Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXIV, вып. 2, 1974 г.

УЧЕТ СКВАЖИННЫХ УСЛОВИЙ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГАММА-СПЕКТРАЛЬНЫХ КАРОТАЖНЫХ ДИАГРАММ

Г. Ф. Новиков, Ю. О. Козында, А. Я. Синицын, Б. В. Калинин

Различный спектральный состав гамма-излучения урановых и ториевых руд определяет специфику учета ослабления излучения в обсадных трубах и промывочной жидкости при интерпретации гамма-спектральных каротажных диаграмм. Теоретическими и экспериментальными исследованиями определены поправки на ослабление излучения урана и тория в железных трубах и воде применительно к гамма-спектрометру с рабочими энергетическими окнами 1,05+0,3 (окно I) и 2,05+0,6 *Мэв* (окно II). Для расчетов использовано известное выражение [2] максимальной интенсивности излучения I_{max} (H, d) в центре радиоактивного пласта мощностью H, пересекаемого скважиной радиусом r_0, заполненной промывочной жидкостью при толщине цилиндрического слоя $d_ж$ и обсаженной железными трубами толщиной $d_т$ (рис. 1),

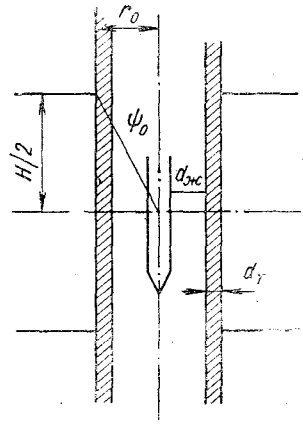


Рис. 1. Иллюстрация к выражениию (1)

$$I_{max}(H, d) = I_\infty(0)\left[\int_{\psi_0}^{\pi/2} e^{-a\,\mathrm{cosec}\,\psi}\sin\psi\,d\psi - \int_{\psi_0}^{\pi/2} e^{-(m\sec\psi - n\,\mathrm{cosec}\,\psi)}\sin\psi\,d\psi\right] = I_\infty(0)\,[Y(a, \psi_0) - X(m, n, \psi_0)], \qquad (1)$$

где $a = \mu_т d_т + \mu_ж d_ж$; $m = \mu_р \frac{H}{2}$; $n = \mu_р r_0 - a$; $\psi_0 = \mathrm{arctg}\,\frac{r_0}{H/2}$; $\mu_ж$, $\mu_т$, $\mu_р$ — линейные коэффициенты ослабления гамма-излучения [1] в промывочной жидкости, обсадных трубах и радиоактивной руде, I_∞ (0) — интенсивность гамма-излучения насыщенного рудного пласта в скважине, заполненной воздухом.

Функции $Y(a, \psi_0)$ и $X(m, n, \psi_0)$ табулированы при некоторых дискретных значениях a, ψ_0, m и n. Первая вычислена по нашему предложению в математической лаборатории ВИРГ, вторая — коллективом кафедры высшей математики ЛГИ под руководством А. Г. Абазова. Зна-

чения $\mu_ж$ и $\mu_т$ определены экспериментально на насыщенных по гамма-излучению моделях пластов урановой и ториевой руд. Полученные данные помещены в табл. 1.

Таблица 1

Массовые коэффициенты ослабления гамма-излучения урановой и ториевой руд

Рабочее окно спектрометра	μ/ρ в железе, $см^2/г$		μ/ρ в воде, $см^2/г$			
			детектор у стенки скважины		детектор в центре скважины	
	U	Th	U	Th	U	Th
I	0,034	0,029	0,032	0,028	0,036	0,031
II	0,036	0,032	0,034	0,032	0,038	0,035

Примечание. Скважинный прибор ⌀46 *мм* с толщиной железных стенок 2,5 *мм*. Сцинтиллятор NaI (Tl) 30×70 *мм*. Содержание урана в руде 0,125% тория 0,037%.

Поправки $C_п$ на ослабление излучения в промывочной жидкости и железе рассмотрены раздельно для насыщенных излучающих пластов и пластов ограниченной мощности. Для насыщенных пластов $\psi_0=0$ и второй интеграл в выражении (1) также стремится к нулю, поэтому

$$C_п=\frac{1}{Y(a)}. \qquad (2)$$

Вычисленные на основе табл. 1 и графика на рис. 2, а также экспериментально полученные значения $C_п$ для раздельно находящихся в скважине железных труб и воды приведены в табл. 2. Точность измерения скоростей счета в эксперименте была не менее ±1%, суммарная погрешность определения $C_п$ составляла 1—2%. Сопоставление экспериментальных и расчетных данных показывает хорошую сходимость результатов.

Для излучающих пластов ограниченной мощности из-за значительной погрешности экспериментального определения площадей каротажных диаграмм при непрерывном каротаже вопрос о возможной зависимости $C_п$ от мощности H излучающего пласта рассмотрен лишь по расчетным данным на основе известных закономерностей [2]. Поправка на ослабление излучения для таких пластов

$$C_п(H)=\frac{S(H,0)}{S(H,d)}, \qquad (3)$$

где $S(H, 0)$ и $S(H, d)$ — площади каротажных диаграмм для пластов мощностью H, полученных соответственно при наличии и отсутствии промежуточной зоны в скважине.

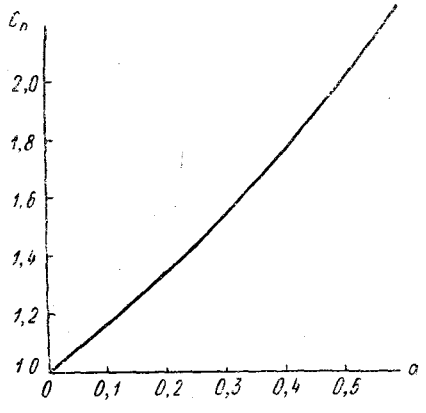


Рис. 2. График зависимости $C_п=\frac{1}{Y(a)}$

Рассчитанные значения $C_п$ в рабочем окне II для урановой руды

Таблица 2

Поправки $C_П$ на ослабление излучения насыщенных пластов урановой и ториевой руд в промежуточной зоне скважины для рабочих окон I и II

Толщина поглотителя		$C_П$ в железе				$C_П$ в воде							
		U		Th		детектор у стенки скважины				детектор в центре скважины			
						U		Th		U		Th	
железо, *мм*	вода, *см*	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	1	1,04	1,04	1,03	1,04	1,05	1,05	1,04	1,05	—	—	—	—
		1,04	1,04	1,03	1,04	1,05	1,05	1,04	1,05				
2	2	1,08	1,09	1,07	1,08	1,10	1,11	1,09	1,10	1,11	1,12	1,10	1,11
		1,08	1,09	1,07	1,08	1,10	1,11	1,09	1,10	1,12	1,12	—	—
4	4	1,17	1,18	1,14	1,16	1,21	1,22	1,18	1,21	—	—	—	—
		1,17	1,18	1,14	1,16	1,20	1,21	—	—				
7	6	1,30	1,32	1,26	1,28	1,32	1,34	1,27	1,32	1,36	1,38	1,30	1,35
		1,29	1,31	1,25	1,28	1,30	1,32	—	—	1,35	1,37	—	—
10	8	1,45	1,48	1,38	1,42	1,43	1,47	1,37	1,43	—	—	—	—
		1,47	1,49	1,38	1,43								
15	10	1,73	1,78	1,59	1,67	1,56	1,60	1,48	1,56	1,65	1,69	1,55	1,62
		1,74	1,80	1,59	1,67								
20	15	2,08	2,13	1,85	1,98	1,94	2,02	1,78	1,94	—	—	—	—
		—	—	1,82	1,95								

Примечание. В числителе дроби указаны вычисленные, в знаменателе — экспериментальные значения $C_П$.

при $2r_0=90$ *мм*, $d_т=7$ *мм* и разных значениях H соответствуют:

H, *см*	5	10	20	30	50	70	100
$C_П$	1,30	1,31	1,30	1,32	1,32	1,32	1,32

Таким образом, $C_П$ сохраняет практически одинаковую величину при любой мощности H и равна отношению интенсивностей излучения в скважине без обсадных труб и с ними в центре насыщенного излучающего пласта. Этот же вывод подтверждается остальной серией расчетов, выполненных для обоих рабочих окон и различных скважинных условий. Вывод имеет важное значение для практической интерпретации гамма-спектральных каротажных диаграмм и должен учитываться при организации экспериментальных работ по ослаблению излучения.

Содержание урана q_U и тория q_{Th} в рудных пластах ограниченной мощности с учетом $C_П$ рассчитывают обычно по системе [3]

$$q_U = \frac{C_{1U}\,C_{2U}}{\Delta H}\,(b_{2Th}\,S_1 C_{1Th} - b_{1Th}\,S_2\,C_{2Th}),$$

$$q_{Th} = \frac{C_{1Th}\,C_{2Th}}{\Delta H}\,(b_{1U}\,S_2\,C_{2U} - b_{2U}\,S_1\,C_{1U}), \qquad (4)$$

где $\Delta = b_{1U}\, b_{2Th}\, C_{2U}\, C_{1Th} - b_{2U}\, b_{1Th}\, C_{1U}\, C_{2Th}$; C_{ij} — конкретные значения поправок $C_п$ для j-го радиоактивного элемента в i-м рабочем окне спектрометра (индекс i равен 1 или 2; j соответствует урану или торию); b_{ij} — пересчетные коэффициенты, измеренные на рудных моделях скважин, заполненных воздухом; S_i — площади каротажных диаграмм в i-м рабочем окне.

Значения поправок $C_п$ для конкретных условий каротажа получают из графика рис. 2. Для отдельно взятых промывочной жидкости и железных обсадных труб см. табл. 2. Если вместо предлагаемых дифференцированных поправок пользоваться единой поправкой, усредненной по энергиям, то ошибка в определении содержаний радиоактивных элементов составит 1—2% в благоприятном случае, когда в руде преобладает определяемый элемент, и достигнет ±10% в неблагоприятном случае. Так, для урана она равна граничной цифре для $d_т = 4$ *мм* при q_{Th}/q_U около 40, а для $d_т = 10$ *мм* — при q_{Th}/q_U около 7. Поэтому использование средних значений $C_п$ при интерпретации гамма-спектральных каротажных диаграмм должно быть обосновано предварительными расчетами ожидаемых ошибок определения q_j и размером их допустимых значений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лейпунский О. И., Новожилов В. В., Сахаров В. Н. Распространение гамма-квантов в веществе. Физматгиз, 1960.

2. Новиков Г. Ф., Капков Ю. Н. *Радиоактивные методы разведки*. Недра, 1965.

3. Новиков Г. Ф. и др. Основы интерпретации гамма-спектральных каротажных диаграмм на месторождениях урано-ториевых руд. Методы рудной геофизики, 1970, вып. 9.