

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 13589-3:2022

Xuất bản lần 1

ĐIỀU TRA, ĐÁNH GIÁ VÀ THĂM DÒ KHOÁNG SẢN --

ĐỊA VẬT LÝ LỖ KHOAN --

PHẦN 3: PHƯƠNG PHÁP GAMMA NHÂN TẠO

Investigation, evaluation and exploration of minerals - Borehole geophysical survey -

Part 3: Artificially gamma ray method

HÀ NỘI – 2022

Lời nói đầu

TCVN 13589-3: 2022 do Tổng Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam biên soạn, Bộ Tài nguyên và Môi trường đề nghị, Tổng Cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ TCVN 13589 *Điều tra, đánh giá và thăm dò khoáng sản – địa vật lý lỗ khoan* gồm các tiêu chuẩn sau:

TCVN 13589 -1:2022, Phần 1: Quy định chung

TCVN 13589 -2:2022, Phần 2: Phương pháp gamma tự nhiên

TCVN 13589 -3:2022, Phần 3 : Phương pháp gamma nhân tạo

TCVN 13589 -4:2022, Phần 4: Phương pháp phổ gamma

TCVN 13589 -5:2022, Phần 5: Phương pháp neutron

TCVN 13589 -6:2022, Phần 6: Phương pháp đo nhiệt độ

Điều tra, đánh giá và thăm dò khoáng sản - Địa vật lý lỗ khoan - Phần 3: Phương pháp gamma nhân tạo

Investigation, evaluation and exploration of minerals - Borehole geophysical survey –

Part 3: Artificially gamma ray method

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định về yêu cầu kỹ thuật phương pháp gamma nhân tạo trong lỗ khoan, phục vụ điều tra, đánh giá và thăm dò khoáng sản; khảo sát địa chất thủy văn, địa chất công trình; điều tra tai biến địa chất và môi trường.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho điều tra, đánh giá và thăm dò dầu khí.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất bao gồm cả các bản sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 13589-1: 2022 - Điều tra, đánh giá và thăm dò khoáng sản - Địa vật lý lỗ khoan - Phần 1: Quy định chung.

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa trong TCVN 13589-1: 2022 và thuật ngữ và định nghĩa sau:

3.1

Phương pháp gamma nhân tạo (Artificially gamma method)

Phương pháp sử dụng nguồn phát gamma nhân tạo đưa vào đầu đo và thu tín hiệu gamma thứ cấp sau khi đi qua môi trường đất đá.

4 Nguyên lý phương pháp gamma nhân tạo

Sơ đồ khối cấu tạo của đầu đo (sond) gamma nhân tạo nêu tại Phụ lục A, nguyên lý như sau: chiếu xạ vào môi trường đất đá xung quanh thành giếng khoan bằng một chùm tia gamma có năng lượng khác nhau và đo các tia gamma tán xạ do kết quả tương tác của chúng với môi trường.

Phương trình suy giảm cường độ tia gamma sau khi đi qua môi trường như sau:

$$I_{\gamma} = I_0 e^{-\mu_m \rho_b x} \quad (1)$$

Lấy logarit (1) ta có:

$$\text{Ln} I_{\gamma} = \text{Ln} I_0 - \mu_m \rho_b x \quad (2)$$

Trong đó:

- I_{γ} - Là cường độ gamma tán xạ sau khi tương tác với đất đá thành giếng khoan;
- I_0 - Là cường độ gamma ban đầu;
- x - Khoảng cách nguồn phát đến Detector thu;
- μ_m - Độ từ thâm của đất đá;
- ρ_b - Mật độ khối của đất đá.

Từ phương trình (2) cho thấy: Nếu cường độ bức xạ của nguồn I_0 và hệ số μ_m không đổi, khoảng cách x từ nguồn đến detector là cố định thì giá trị cường độ phóng xạ gamma tán xạ I_{γ} đo được sẽ là hàm số chỉ phụ thuộc vào mật độ khối ρ_b của môi trường. Từ đó ta có thể tìm được một phương trình thực nghiệm biểu thị mối liên hệ khá chặt chẽ giữa cường độ gamma tán xạ với mật độ khối ρ_b của đất đá ở thành giếng khoan.

Khi các tia gamma tương tác với môi trường đất đá chúng sẽ gây ba hiệu ứng:

- Hấp thụ quang điện: Tia gamma bị hấp thụ hoàn toàn.
- Tán xạ Compton: Tia gamma mất bớt năng lượng, chuyển động lệch hướng.
- Tạo cặp: Tia gamma va chạm với hạt nhân của nguyên tử làm bắn ra cặp điện tử trái dấu e^+ và e^-

Trong trường hợp dùng nguồn năng lượng tia gamma đủ lớn, khi đó hiệu ứng compton sẽ trội hơn thì mối quan hệ hàm số $I_{\gamma} = f(\rho_b)$ càng chặt chẽ và do đó người ta gọi phép đo này là phương pháp gamma tán xạ mật độ (Formaition Density Compensate – FDC)

Trong trường hợp ta dùng nguồn phóng xạ gamma có năng lượng thấp, hiệu ứng hấp thụ quang điện sẽ chiếm ưu thế khi tia gamma tương tác với môi trường nghiên cứu. Cường độ gamma đo được sẽ chủ yếu phụ thuộc vào số electron trong một đơn vị thể tích môi trường hay tỷ lệ nghịch với số khối các nguyên tố nặng (Bi, W, Pt, Au, Ag, Pb,) trong môi trường đó. Dựa vào đặc điểm này, ta có thể phát hiện ra các đới trong lát cắt chứa các nguyên tố nặng. Phép đo như vậy trong giếng khoan (dùng nguồn chiếu tia gamma năng lượng thấp) gọi là phương pháp gamma tán xạ chọn lọc.

5 Máy móc, thiết bị, công tác kiểm tra, hiệu chuẩn máy đo

5.1 Máy móc, thiết bị đo

Đầu đo gamma nhân tạo được chế tạo để đo - ghi cường độ gamma thứ cấp từ nguồn phát gamma nhân tạo sau khi đi qua môi trường đất đá dọc thành lỗ khoan, đầu đo được kết nối với bộ phận tời cáp và trạm đo dùng chung cho nhiều phương pháp địa vật lý lỗ khoan; số liệu đo ghi dưới dạng số; phai số liệu có thể chuyển đổi sang các phần mềm xử lý chuyên dụng để xử lý. Đầu đo gamma nhân tạo thường được tích hợp với phương pháp gamma tự nhiên, điện trở suất, đường kính...

5.2 Công tác kiểm tra, đảm bảo chất lượng đo đạc

5.2.1 Trong quá trình thi công, hàng ngày phải kiểm tra đầu đo gamma nhân tạo ở chế độ "tĩnh" để xác định độ nhạy, độ ổn định của thiết bị đo. Chỉ các thiết bị đo đáp ứng yêu cầu kiểm định và kiểm tra chất lượng hàng ngày theo quy định mới được phép sử dụng.

5.2.2 Nội dung và trình tự kiểm tra được tiến hành theo đúng hướng dẫn trong lý lịch từng loại máy.

5.2.3 Kết thúc đo gamma nhân tạo trong lỗ khoan, phải tháo rời các khối ráp nối trạm đo và đưa vào hộp bảo quản riêng đã được Nhà sản xuất chế tạo.

5.2.4 Nguồn gamma nhân tạo phải được lấy ra khỏi đầu đo và đưa vào bình chì bảo quản theo đúng quy định về bảo quản nguồn phóng xạ.

5.2.5 Toàn bộ trạm đo luôn phải được bảo quản ở nơi khô ráo, thoáng mát, đúng theo hướng dẫn bảo quản và an toàn thiết bị của nhà sản xuất.

5.3 Công tác hiệu chuẩn máy đo

5.3.1 Máy đo gamma nhân tạo trong lỗ khoan phải được hiệu chuẩn định kỳ một năm một lần và sau mỗi lần sửa chữa, thay thế linh kiện trong máy giếng. Việc hiệu chuẩn được tiến hành theo đúng quy định của đơn vị chức năng...

5.3.2 Tất cả các thiết bị đo gamma nhân tạo trong lỗ khoan, trước khi hiệu chuẩn phải kiểm tra, xác định độ nhạy, độ ổn định, độ tuyến tính đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật của nhà sản xuất.

5.3.3 Nội dung và trình tự hiệu chuẩn máy đo gamma nhân tạo được tiến hành theo quy trình thống nhất và đúng theo hướng dẫn trong lý lịch từng loại máy.

5.3.4 Kết quả hiệu chuẩn phải xác định được mối quan hệ giữa số đọc trên thiết bị đo và tham số vật lý cần xác định (ví dụ: mật độ đất đá khi đo gamma mật độ, nguyên tử số của các nguyên tố nặng khi đo gamma chọn lọc)

6 Công tác thi công thực địa

Trong quá trình thi công thực địa phải tuân thủ đầy đủ các yêu cầu chung, yêu cầu kỹ thuật thi công thực địa nêu tại TCVN 13589-1: 2022 và các nội dung sau:

6.1 Chuẩn bị lỗ khoan

6.1.1 Cán bộ kỹ thuật địa chất theo dõi khoan hoặc tổ trưởng tổ khoan có trách nhiệm cung cấp cho Trạm trưởng trạm địa vật lý cột địa tầng lỗ khoan tỷ lệ 1:200 có ghi tỷ lệ lấy mẫu hoặc cột địa tầng tỷ lệ 1:50 và trạng thái thực tế của lỗ khoan trước khi tiến hành đo gamma nhân tạo trong lỗ khoan.

6.1.2 Trước khi đo gamma nhân tạo phải tiến hành bơm rửa dung dịch lỗ khoan trong thời gian tối thiểu 2 giờ đối với vùng đo có các dị thường phóng xạ tự nhiên.

6.1.3 Việc chuẩn bị lỗ khoan theo yêu cầu kỹ thuật nêu trên phải được tổ trưởng khoan và cán bộ địa chất theo dõi lỗ khoan đảm bảo và xác nhận bằng văn bản cho trạm trưởng địa vật lý lỗ khoan trước khi đo địa vật lý.

6.1.4 Khi đo địa vật lý lỗ khoan phải có cán bộ địa chất theo dõi lỗ khoan và tổ trưởng (kíp trưởng) khoan. Khi kết thúc đo địa vật lý lỗ khoan, những người trên cùng ký tên vào Biên bản thi công địa vật lý lỗ khoan.

6.2 Yêu cầu kỹ thuật đo gamma nhân tạo

Đo gamma nhân tạo được thực hiện liên tục trong quá trình kéo thiết bị đo từ đáy lên miệng lỗ khoan. Trong quá trình đo ghi phải luôn giữ cho tốc độ kéo cáp không đổi từ đáy lên miệng lỗ khoan. Quan sát đồ thị đường cong đo gamma nhân tạo trên phần mềm đo, ghi số liệu trong khi thả đầu đo xuống đáy lỗ khoan, xác định các vị trí có ống chống, vị trí có các dị thường để định hướng cho công tác đo và chọn lựa các vị trí đo kiểm tra và đo chi tiết dị thường ở tỷ lệ lớn hơn. Ghi kết quả đo khi bắt đầu kéo cáp từ đáy lên miệng lỗ khoan.

6.3 Tỷ lệ ghi

Tỷ lệ ghi của phương pháp đo gamma nhân tạo trong lỗ khoan được quy định bằng số điểm ghi số liệu trên một mét chiều sâu dọc thành lỗ khoan. Thông thường tỷ lệ ghi là 0,1m/điểm ghi số liệu. Đo chi tiết khu vực dị thường, tỷ lệ ghi 0,05m/điểm ghi số liệu.

6.4 Tốc độ kéo cáp

Tốc độ kéo cáp khi đo gamma nhân tạo phụ thuộc vào hằng số thời gian của từng máy đo. Chọn tốc độ kéo cáp theo hồ sơ kỹ thuật của máy đo. Thông thường chọn tốc độ kéo cáp $\leq 400\text{m/h}$.

Khi ghép nối với phương pháp khác phải đảm bảo nguyên tắc tốc độ kéo cáp không được lớn hơn tốc độ kéo cáp tối đa của phương pháp gamma nhân tạo.

6.5 Kiểm tra thực địa

6.5.1 Công tác đo kiểm tra được thực hiện trong cùng thời gian đo lỗ khoan (nhưng ở lần kéo thả khác với lần đo lấy số liệu).

6.5.2 Khối lượng đo kiểm tra được thực hiện bằng cách đo lặp lại tối thiểu 10% chiều sâu đo địa vật lý lỗ khoan, nhưng không ít hơn 10m trong mỗi lỗ khoan. Việc đo kiểm tra phải thực hiện trên đoạn lỗ khoan có số đọc thay đổi lớn nhất với cùng tốc độ kéo cáp và bước ghi số liệu.

6.5.3 Tiêu chuẩn đánh giá chất lượng tài liệu đo gamma nhân tạo trong lỗ khoan:

- Sự lặp lại của đường cong đo và đường cong đo kiểm tra phải đồng dạng;
- Sai số tương đối giữa số đo và số đo kiểm tra trên cùng chỉ số chiều sâu lỗ khoan $\leq 10\%$.

6.6 Yêu cầu tài liệu thực địa

Tài liệu thực địa (tài liệu nguyên thủy) gồm: các file ghi số liệu đo, file đo kiểm tra, nhật ký ghi chép tại lỗ khoan, biên bản thi công địa vật lý lỗ khoan. Toàn bộ tài liệu thực địa phải được lưu giữ một cách hệ thống theo từng vùng đo, tuyến đo trong máy tính điện tử. Nghiêm cấm can thiệp vào các files số liệu nguyên thủy.

7 Phân tích, giải đoán kết quả

7.1 Công tác văn phòng

Thực hiện theo các nội dung được nêu tại 4.3 của TCVN 13589- 1:2022, chú ý các nội dung sau:

7.1.1 Kiểm tra, hiệu chỉnh tài liệu đo thực địa

- Kiểm tra giá trị dấu mét ban đầu và chiều sâu đánh dấu mét trên biểu đồ gamma nhân tạo, so sánh chiều sâu ống chống và đáy lỗ khoan trên biểu đồ gamma nhân tạo và tài liệu khoan;
- Kiểm tra những số liệu đo cụ thể của phương pháp gamma nhân tạo đã thực hiện trên mỗi biểu đồ và khẳng định tính đúng đắn của chúng;
- Kiểm tra chế độ làm việc của máy, tốc độ ghi, giới hạn đo, cách chọn hằng số thời gian;
- So sánh kết quả giữa lần đo và đo kiểm tra hoặc số liệu của những lần đo khác nhau;
- So sánh chỉ số trung bình qua các lớp dày trên các đường cong đo trong thời gian khác nhau hoặc với giá trị chỉ số trung bình qua các lớp chuẩn đã biết được tính chất của chúng.

7.1.2 Hoàn thiện đường cong đo gamma nhân tạo

- Chuyển đường cong đo gamma nhân tạo về đơn vị tương ứng mà phương pháp này thực hiện. Khi đo gamma mật độ, công thức chuyển đổi tổng quát như sau:

$$\delta = K \frac{Q}{L * I\gamma\gamma} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (3)$$

Trong đó:

TCVN 13589-3: 2022

- δ - Mật độ đất đá tại điểm đo (đơn vị g/cm³);
- K - Hệ số suy giảm bức xạ;
- Q - Cường độ phóng xạ của nguồn phát (γ);
- L - Chiều dài ống đo tính từ tâm nguồn đến tâm của Detector đo (cm).
- γγ - Cường độ gamma đo được (γ)

- Thực hiện các biện pháp sao lưu, bảo quản, in ấn các đường cong đo - ghi số liệu trước khi tiến hành xử lý chuyên môn.

7.1.3 Đánh giá sai số của phương pháp

- Đánh giá sai số của phép đo từ kết quả đo lặp trên cùng đoạn chiều sâu lỗ khoan.
- Tính sai số của phương pháp gamma tự nhiên thực hiện theo công thức (1) và (2) của TCVN 13589-1:2022.
- Sai số trung bình tương đối cho phép của toàn lát cắt: $\sigma_{tb} \leq 10\%$;
- Sai số đo độ sâu lỗ khoan được quy định như sau:
 - + Từ 0 đến 100m, sai số cho phép là $\pm 0,5m$;
 - + Từ 0 đến 200m, sai số cho phép là $\pm 0,7m$;
 - + Từ 0 đến 300m, sai số cho phép là $\pm 1m$;
 - + Từ 0 đến 500m, sai số cho phép là $\pm 1,2m$;
 - + Từ 0 đến 1000m, sai số cho phép là $\pm 1,5m$;
 - + 1000m, sai số cho phép là $\pm 2,5m$.

7.2 Công tác xử lý, phân tích, giải đoán kết quả

Thực hiện các nội dung từ 4.3.3 đến 4.3.6 của TCVN 13589-1: 2022 và các nội dung sau:

7.2.1 Xây dựng đường cong gamma nhân tạo trung bình:

Căn cứ vào đồ thị gamma nhân tạo dọc trục lỗ khoan và cột địa tầng địa chất, xác định các ranh giới lớp địa chất rõ ràng theo thành phần thạch học trên cột địa tầng, thành lập đường cong cường độ gamma trung bình cho từng lớp thạch học dọc trục lỗ khoan. Giá trị cường độ bức xạ gamma nhân tạo trong từ lớp thạch học chính là đặc trưng cường độ gamma nhân tạo trong từng lớp đất đá dọc trục lỗ khoan, làm cơ sở để xây dựng cột địa tầng địa vật lý lỗ khoan.

7.2.2 Xác định ranh giới lớp:

- Căn cứ vào hình dạng dị thường đường cong gamma chọn lọc hoặc đường cong mật độ để xác định các đối tượng địa chất có thể tồn tại dọc trục lỗ khoan.
- Khi thăm dò các thân quặng là các đối tượng có mật độ lớn so với đối tượng đất đá vây quanh, đường cong đo γγ hoặc đường cong mật độ sẽ cho dị thường khác biệt so với xung quanh. Căn cứ vào hình dạng các đường cong này có thể xác định các lớp đối tượng quặng tương đối dễ dàng.
- Đối sánh cột địa tầng địa chất và đường cong đo gamma để xác định chính xác ranh giới và vị trí các tầng thạch học theo kết quả địa vật lý giếng khoan.

- Trong các lỗ khoan thăm dò quặng đa kim, phương pháp gamma tán xạ chọn lọc được sử dụng để giải quyết các nhiệm vụ:

- Xác định các đới quặng hoá có số khối lớn.
- Tính hàm lượng các nguyên tố nặng trong đá.

Thường sử dụng phương pháp gamma tán xạ chọn lọc song song với phương pháp gamma tán xạ mật độ có thể nhận được các thông tin bổ ích khi nghiên cứu các giếng khoan thăm dò các loại quặng sắt, mangan, đồng, niken, coban, wolfram, molibden và polimetal.

7.3 Xây dựng thiết đồ địa vật lý lỗ khoan

- Các đường cong đo và đo kiểm tra gamma nhân tạo được chuyển đổi về đơn vị chính tắc;
- Kết quả phân chia lớp và xây dựng cột địa tầng địa chất dọc thành lỗ khoan dựa trên đường cong đo gamma nhân tạo kết hợp các đường cong khác trong tổ hợp phương pháp địa vật lý.
- Thiết đồ gamma nhân tạo được xây dựng chung trong tổ hợp các phương pháp địa vật lý lỗ khoan (mỗi lỗ khoan thành lập 01 thiết đồ địa vật lý chung), gồm: các đường cong địa vật lý lỗ khoan, cột địa tầng địa vật lý, cột địa tầng địa chất, các giá trị dị thường địa vật lý. Cấu trúc của thiết đồ địa vật lý lỗ khoan phải thống nhất trong toàn vùng đo.

8 Báo cáo kết quả đo gamma nhân tạo

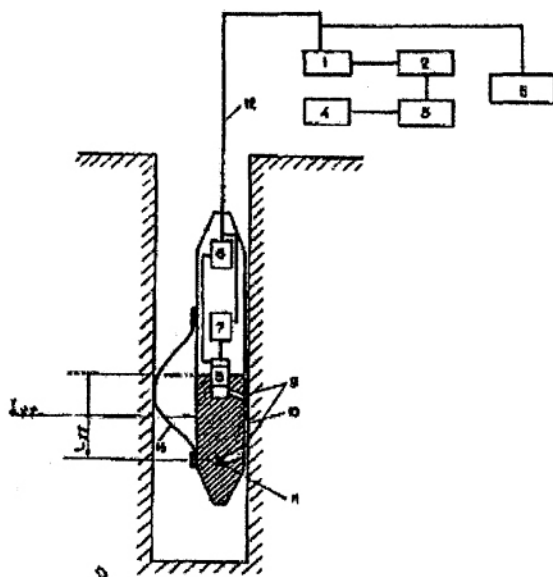
- Tài liệu kèm theo báo cáo thuyết minh, gồm các dạng tài liệu sau:
 - + Các file đo và đo kiểm tra được quản lý và lưu trữ hệ thống trên máy tính.
 - + Các thiết đồ địa vật lý lỗ khoan hoàn chỉnh, bao gồm phương pháp gamma nhân tạo.
 - + Các mặt cắt liên kết địa tầng lỗ khoan trong vùng theo các phương khác nhau.
 - + Các mặt cắt địa chất - địa vật lý luận giải từ kết quả đo địa vật lý lỗ khoan.
 - + Nhật ký đo, biên bản và các tài liệu liên quan khác.
- Báo cáo thuyết minh kết quả đo gamma nhân tạo được lập chung cùng với tổ hợp phương pháp địa vật lý lỗ khoan khác, gồm các nội dung chính như sau:
 - + Máy móc, thiết bị đã sử dụng.
 - + Phương pháp và kỹ thuật đã sử dụng.
 - + Chất lượng tài liệu, khối lượng công việc.
 - + Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng tài liệu đo.
 - + Các phương pháp xử lý, giải đoán tài liệu địa vật lý.
 - + Giải thích địa chất kết quả địa vật lý.
 - + Đánh giá mức độ giải quyết nhiệm vụ./.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Sơ đồ cấu tạo đầu đo gamma nhân tạo trong lỗ khoan

Sơ đồ cấu tạo đầu đo gamma nhân tạo trong lỗ khoan, xem Hình A.1



CHÚ DẪN

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1- Khuếch đại; | 8 – Detector; |
| 2 – Bộ chuẩn xung; | 9 – Rãnh định hướng; |
| 3 – Tích phân; | 10 – Màn chì; |
| 4 – Bộ ghi; | 11 – Nguồn phóng xạ; |
| 5 – Nguồn nuôi; | 12 – Cáp đo; |
| 6 – Khuếch đại sơ bộ; | 13 – Lò so ép sườn. |
| 7- Bộ cao áp; | |

Hình A.1 - Sơ đồ cấu tạo đầu đo gamma nhân tạo trong lỗ khoan

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường, TT 02/2011/TT-BTNMT), *Thông tư Quy định kỹ thuật đo địa vật lý lỗ khoan.*
- [2] Lê Hải An (2005), *Địa vật lý giếng khoan (giáo trình điện tử)*, Hà Nội.
- [3] Nguyễn Văn Phơn (1997), "*Địa vật lý giếng khoan - Một số vấn đề lý thuyết và phạm vi ứng dụng*" - Tài liệu bồi dưỡng nghiên cứu sinh và giảng dạy cho các lớp cao học chuyên ngành địa vật lý, Hà Nội.
- [4] Nguyễn Văn Phơn, Hoàng Văn Quý (2004), *Địa vật lý giếng khoan*, Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, Hà Nội.
- [5] A.G. Kalinin, R.A. Gandzumian (2006) *Cẩm nang kỹ sư công nghệ khoan giếng sâu*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [6] International Atomic Energy Agency (IAEA) (1982), *Borehole logging for uranium exploration*, Vienna.
- [7] Philip Kearey and Michael Brooks (1991), *An introduction to Geophysical exploration*, Blackwell Scientific Publications.
- [8] Philippop (1973), *Địa vật lý hạt nhân* (bản tiếng Nga), Nhà xuất bản Nauka, Novosibirsk.
- [9] Robertson geologging, *Borehole logging systems and services.*
-