и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LVI, вып. 2, 1969 г.

ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА СУХИХ СКВАЖИН ПРИ ПЛОТНОСТНОМ γ-γ-КАРОТАЖЕ

Э. П. Попов

С целью исключения влияния диаметра скважины на результаты плотностного γ-γ-каротажа используют специальные прижимные 2π-зонды [Филиппов, 1962]. В скважинах малого диаметра (36—50 *мм*) применение прижимных зондов затруднено. Для таких скважин широко используют симметричные 4π-зонды. Однако наличие между зондом и стенками скважины промежуточной зоны (воздух, вода, буровой раствор) приводит к существенной зависимости показаний 4π-зонда от диаметра скважины. Когда диаметр скважины постоянен, эту зависимость можно учесть при эталонировании зондов [Арцыбашев, 1965]. Нарушение идентичности условий эталонирования и измерений при изменении диаметра скважины приводит к появлению различий между измеренными $\rho_{изм}$ и истинными $\rho_{ист}$ значениями плотности.

Предлагаемый способ расчета $\rho_{ист}$ при γ-γ-каротаже сухих скважин переменного диаметра использует зависимость $\rho_{изм}$ от $\rho_{ист}$ и величины промежуточной зоны h.

Влияние промежуточной зоны при измерении односторонними 2π-зондами рассмотрено В. А. Арцыбашевым [1964]. Когда плотность промежуточной зоны (воздух, вода) меньше плотности исследуемых пород, увеличение промежуточной зоны приводит к повышению интенсивности рассеянного γ-излучения, которая, в свою очередь, увеличивается с возрастанием плотности пород.

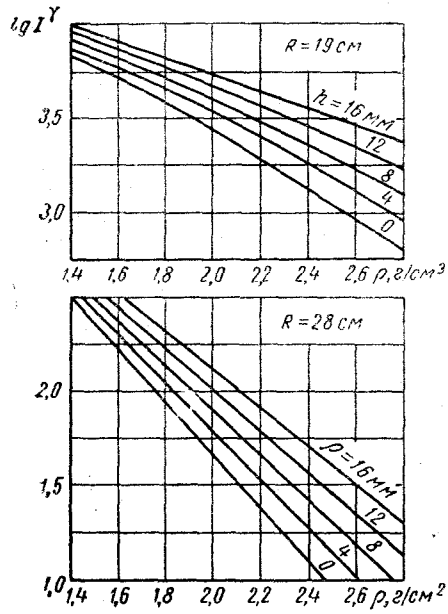
Так как закономерности влияния промежуточной зоны для измерений в условиях 2π- и 4π-геометрии одинаковы, учет влияния промежуточной зоны при определении $\rho_{ист}$ сводится к нахождению функции

$$\rho_{ист} = f(\rho_{изм}, h), \qquad (1)$$

где $h = D - d$; D — диаметр скважины; d — диаметр зонда.

Для определения зависимости (1) при сухих скважинах (воздушная промежуточная зона) проведено эталонирование зондов на моделях скважин разного диаметра. В качестве сред использованы: песок $\rho = 1{,}65$ *г/см*^{3}; пескоцемент, $\rho = 2{,}00$ *г/см*^{3}; бетон, $\rho = 2{,}34$ *г/см*^{3}; мрамор, $\rho = 2{,}76$ *г/см*^{3}. Как видно из графиков, увеличение диаметра скважин ведет к уменьшению угла наклона эталонировочного графика и его смещению вверх по оси интенсивности. Отличие величин плотности, определенных по различным эталонировочным графикам, весьма существенное и повышается с увеличением плотности пород. Для неболь-

увеличиваются за счет уменьшения чувствительности к плотности при малых значениях ρR [Арцыбашев, 1965]. Увеличение длины зонда ведет к снижению влияния диаметра скважины.



Эталонировочные графики для симметричного 4π-зонда длиной R при разной величине воздушного зазора h. Источник Cs-137

При определении истинных величин плотности, по данным эталонирования зонда, на моделях скважин разного диаметра целесообразно результаты эталонирования представить в виде графической или матричной зависимости $\rho_{ист}$ от $\rho_{изм}$, определенным по эталонировочному графику, соответствующему $h=0$. Учет влияния диаметров скважины путем эталонирования зондов осложнен необходимостью большого числа разнообразных моделей скважин. Используя определенные закономерности эталонировочных графиков, полученных при различной величине воздушного зазора, можно рекомендовать более простой способ нахождения истинных величин плотности. Хотя этот способ основан на ряде допущений, при сравнительно небольших величинах воздушного зазора h (до 10—15 *мм*) он дает достаточно хорошую сходимость результатов.

Анализ эталонировочных графиков, полученных на моделях скважин разного диаметра, показывает, что зависимость интенсивности рассеянного γ-излучения I^γ от плотности в полулогарифмических координатах при $\rho R > 35$ *г/см²* можно аппроксимировать прямой. Кроме того, при постоянной плотности среды и небольших h значение $\lg I^\gamma$ возрастает в первом приближении линейно с увеличением диаметра скважины.

Исходя из прямолинейности эталонировочных графиков и постоянства приращений $\Delta \lg I^\gamma$ при одинаковом приращении Δh, путем несложных геометрических преобразований зависимость (1) можно представить выражением

$$\rho_{ист} = \frac{A + \frac{C}{h}\rho_{изм}}{\frac{C}{h} - B}, \qquad (2)$$

где A, B и C — некоторые постоянные, зависящие от длины и конструкции зонда и других факторов.

Учет влияния диаметра скважины в данном случае сводится к определению постоянных A, B и C. Для этого зонд эталонируют при отсутствии воздушного зазора обычным способом с использованием сред разной плотности [Филиппов, 1962] или на среде одной плотности с последующим построением эталонировочного графика методом подобного преобразования γ-полей [Арцыбашев, 1965]. Затем при выбран-

на двух опорных горизонтах с плотностью ρ_1 и ρ_2 при любом воздушном зазоре h_1 и h_2. По эталонировочному графику определяют некоторые эффективные значения плотности обоих опорных горизонтов $\rho_{1\,изм}$ и $\rho_{2\,изм}$ и по полученным значениям рассчитывают искомые постоянные A, B и C

$$A = \frac{\rho_2 - \rho_{2\,изм}}{h_2}\rho_1 - \frac{\rho_1 - \rho_{1\,изм}}{h_1}\rho_2, \tag{3}$$

$$B = \frac{\rho_1 - \rho_{2\,изм}}{h_1} - \frac{\rho_2 - \rho_{2\,изм}}{h_2}, \tag{4}$$

$$C = \rho_1 - \rho_2. \tag{5}$$

Формулы (3), (4) и (5), так же и как выражение (2), получены геометрическим преобразованием эталонировочных графиков при отмеченных выше допущениях. В общем случае величины A, B и C зависят от плотности опорных горизонтов ρ_1 и ρ_2 и величин воздушного зазора h_1 и h_2, что исключает определение A, B и C как средних при измерении на нескольких парах опорных горизонтах. Избежать случайных ошибок в определении ρ_1, ρ_2, $\rho_{1изм}$, $\rho_{2изм}$, h_1 и h_2 можно повторным расчетом $\rho_{ист}$ по формуле (2), используя A, B и C, определенные для каждой отдельной пары опорных горизонтов.

Сопоставление $\rho_{ист}$, определенных по данным эталонирования зонда и расчетом по формуле (2) при $R=28$ *см*, показывает достаточно хорошую сходимость рассматриваемых данных:

$\rho_{изм}$, *г/см*^{3}	1,6	1,9	2,2	2,4
h, *мм*	8	4	12	8
$\rho_{ист}$, *г/см*^{3}				
по эталонированию	1,73	1,98	2,58	2,67
по расчету	1,72	1,97	2,56	2,66

В качестве опорных горизонтов в общем случае можно выбрать горизонты с любой плотностью. Для большей точности расчетов, однако, различие в показателях плотности должно достичь 0,4—0,5 *г/см*^{3}, особенно при больших значениях h.

ЛИТЕРАТУРА

Арцыбашев В. А. Исследование некоторых факторов, влияющих на измерение плотности, методом рассеянного γ-излучения. Изв. ВУЗов. Геология и разведка, № 11, 1964.

Арцыбашев В. А. Гамма-метод измерения плотности. Атомиздат, 1965.

Филиппов Е. М. Прикладная ядерная геофизика. Изд. АН СССР, М., 1962.