Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова,
1987, т. 111

УДК 550.835

ПОЛЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ШАРОВОЙ ФОРМЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ПОДВОДНОЙ СЪЕМКИ

А.Л.ПОЛЕЩУК

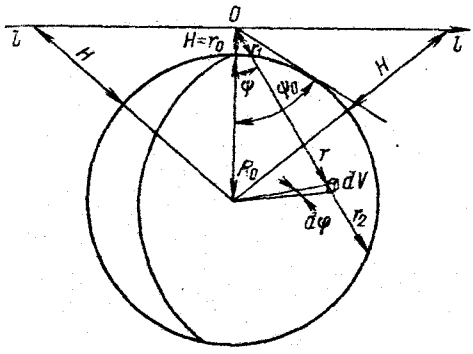


Рис.1. Расчетная модель

Наиболее слабым звеном подводной радиометрии, наряду с достаточно развитой аппаратурно-методической базой [2,4], является отсутствие теоретических разработок, позволяющих определять поле гамма-излучения в воде для рудных тел различной формы.

Полученная нами аналитическим путем формула позволяет рассчитать применительно к подводным условиям интенсивность гамма-излучения шара радиусом R_0 на расстоянии H от его поверхности.

Интенсивность излучения dJ элементарного объема dV в точке на расстоянии r (рис.I) [3]:

$$dJ = KQ\rho e^{-\mu_P(r-r_1)-\mu_B r_1}\sin\psi\, d\psi\, dr\, d\varphi.$$

Интегрируя по объему, получим

$$J = KQ\rho\int_0^{2\pi}\int_{r_1}^{r_2}\int_0^{\psi_0} e^{-\mu_P(r-r_1)-\mu_B r_1}\sin\psi\, d\psi\, dr\, d\varphi =$$

$$= \frac{2\pi KQ\rho}{\mu_P}\int_0^{\psi_0}\left(e^{-\mu_B r_1} - e^{-\mu_P(r_2-r_1)-\mu_B r_1}\right)\sin\psi\, d\psi,$$

а с учетом (рис.I), из которого следует, что

$$r_2 - r_1 = 2\sqrt{R_0^2-(H+R_0)^2\sin^2\psi}\ ;$$

$$r_1 = (H+R_0)\cos\psi - \sqrt{R_0^2-(H+R_0)^2\sin^2\psi}\ ,$$

можно записать

$$J = \frac{2\pi KQ\rho}{\mu_P}\int_0^{\psi_0} e^{-\mu_B\left[(H+R_0)\cos\psi-\sqrt{R_0^2-(H+R_0)^2\sin^2\psi}\right]}\left(1-e^{-2\mu_P\sqrt{R_0^2-(H+R_0)^2\sin^2\psi}}\right)\sin\psi\, d\psi \quad (I)$$

где K – константа γ-излучения; Q – массовая доля радиоактивного вещества, г/г породы; ρ – плотность руды; μ_B и μ_P – эффективные коэффициенты ослабления γ-излучения в воде и руде соответственно.

Выражение (I) позволяет рассчитать величину поля гамма-излучения шара в любой точке водного пространства. Зная теоретическую величину поля и используя данные подводной радиометрии, можно определять параметры рудных объектов шаровой формы. С этой целью рассчитана серия графиков зависимости относительной интенсивности гамма-излучения $J_{\ell,R_0}/J_{max,R_0}$ валуна (здесь J_{max,R_0} и J_{ℓ,R_0} – интенсивность излучения в пунктах с координатами 0 и ℓ соответственно; ℓ – расстояние между центром детектора и проекцией центра шара на линию профиля, см,

$$\ell = \sqrt{(H+R_0)^2-(r_0-R_0)^2},$$

r_0 – радиус детектора, см.

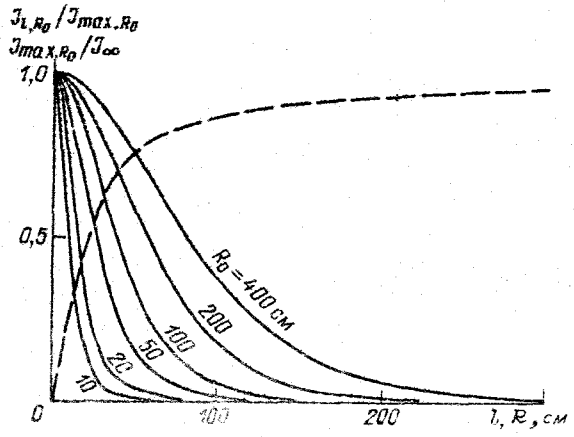


Рис.2. Палетка для определения содержания урана $F(R_0)=J_{max,R_0}/J_\infty$ (пунктирная кривая) и размера валунов $f(\ell)=J_{\ell,R_0}/J_{max,R_0}$ (сплошные кривые)

Подставляя в равенство (I) коэффициенты ослабления гамма-излучения μ_P и μ_B, соответствующие излучению урана или тория в заданных участках спектра, получим выражение для расчета поля гамма-излучения, создаваемого в воде радиусом R_0 с повышенной массовой долей соответствующего элемента. Аналогично решается данная задача и для интегральной активности шара. Коэффициенты μ_B при определении U и Th полевым спектрометром со стандартными окнами [1] соответственно равны 0,037 и 0,036 $см^{-1}$, а при интегральных измерениях 0,026 $см^{-1}$.

Интеграл в формуле (I) вычисляется для разных μ, R_0, H с помощью ЭВМ "ЕС-1035" по стандартной программе.

Из набора кривых $J_{\ell,R_0}/J_{max,R_0}=f(\ell)$ составлены палетки, которые позволяют определять размеры валунов с повышенной массовой долей радионуклидов по результатам подводной гамма-спектральной (рис.2) и интегральной (рис.3) съемок.

Порядок определения параметров валунов следующий. По характерному поведению блока детектирования в процессе съемки, выражающемуся в рывках и подергивании соединительного кабеля, выделяется отрезок профиля, на котором подводный снаряд находился в контакте с валуном. Часть диаграммы, записанная на ленте самописца с инерционными искажениями, соответствующая этому отрезку профиля, трансформируется в истинную с учетом скорости съемки [3].

Полученный график нормируется относительно своего максимального зна-

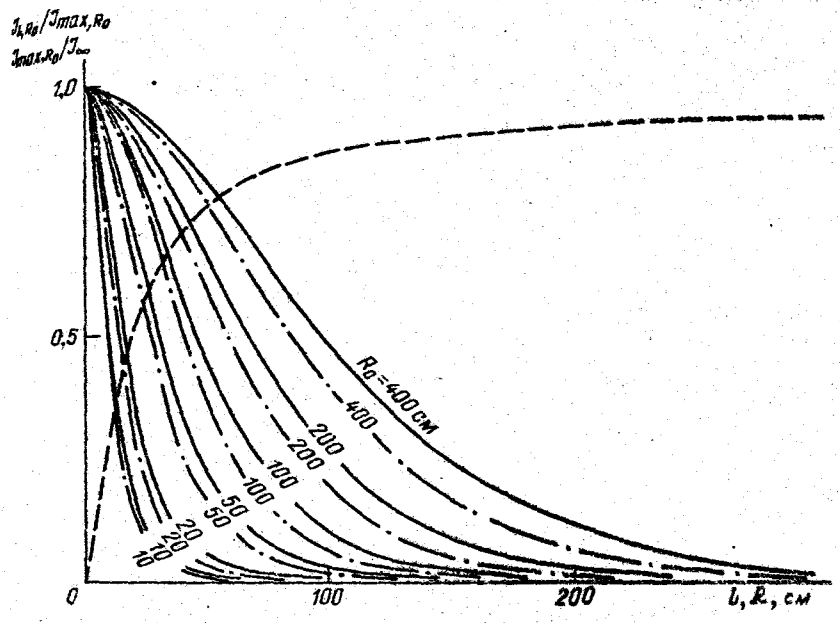


Рис.3. Палетки для определения содержания тория $F(R_0) = J_{max,R_0}/J_\infty$ (пунктирная кривая) и размера валунов $f(\ell) = J_{\ell,R_0}/J_{max,R_0}$ по данным интегральной съемки (сплошные кривые) и по торию (штрих-пунктирные кривые)

чения и сравнивается с теоретическими кривыми палетки. Интерполяцией определяется радиус валуна.

Для вычисления массовой доли Q_{R_0} урана или тория в валуне по данным подводной гамма-спектральной съемки определяется максимальное значение истинной кривой аномального эффекта Q_{max,R_0}. Затем с графика $F(R_0)=J_{max,R_0}/J_\infty$ (см. рис.2 или 3) снимается значение поправки $K_0=F(R_0)$, соответствующее доле излучения шара J_{max,R_0} относительно излучения бесконечного излучающего полупространства J_∞: $K_0 = J_{max,R_0}/J_\infty$.

Интенсивность излучения J прямо пропорциональна массовой доле радиоактивного элемента Q, поэтому $Q_{R_0} = Q_{max,R_0} K_0$. Для определения истинной массовой доли радиоактивного элемента в валуне дополнительно вводится поправка, учитывающая различие аппаратурных спектров гамма-излучения валунов и насыщенных масс [I].

Аналогичный описанному подход может оказаться полезным в целом ряде случаев, когда реальные геологические тела можно аппроксимировать геометрическими правильными фигурами: бесконечным по простиранию и падению пластом ограниченной мощности, слоем безграничного простирания но ограниченной мощности и другими.

ЛИТЕРАТУРА

1. Габитов Р.М., Новиков Г.Ф., Полещук А.Л. Гамма-спектрометрия валунов. – В кн.: Геофизические методы поисков и разведки рудных и нерудных месторождений. Сб. науч. трудов. Свердловск, изд. СГИ, 1985, с. 95–97.

2. Костоглодов В.В. Морская гамма-спектрометрическая съемка. М., Наука, 1979. 148 с.

3. Новиков Г.Ф., Калков Ю.Н. Радиоактивные методы разведки. Л., Недра, 1965. 760 с.

4. Шашов А.Н. Гамма-метрия морского дна. М., Недра, 1977. 168