

Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины  
Национальный горный университет

Кафедра геофизических методов разведки

доцент Лозовой А.Л.

Методические указания к лабораторной работе:

**«ИТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ МИКРОКАРОТАЖА  
КАЖУЩЕГОСЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ С НЕФОКУСИ-  
РОВАННЫМИ ЗОНДАМИ»**

По дисциплине: «Геофизические исследования скважин»  
для студентов специальности 7.07702 «Геофизические  
методы поисков и разведки»

Днепропетровск

2011

При геофизических исследованиях нефтяных и газовых скважин важную роль играют измерения, выполненные с помощью микроустановок электрокаротажа. Таковыми являются зонды малых размеров, которые располагаются на специальных "башмаках" из изоляционного материала, прижимаемых к стенке скважины с помощью рессор (рис. 1). Таким образом, электроды изолируются от бурового раствора и непосредственно контактируют с горными породами. Измерения КС выполняются по тем же схемам, что и в методах обычных зондов или в методах бокового каротажа.

Расстояние между электродами микрозондов не превышают первых сантиметров, поэтому радиус исследований здесь не велик. Однако, благодаря экранированию электрического поля электродов от влияний промысловой жидкости со стороны скважины изолятором "башмака", микрозонды в ряде случаев позволяют получить довольно точные сведения об удельном сопротивлении горных пород, слагающих стенки скважины. Исследуемая среда ограничивается по площади размером башмака и в радиальном направлении состоит из двух слоев различного удельного сопротивления.

Первый слой представлен глинистой коркой против проницаемых пород. Толщина глинистой корки достигает 2 см, удельное сопротивление мало чем отличается от сопротивления глинистого раствора. Однако, вследствие неровностей стенки скважины и неплотного прилегания "башмака" между ним и стенкой скважины, всегда имеется тонкая пленка глинистого раствора. Таким образом, первый слой имеет удельное сопротивление  $\rho_{сл}$  равное или примерно равное сопротивлению глинистого раствора и толщину  $h_{сл}$  малую против плотных и большую против проницаемых пород.

Удельное сопротивление второго слоя равно удельному сопротивлению  $\rho_p$ , неизменной породы, если порода непроницаемая, либо удельному сопротивлению  $\rho_{ПП}$  промытой части зоны проникновения проницаемой породы.

На одном из башмаков установлены три точечных электрода на расстоянии 2.5 см друг от друга, диаметром 1 см (рис. 2). Они образуют два зонда: микроградиент-зонд  $A0.025M0.025N$  и потенциал микрозонд  $A0.05M$ , у которых электродом  $B$  служит корпус скважинного прибора.

Потенциал-микрозонд имеет больший, а градиент-микрозонд меньший радиусы исследования (7 и 5 см соответственно). Поэтому промежуточный слой меньше влияет на показания потенциал-зонда. Следовательно, при большой толщине глинистой корки кажущееся сопротивление, измеренное микроградиент-зондом будет меньше, чем измененное микропотенциал-зондом. Промежуточный слой "включается" в этом случае параллельно сопротивлению пород, поэтому оказывает существенное влияние на показания обычного микрозонда, т.к. ток с электрода  $A$  будет растекаться по пути наименьшего сопротивления (т.е. в основном через  $\rho_{сл}$ ).

Для повышения геологической эффективности метода измерения в скважине прово-

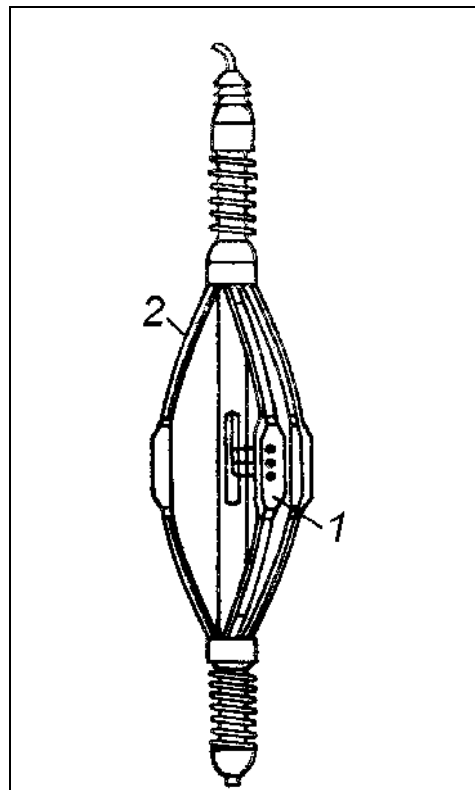


Рисунок 1 - Устройство микрозонда. 1 - башмак, 2 - рессора.

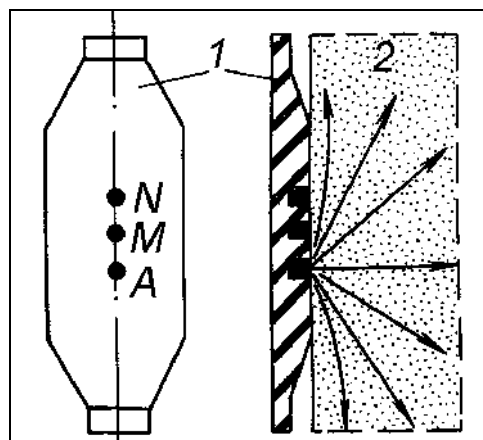


Рисунок 2 - Схема токовых линий нефокусированного микрозонда. 1 - башмак, 2 - порода.

дят одновременно градиент- и потенциал-микрзондами. Для этого разработана двухканальная аппаратура МДО-3.

### Аппаратура микрокаротажа МДО-3

Предназначена для исследования нефтяных и газовых скважин градиент- и потенциал-микрзондами с целью детального расчленения геологического разреза, выделения маломощных прослоев, определение границ и мощности пластов и обнаружения пористых и проницаемых разностей пород.

Питание скважинного прибора осуществляется стабилизированным переменным током частотой 300 Гц от унифицированного генератора УГ-1 (рис. 3, 7) с выпрямителем УВК-2 (рис. 3, 8).

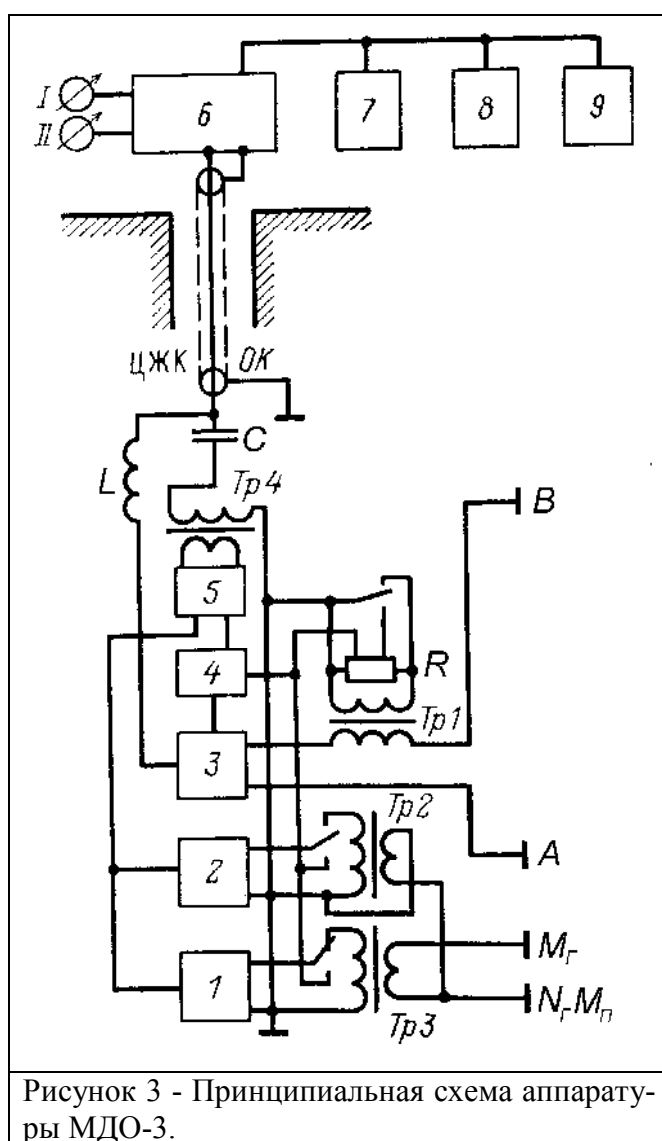
Разность потенциалов  $\Delta U$  измеряется между электродами  $M_{г}$  и  $N_{г}$  (градиент-микрзонд) и  $M_{п}$  и  $N_{п}$  (потенциал-микрзонд), расположенными на башмаке микроустановки. В качестве электрода  $N_{п}$  используется корпус скважинного прибора.

Сигналы  $\Delta U_{гз}$  и  $\Delta U_{пз}$  одновременно передаются по одножильному кабелю на основе принципа частотного разделения каналов и частотной модуляции измеряемых сигналов. Для этого разность потенциалов  $\Delta U_{гз}$  с электродов  $M_{г}$  и  $N_{г}$  (первый канал) подается через трансформатор  $Tr3$  на частотный модулятор 1 с несущей частотой 25.7 кГц, а  $\Delta U_{пз}$  с электродов  $M_{п}$  и  $N_{п}$  через трансформатор  $Tr2$  на частотный модулятор 2 с несущей частотой 7.8 кГц. С модуляторов 1 и 2 промодулированные по частоте сигналы поступают на усилитель мощности (сумматор) 5 и далее через согласующий трансформатор  $Tr4$  и разделительную емкость  $C$  на кабель и вход измерительной панели 6. Емкость  $C$  защищает от постоянного напряжения питания трансформатор  $Tr1$ . С этой же целью дроссель  $L$  защищает от переменного напряжения блок питания 3.

Блок питания скважинного прибора 3 обеспечивает питание цепи  $AB$  переменным током и питание модуляторов 1, 2, сумматора 5 и блока коммутации 4 постоянным током.

Блок коммутации 4 позволяет производить калибровку аппаратуры путем подачи нуль-сигнала и стандарт-сигнала. Напряжение стандарт-сигнала снимается с резистора  $R$ , включенного через трансформатор  $Tr1$  в цепи питания  $AB$ .

В панели 6 измеряемые сигналы разделяются по частоте и распределяются по соответствующим каналам, усиливаются, демодулируются и выпрямляются. С выхода панели напряжение постоянного тока, пропорциональное  $KС_{гз}$  и  $KС_{пз}$ , подается на I и II каналы регистратора каротажной станции.



## Интерпретация диаграмм нефокусированных микрозондов

При изучении разрезов скважин с помощью микрозондов измеряется кажущееся сопротивление в очень малом объеме пород вблизи стенки скважины. Исследование проводится двумя зондами  $A0.025M0.025M$  и  $A0.05M$ , именуемыми соответственно микроградиент- и микропотенциал-зонд. Поскольку их размеры очень малы, границы пластов по диаграммам  $\rho_k$  находятся по крутым подъемам кривых с большой точностью.

Кажущееся удельное сопротивление микроустановок подсчитывают по формулам для обычного градиент- и потенциал-зондов. Коэффициенты  $K$  микрозондов определяют экспериментально по результатам измерений в баке, заполненном раствором  $NaCl$  с известным удельным сопротивлением.

По диаграммам микрозондов (рис. 4) проводят детальное литологическое расчленение разрезов нефтяных и газовых скважин и выделяют в разрезах породы коллекторы, залегающие среди плотных пород. Породы различных литологических типов характеризуются следующими особенностями на диаграммах микрозондов.

Показания микрозондов в значительной степени зависят от условий прилегания их электродов к стенке скважины. В связи с тем что эти условия различны против пластов, имеющих разный литологический состав, диаграммы микрозондов позволяют расчленять разрез и выделять некоторые группы пород.

**Пласты глин** характеризуются низкими кажущимися сопротивлениями. Показания градиент- и потенциал-зондов в глинах одинаковы. Это связано с тем, что против глин диаметр скважин, как правило, увеличивается. Поэтому башмак не касается стенки скважины и на показания зондов влияет только сопротивление глинистого раствора.

**Пласты песчаников** отмечаются на диаграммах микрозондов более высоким по сравнению с глинами значениям КС. Характерным для

песчаников является превышение  $\rho_k^{ПЗ}$  над  $\rho_k^{ГЗ}$ .

Особенности кривых КС микрозондов против **пластов плотных непроницаемых пород** связаны с тем, что башмак непосредственно соприкасается с породами (т.к. глинистая корка отсутствует). А поскольку из-за неровностей стенок скважины башмак прилегает не плотно, то в результате при движении зонда по скважине происходят относительные изменения толщины пленки глинистого раствора, что вызывает изрезанность кривой КС.

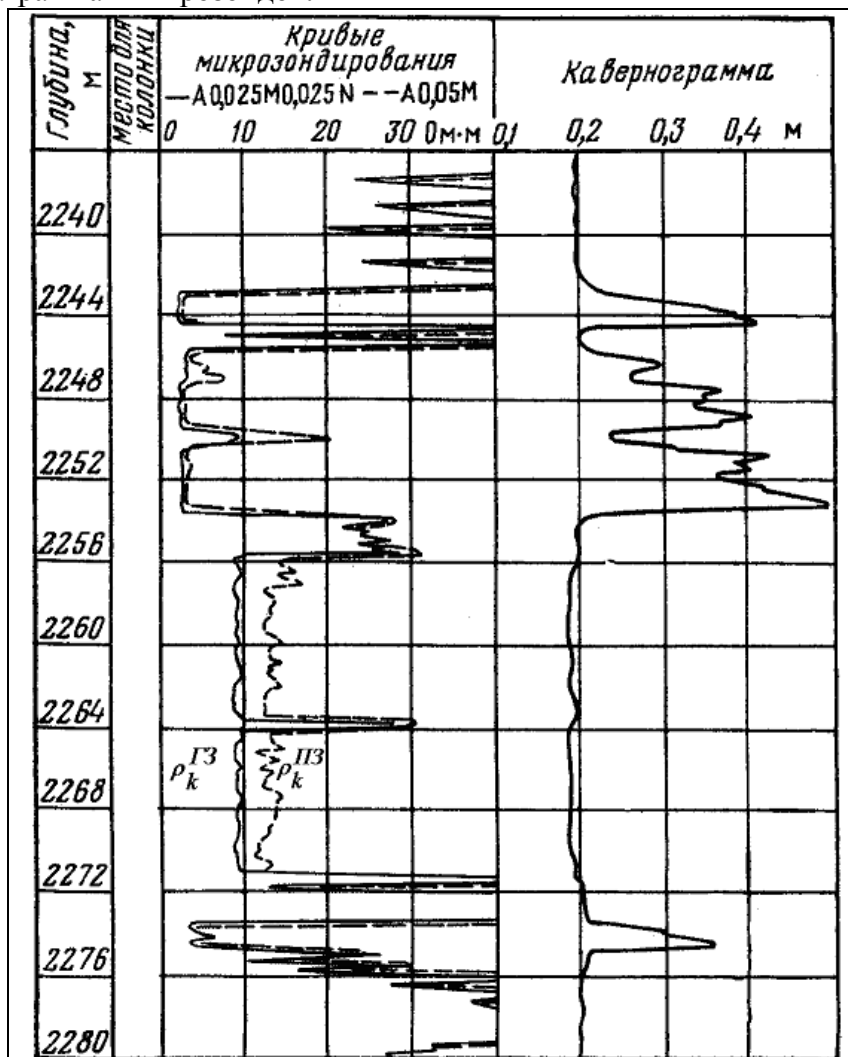


Рисунок 4 - Диаграммы микрозондов и кавернограмма.

В каверне при относительно низком сопротивлении окружающих пород (глины) и ус- ловии, что башмак микрозонда не касается стенки скважины, регистрируется обычно кажущееся сопротивление, близкое к сопротивлению глинистого раствора ( $\rho_k = \rho_p$ ).

В плотных, а также в трещиноватых породах высокого сопротивления показания микрозондов зависят от условий прилегания башмака к неровной стенке скважины. Поскольку башмак микрозонда отделен от плотной породы очень неравномерным по толщине слоем глинистого раствора, то регистрируются резко дифференцированные кривые при достаточно высоких показаниях на диаграммах обоих зондов. Аналогично отмечаются пористые, но слабопроницаемые и неразрушающиеся разности (глинистые песчаники, глинистые алевролиты). Они отличаются от плотных пород только несколько меньшими значениями  $\rho_k$ .

Фильтрующие пласты, на поверхности которых образуется глинистая корка, отмечаются несовпадающими средними показаниями обоих микрозондов ( $\rho_k^{ГЗ} < \rho_k^{ПЗ}$ ). Показания  $\rho_k^{ГЗ}$  микроградиент-зонда, имеющего меньшую глубину исследования, определяются удельным сопротивлением глинистой корки  $\rho_{гк}$ , с которой соприкасается башмак микрозонда. Значение  $\rho_{гк}$  обычно несколько больше или близко к  $\rho_p$ , и кажущееся сопротивление микроградиент-зонда бывает несколько выше, чем  $\rho_k$  в каверне. Показания  $\rho_k^{ПЗ}$  микропотенциалзонда, обладающего относительно большой глубиной исследования, зависят от сопротивления промытой части пласта-коллектора  $\rho_{пп}$ . В связи с этим  $\rho_k^{ПЗ}$  в обычных условиях больше, чем  $\rho_k^{ГЗ}$ . Это соотношение может нарушиться, если глинистая корка имеет большую толщину или отсутствует. Тогда показания обоих микрозондов совпадают.

### Задание

В соответствии с номером варианта, определяемым преподавателем (таблица 1), определить границы пластов, построить литологическую колонку, выделить плотные, фильтрующие и образующие каверны пласты. Отметить интервалы коллекторов.

### Литература

1. Аппаратура и оборудование для геофизических исследований нефтяных и газовых скважин: Справочник / А.А. Молчанов, В.В. Лаптев, В.Н. Моисеев, Р.С. Челокьян. - М.: Недра, 1987. - 263 с.
2. Латышова М.Г. Практическое руководство по интерпретации диаграмм геофизических исследований скважин. 2 изд., перераб. - М.: Недра, 1981. - 182 с.

Таблиця 1

№ варіанта	№ скважини	Інтервал глибин, м
1	Солохівська_204	2200-2661
2	Солохівська_204	2589-2741
3	Солохівська_204	2751-3063
4	Солохівська_204	3170-3535
5	Солохівська_204	3480-3650
6	Солохівська_204	3730-3943
7	Солохівська_204	3880-4151
8	Солохівська_204	4081-4194
9	Яблунівська_335	2300-2962
10	Яблунівська_335	2900-3450
11	Яблунівська_335	3400-3720
12	Яблунівська_335	3660-3940
13	Яблунівська_335	3870-4095
14	Яблунівська_335	4090-4378
15	Яблунівська_335	4359-4607