstract. The equipment allowing simultaneous measurement of geoacoustic signals in three frequency ranges of 100–500, 500–5000, 2500–5000 Hz and temperatures in boreholes is described in the article. Setting inside the downhole tool of additional sensors-accelerometers allows to determine the direction of fluid flow.

Geoacoustic emissions, borehole, oil-gas bearing, oil deposits, direction of fluid flow.

Введение

Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений включает в себя научно обоснованный производственный процесс извлечения из недр Земли содержащихся в них углеводородов и сопутствующих им полезных ископаемых.

Расположение нефтяных скважин на структуре выбирают исходя из формы залежи, геологического строения месторождения, характеристики коллекторов и возможности продвижения контурных и подошвенных вод в процессе разработки залежи (Юшков и др., 2013).

При эксплуатации нефтегазовых месторождений около 85 % нефти добывается из пластов, подвергнутых методам воздействия на залежи углеводородов.

Целями воздействия на залежь нефти являются поддержание пластового давления и, что более важно, увеличение конечной нефтеотдачи. Среди них доминирующим методом остается поддержание пластового давления (ППД) закачкой в пласт воды из нагнетательных скважин. При этом основополагающим элементом является правильное сочетание нагнетательных и эксплуатационных скважин.

Система заводнения определяется взаимным расположением забоев добывающих и нагнетательных скважин и контуров нефтеносности. Сетки размещения скважин могут быть как равномерными, так и неравномерными. При этом выбор размещения добывающих и нагнетательных скважин по площади, расстояние между забоями, определение их числа, системы заводнения и режима разработки – основные задачи разработки нефтяных месторождений. При этом строят расчет таким образом, чтобы обеспечить заданный отбор из месторождения минимальным числом скважин и с наименьшими затратами на обустройство промысла (там же).

Взаимодействие скважин и пути перемещения по пласту перемещаемой воды и нефти изучаются различными способами: отслеживанием динамики изменения давления на различных участках пласта, гидропрослушиванием, геофизическими методами, добавкой в закачиваемую воду индикаторов и наблюдением за их появлением в продукции добывающих скважин (Арбузов, 2011). Но известными методами стандартной геофизики определяется только наличие движения флюидов по пласту ме-

жду нагнетательной и эксплуатационной скважинами, определение же эффективности работы каждой из нагнетательных скважин не представляется возможным.

Для решения данного вопроса предлагается использовать уникальную аппаратуру BN-4008A, разработанную в Институте геофизики УрО РАН, предназначенную для исследования нефтегазовых скважин путем изучения характеристик геоакустической эмиссии (ГАЭ) в диапазоне частот 100–5000 Гц, отражающей особенности процессов флюидогазодинамики в объеме геологической среды скважины.

Используемая в приборе трехкомпонентная система ортогонально расположенных геоакустических датчиков позволяет в охранным кожухе скважинного прибора разделять направления микровибраций геосреды по трем осям. Один из геоакустических датчиков, назовем его Z , установлен вдоль оси скважинного прибора и считается, условно, вертикальным. Два других датчика X и Y расположены перпендикулярно оси скважинного прибора и перпендикулярны между собой. Считаем, что они измеряют сигналы в горизонтальной плоскости. Такие допущения справедливы при зенитном угле скважины $2^\circ < \varphi < 30^\circ$.

Использование геоакустических датчиков с коэффициентом поперечного преобразования не более 6 % от осевого позволяет уверенно разделять сигналы по направлениям в пространстве путем их сравнения по амплитудам в разных полосах

частот. Измеряемыми параметрами являются геоакустические сигналы, регистрируемые тремя датчиками в трех частотных диапазонах: 100–500, 500–5000 и 2500–5000 Гц. Сигналы, поступающие с двух горизонтальных датчиков, программным способом преобразуются в горизонтальную составляющую вектора геоакустической эмиссии. По амплитудным уровням сигналов ГАЭ разных частотных диапазонов можно провести разделение источников, генерирующих эти сигналы: геологическая среда, движение флюидов в пластах-коллекторах, затрубные перетоки и т.п. Так, в толще водонасыщенных осадочных пород уровень ГАЭ ограничивается первым частотным диапазоном до 500 Гц, проявление сигналов в диапазоне частот 500–1500 Гц связано с движением нефтенасыщенных флюидов, сигналы на частоте выше 2500 Гц связаны, как правило, с интенсивным газовыделением. По амплитудному уровню горизонтальной и вертикальной составляющих вектора ГАЭ, можно сделать заключение о том, в какой плоскости происходит движение. Но если по результатам измерений прибором предыдущей версии можно было разделить направление только на горизонтальную и вертикальную составляющие, то представляемое устройство позволяет определить направление горизонтального потока относительно плоскости наклона скважины.

Принцип работы прибора

Особенностью данного прибора, по сравнению с предыдущей версией (BN-4008), является наличие двух дополнительных гравитационных датчиков-акселерометров X_A и Y_A , которые измеряют проекции ускорения силы тяжести на оси, перпендикулярные продольной оси скважинного прибора (Астраханцев, Троянов, 1997). Акселерометры установлены в корпусе скважинного прибора соосно с горизонтальными геоакустическими датчиками X и Y (рис. 1).

При помощи акселерометров определяется положение в пространстве геоакустических датчиков. Измеряемые сигналы с гравитационных датчиков-акселеромет-

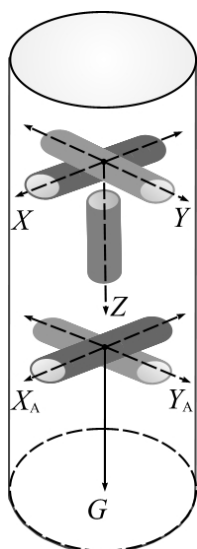


Рис. 1. Схематическое изображение аппаратуры BN-4008A, сконструированной на основе системы из трех геоакустических датчиков (X , Y , Z) и двух акселерометров (X_A , Y_A), жестко закрепленных в корпусе скважинного прибора

ров функционально связаны с углами пространственной ориентации корпуса скважинного прибора:

$$X_A = k_x \cdot \sin \varphi \cdot \sin \alpha,$$

$$Y_A = k_y \cdot \sin \varphi \cdot \cos \alpha,$$

где k_x, k_y – коэффициенты преобразования акселерометров; φ – зенитный угол скважины; α – угол поворота оси чувствительности датчиков X_A и Y_A относительно плоскости наклона скважины.

При равенстве коэффициентов k_x и k_y

$$\alpha = \arctg \frac{X_A}{Y_A}.$$

Так как оси чувствительности геоакустических датчиков и акселерометров параллельны, то, зная угол α и магнитный азимут скважины, определяемый по данным инклинометрии ($A_{скв}$), можно определить положение геоакустических датчиков относительно магнитного меридиана.

Азимут направления потока будет определяться:

$$A_{пот} = A_{скв} + \alpha.$$

Прибор ВН-4008А состоит из трех измерительных блоков, содержащих различные типы первичных преобразователей: пьезокерамические преобразователи, акселерометры и устройство для измерения температуры. Прибор работает с времен-

ным разделением каналов за 16 тактов. Длительность каждого такта составляет $60 \cdot 10^{-3}$ с.

На рис. 2 изображена функциональная схема прибора, где:

1 – пьезокерамические преобразователи геоакустических сигналов. Характеризуют картину геоакустических сигналов. Могут использоваться ДН-3, Д13, АР57 и т. п. Буквой «К» обозначен калибровочный сигнал, характеризующий работоспособность и чувствительность геоакустических каналов;

2 – акселерометры. Определяют проекцию вектора силы тяжести на оси чувствительности. Используя данные инклинометрических измерений скважины и сигналы с акселерометров, можно определить пространственное положение геоакустических датчиков. Это является основополагающим моментом с учетом того, что датчики геоакустических сигналов имеют совершенно определенную диаграмму направленности и чувствительность в направлении, перпендикулярном измерительной оси, не более 6 %;

3 – устройство для измерения температуры в скважине;

4 – эмиттерные повторители. Пьезокерамические преобразователи имеют очень высокое входное сопротивление. Чтобы

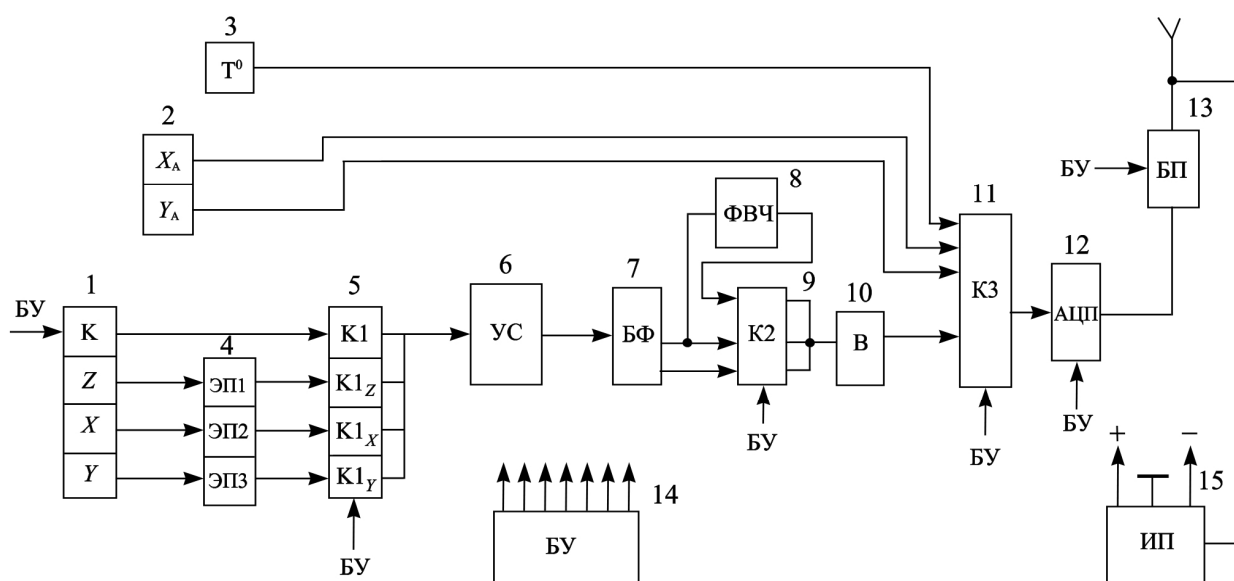


Рис. 2. Функциональная схема прибора ВН-4008А

снять с них измеряемый сигнал, измерительный прибор также должен обладать высоким входным сопротивлением, что возможно при использовании повторителей напряжения на базе МОП транзисторов;

5 – ключи подключения геоакустических преобразователей к входному усилителю 6. На вход усилителя 6 так же подается калибровочный сигнал, который формируется в блоке управления БУ;

6 – малошумящий усилитель. Специально разработан для данного устройства;

7 – биквадный фильтр. Фильтры такого типа позволяют разделить всю измеряемую полосу частот 100–5000 Гц на два частотных диапазона 100–500 и 500–5000 Гц;

8 – фильтр верхних частот с частотой среза 2500 Гц. Образует третий частотный диапазон 2500–5000 Гц.

9 – ключ. Позволяет определять частотный диапазон измеряемых сигналов и коммутирует выходные сигналы фильтров;

10 – выпрямитель. Преобразует переменный ток в постоянный;

11 – ключ. Служит для подачи сигналов с геоакустических датчиков, акселерометров ориентации и температуры на аналого-цифровой преобразователь (12);

12 – аналого-цифровой преобразователь. В данной конструкции используется АЦП двухтактного интегрирования, что позволяет исключить помехи промышленной частоты 50 Гц;

13 – блок передачи информации. Содержит регистр, преобразующий на выходе АЦП параллельный код в последовательный для передачи по каротажному кабелю. Цифровые посылки модулируются частотой 16 кГц. Выходной каскад осуществляет передачу данных на наземный пульт и, далее, на COM- или USB-входы компьютера;

14 – блок управления. Производит подключение датчиков геоакустических сигналов и калибровочного сигнала ко входу усилителя (6), управляет аналого-цифровым преобразователем, ключами на его входе и блоком передачи информации 13;

15 – источник питания. Подключается к источнику внешнего питания на поверх-

ности. Преобразует полученное однополярное напряжение в разнополярное ± 5 В.

Работа прибора осуществляется следующим образом: первый такт работы – это пауза в передаче информации. Компьютер фиксирует эту паузу, что является синхронизатором в последующей передаче информации. После паузы с выхода блока передачи 13 поступает блок измеряемых параметров в следующей последовательности: $Z_1, Z_2, Z_4, X_1, X_2, X_4, Y_1, Y_2, Y_4, X_A, Y_A, T$.

Где X, Y, Z – сигналы геоакустических датчиков; X_A, Y_A – сигналы акселерометров; T – температура; 1, 2, 4 – частотные диапазоны, соответственно, первый, второй, третий.

Программное обеспечение прибора включает в себя запись всего блока информации на каждой точке и её визуализацию в цифровом виде на мониторе ПК. По окончании измерений, производится расчет информативных параметров, позволяющих определить интервалы интенсивной флюидогазодинамики. Для определения направления движения флюида в географической системе координат, необходимо наличие дополнительного файла с результатами инклинометрических измерений в исследуемой скважине, содержащего данные о зенитном угле и азимуте скважины в точках исследования. На основе полученных данных программным способом производится расчет полярных координат векторов направления потока в горизонтальной и вертикальной плоскостях для каждой точки, где были проведены измерения. В горизонтальной плоскости каждый вектор характеризуется длиной, зависящей от интенсивности сигнала и азимутом. В вертикальной плоскости, соответственно, длиной и зенитным углом.

Заключение

Предлагаемый программно-аппаратурный комплекс, помимо решения стандартных задач промысловой геофизики (Троянов и др., 2012) – выявления интервалов движения флюида, определения характера насыщенности коллекторов и т. п., – имеет дополнительную опцию – определе-

ние направления потока в горизонтальной и вертикальной плоскостях, привязанных к географической системе координат.

Решение данной задачи при эксплуатации месторождений нефти и газа является актуальной, так как может позволить сократить затраты на обслуживание нагнетательных скважин, обладающей недостаточной эффективностью.

Литература

Арбузов В.Н. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин: Ч. 1: Учебное пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2011. С. 53–78.

Астраханцев Ю.Г., Троянов А.К. Устройство для измерения геоакустических шумов в скважине. Патент РФ № 2123711. 1997.

Троянов А.К., Иголкина Г.В., Астраханцев Ю.Г., Белоглазова Н.А., Баженова Е.А. Возможности трехкомпонентного геоакустического каротажа при контроле разработки нефтяной залежи // Геофизика. 2012. № 1. С. 36–41.

Юшков И.Р., Хижняк Г.П., Илюшин П.Ю. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений: учеб-метод. Пособие Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. у-та, 2013. 177 с.