



## Một số kết quả đánh giá sự ổn định của đập thủy điện Sông Tranh 2 và môi trường địa chất xung quanh bằng tổ hợp các phương pháp địa chấn

Ngô Thị Lu<sup>\*1</sup>, Kapustian N.K.<sup>2</sup>, Antonovskaia G.N.<sup>3</sup>, Danilov A.V.<sup>3</sup>, Pudova I.V.<sup>3</sup>, Nguyễn Thanh Tùng<sup>1</sup>, Nguyễn Thanh Hải<sup>1</sup>, Lê Quang Khôi<sup>1</sup>, Phùng Thu Hằng<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Viện Vật lý Địa cầu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>2</sup>Viện Vật lý Trái đất, Viện Hàn lâm Khoa học Nga

<sup>3</sup>Viện Các vấn đề Sinh thái, Phân viện Bắc Ural, Viện Hàn lâm Khoa học Nga

Ngày nhận bài: 28 - 8 - 2014

Chấp nhận đăng: 12 - 3 - 2015

### ABSTRACT

#### Some results of stability evaluation for the Song Tranh 2 dams and its surrounding geological environment by microseismic investigations

In this paper the authors present the results of evaluation of stability for the Song Tranh 2 dam and its surrounding geological environment. The study is carried out by using two modifications of microseismic observation. For the first modification the data were collected along 5 profiles distributed on land surface of the dam area and its surrounding. In the second modification the measurements were concentrated in the dam location with the microseismic signals generated by rotation of turbines of the electric power plant as an additional source. In this case the investigated profiles are distributed both on the top surface of the dam as well as along the tunnels constructed inside the dam body.

The high value of the relative intensity of microseismic signals (The ratio of the microseismic wave amplitudes in a certain frequency band recorded by the movement and fixed stations obtained in this study are allowed us to reveal a number of heterogeneity objects distributed in the dam and its surrounding geological environment with define depth. The technique is more effective in the detection of subvertical contact. The correlation with the geological - geophysical available data is indicated the heterogeneities mostly are taken places where distributed tectonic fault or underground weak section.

It will be very useful if the technique is applied for the study of the same problem for the other hydroelectric power plants in Vietnam.

©2015 Vietnam Academy of Science and Technology

### 1. Mở đầu

Thủy điện Sông Tranh 2 được xây dựng và hoàn thiện vào năm 2011 tại địa phận tỉnh Quảng Nam, nằm ở vùng có các điều kiện tự nhiên rất

phức tạp: địa hình phân dị, đứt gãy hoạt động, các tai biến địa chất diễn ra với cường độ và tần suất lớn, khó kiểm soát. Đặc biệt, khi hồ thủy điện Sông Tranh 2 đi vào hoạt động (tháng 10 năm 2011), các tai biến địa chất diễn ra khá phức tạp, với độ nguy hiểm khó lường. Đập Sông Tranh 2 là đập bê tông với chiều cao khoảng 80m và chiều

\*Tác giả liên hệ, Email: [ngothilu@yahoo.com](mailto:ngothilu@yahoo.com)

rộng 640m, với một mặt cắt tam giác cắt ngang các hành lang bên trong đập.

Ngay sau khi tích nước vào hồ chứa, động đất diễn ra rất phức tạp, bất thường, và liên tục. Trong thời gian ngắn, liên tiếp từ giữa tháng 11/2011 đến cuối năm 2012, nhiều động đất đã xảy ra, gây hoang mang không những cho người dân mà cả chính quyền địa phương ở vùng hạ lưu công trình thủy điện sông Tranh 2. Đặc biệt, trong vòng hơn một tháng (từ 17/8/2012 đến 10/2012), động đất với các tiếng nổ lớn xảy ra thường xuyên hơn. Viện Vật lý địa cầu đã tổ chức một số đoàn công tác tiến hành khảo sát sơ bộ các khu vực xung quanh đập và nhà máy, khảo sát lòng hồ và các khu vực xung quanh bờ hồ chứa. Kết quả khảo sát sơ bộ cho thấy: Hiện tượng nứt đất và trượt sụt lở diễn ra khá mạnh mẽ ở bờ hồ và phía nam của đầu đập bên phải làm sụt lún cả đoạn đường dài khoảng 300-400m của tỉnh lộ 616, chênh cao chừng 2m làm trở cả bê tông đầu đập. Trong thân đập còn xuất hiện các vết nứt ngang, với nhiều khe nứt có phương á vĩ tuyến, rất dễ nhận biết. Trượt lở đất diễn ra với mật độ và kích thước khá lớn, phân bố thành dải khá rõ nét ở sườn, bờ phía nam hồ chứa; đặc biệt, trượt lở đất phát triển khá mạnh trong lưu vực hồ. Các hiện tượng nêu trên làm cho nhân dân sống trong lưu vực hồ thủy điện Sông Tranh 2; đặc biệt là người dân ở dưới vùng hạ lưu rất lo lắng về sự an toàn tính mạng và tài sản của họ. Trước tình hình đó, Thủ tướng Chính phủ đã có công văn cho phép Viện Vật lý Địa cầu mời chuyên gia nước ngoài vào Việt Nam để cùng các cán bộ Viện Vật lý Địa cầu tiến hành khảo sát nghiên cứu khu vực đập thủy điện Sông Tranh 2 và lân cận nhằm có kết luận chính xác về các hiện tượng nói trên. Tập thể tác giả cùng các chuyên gia Nga đã tiến hành nghiên cứu đánh giá ổn định của đập và môi trường địa chất xung quanh nó bằng tổ hợp các phương pháp địa chấn. Bài báo này trình bày một số kết quả bước đầu đánh giá sự ổn định của đập và nền đất xung quanh khu vực công trình thủy điện Sông Tranh 2, tỉnh Quảng Nam.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Chiều tia địa chấn thân đập

Chiều tia địa chấn thân đập trên cơ sở sử dụng rung động của tua bin khi vận hành thủy điện. Nghiên cứu chi tiết về khả năng chiều tia địa chấn thân đập với việc sử dụng tín hiệu này đã được bắt đầu tại nhà máy thủy điện Nurek ở Tajikistan (Капустян Н.К., 2007). Các tác giả của phương pháp đã khởi thảo và phát triển kỹ thuật tách các tín hiệu từ băng ghi vi địa chấn theo các tần số khác nhau và chỉ ra khả năng chiều tia địa chấn lớp vỏ Trái Đất đến khoảng cách gần 100m và nhận được các bằng sáng chế tại Liên bang Nga (Капустян Н.К., 2009; Патент RU 2242033, 2004; Патент RU 2365896, 2009). Quy luật thay đổi biên độ theo khoảng cách từ nguồn là tương tự như qui luật suy giảm biên độ đối với các vụ nổ khi làm việc theo phương pháp đo sâu địa chấn trong cùng khu vực. Điều này cho thấy tín hiệu từ nhà máy thủy điện được đặc trưng bởi cùng một loại sóng (sóng khối) như các vụ nổ, nhưng các tín hiệu của nhà máy thủy điện có biên độ nhỏ hơn. Trong các công trình tại Nurek đã phát hiện độ nhạy cảm cao của biên độ tín hiệu đối với sự thay đổi trạng thái ứng suất biến dạng của các khối đất đá.

### 2.2. Phương pháp đo vi địa chấn tần số thấp

Nguyên lý của phương pháp: dựa vào việc xác định các tham số ổn định theo thời gian của trường vi địa chấn ngẫu nhiên và mối tương quan không gian của nó với đối tượng địa chất khác nhau.

Cơ sở phương pháp: nghiên cứu sự biến đổi không gian của đặc trưng biên độ - tần số của các tín hiệu vi địa chấn có thể xác định được một số đối tượng là các bất đồng nhất trong môi trường địa chất. Trong đó các đối tượng có phương hướng đứng thường đạt được độ phân giải cao hơn.

Ưu điểm: tiết kiệm chi phí làm việc và cho phép đạt kết quả nhanh và dễ dàng tiến hành đo đạc thực địa và nó quy về ghi liên tiếp các tín hiệu vi địa chấn tại các điểm bằng trạm di động đồng thời với việc ghi các tín hiệu vi địa chấn tại một điểm tựa (tham chiếu) cố định.

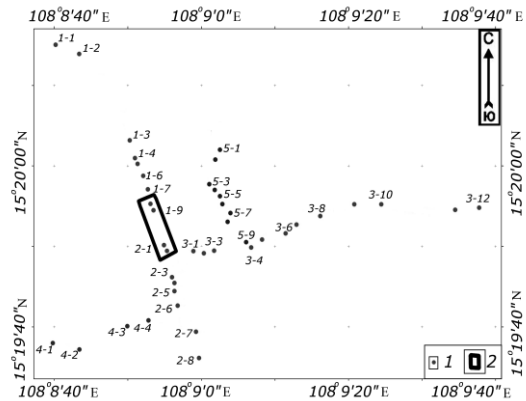
Do trường sóng vi địa chấn tự nhiên ở tần số thấp hơn 2-3 Hz chủ yếu là các sóng mặt, nên trên thành phần thẳng đứng Z thì sóng mặt Role chiếm ưu thế. Yếu tố phức tạp cơ bản của phương pháp trong việc giải thích là đặc tính ngẫu nhiên của tín hiệu vi địa chấn. Để có được một mô hình ổn định sẽ tiến hành trung bình hóa các giá trị biên độ bằng cách tăng thời gian ghi (60-90 phút). Để loại bỏ ảnh hưởng của sự thay đổi tín hiệu vi địa chấn theo thời gian sẽ tiến hành tuyến đo qua một ngày đêm và sử dụng trạm tựa nhiều hơn. Tại mỗi điểm của tuyến tiến hành tính toán cường độ tín hiệu vi địa chấn tương đối so với điểm tựa.

Theo phương pháp này, độ sâu của các bất đồng nhất được xác định trên cơ sở là sóng đáp ứng bất đồng nhất vận tốc, nằm ở độ sâu bằng khoảng một nửa bước sóng. Kết quả là sẽ nhận được một biểu đồ phân bố cường độ tương đối của sóng dọc theo tuyến và theo độ sâu, nó phản ánh sự phân bố các bất đồng nhất vận tốc trong không gian.

Cả 2 phương pháp đã được áp dụng rộng rãi đối với các công trình xây dựng quan trọng và đạt hiệu quả cao tại Nga (Юдахин Ф.Н, 2010; Руководство, 2011). Năm 2012, tập thể tác giả cùng các đồng nghiệp Nga đã áp dụng 2 phương pháp này đối với đập thủy điện Sông Tranh 2 theo một số tuyến đo dọc theo và vuông góc với đập. Trên cơ sở đó có thể xác định các đứt gãy và độ sâu thâm nhập của chúng trong các khối đá dưới đáy đập và đánh giá mức độ dịch chuyển của đá đá dưới đáy đập để xác định tính ổn định của đập (Гро Тхи Лы, 2013). Điều quan trọng là việc đo đạc theo cả 2 phương pháp này có thể được tiến hành bằng cùng một loại thiết bị và cùng một thời gian. Do đó áp dụng đồng thời 2 phương pháp đối với khu vực nghiên cứu bất kỳ nào đều rất thuận tiện.

### 2.3. Sơ đồ các tuyến đo vi địa chấn tại vùng đập Sông Tranh 2

Với các phương pháp đã trình bày, theo sơ đồ các tuyến đo như trên hình 1, chúng tôi đã tiến hành khảo sát và đo được trên 400 điểm đo sâu vi địa chấn (VĐC) trong 2 năm (2012 và 2013).



Hình 1. Sơ đồ các điểm đo sóng vi địa chấn (năm 2012)

1. Các điểm đo vi địa chấn; 2. Vị trí vùng đập; Các ký hiệu: 1-i, 2-i, 3-i, 4-i, 5-i với số đầu là thứ tự tuyến đo, số thứ 2 là thứ tự điểm đo trên tuyến

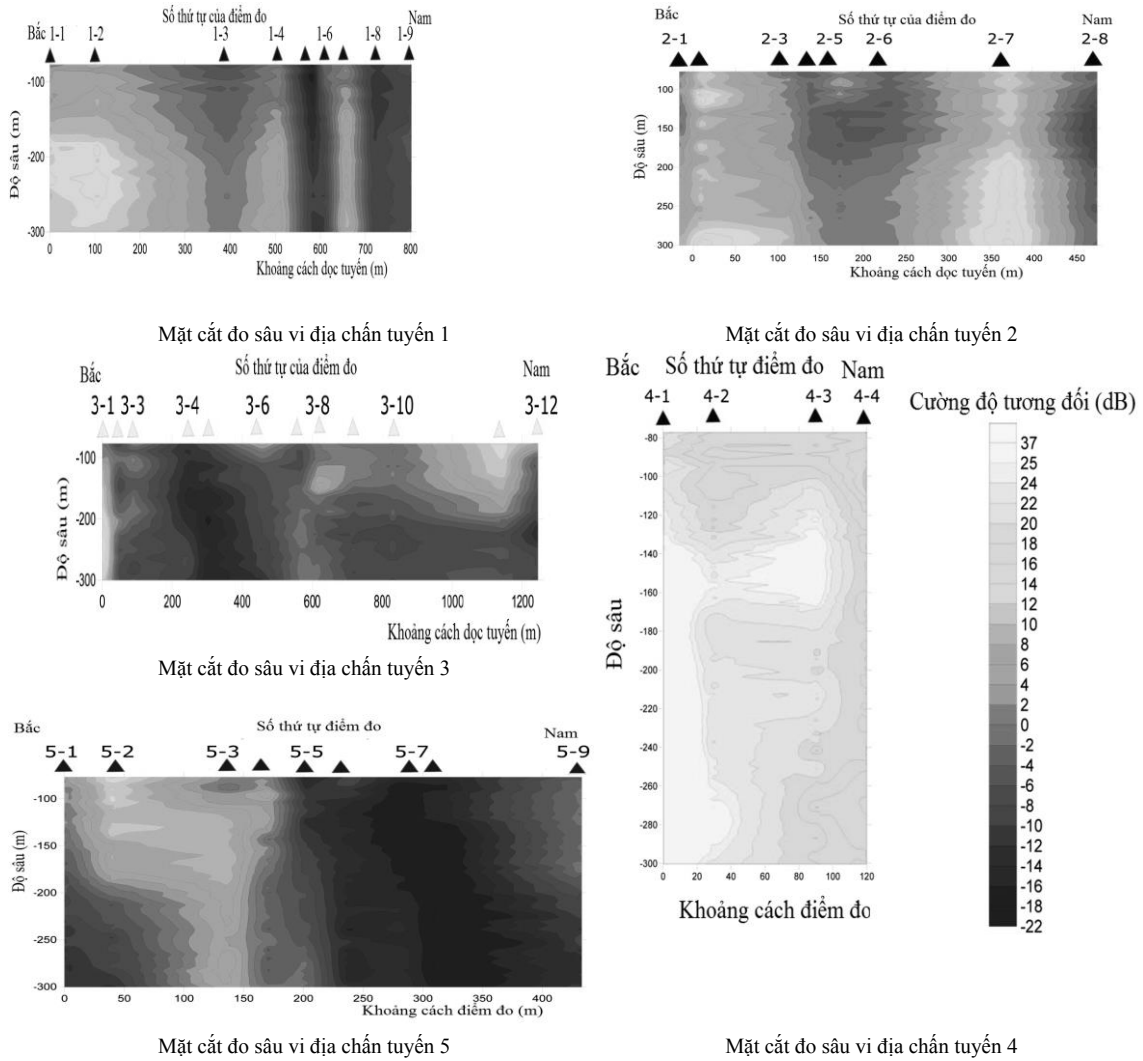
### 3. Kết quả

#### Các kết quả đo vi địa chấn (VĐC)

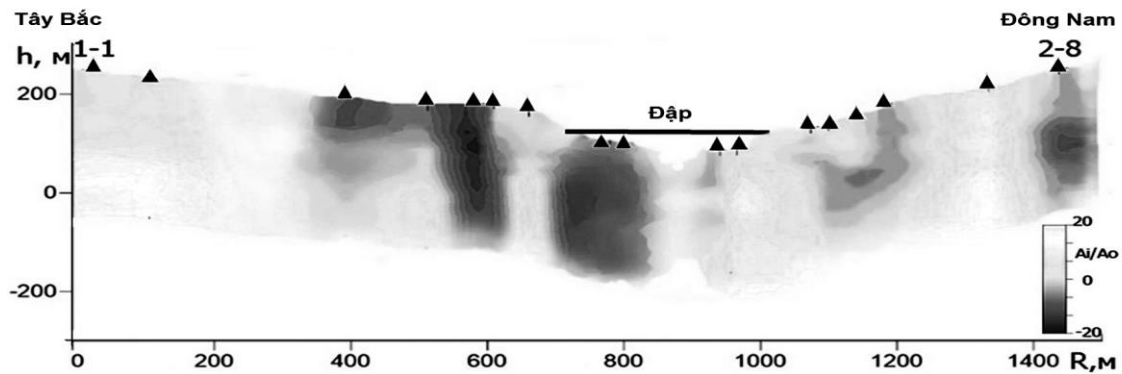
Trên cơ sở các số liệu đo vi địa chấn theo các tuyến, đã tiến hành xây dựng các mặt cắt đo sâu vi địa chấn cho mỗi tuyến (hình 2). Trên biểu đồ hình 2 chỉ ra sự phân bố cường độ tương đối của sóng vi địa chấn dọc theo các tuyến 1-5 và theo độ sâu. Theo phương pháp đã được sử dụng, các vùng có cường độ tương đối với giá trị cao phản ánh vùng phân bố bất đồng nhất so với môi trường xung quanh.

Liên kết các mặt cắt đo VĐC có tham khảo các kết quả đo địa chấn thăm dò đã xây dựng được mặt cắt tổng hợp trong vùng đập. Phân bố các vùng dị thường bất đồng nhất cho thấy trong vùng đập có khả năng có một số đứt gãy với hướng kéo dài trong không gian khác nhau, đó có thể là các yếu tố liên quan đến biểu hiện hoạt động địa động lực của khu vực xung quanh đập (hình 3).

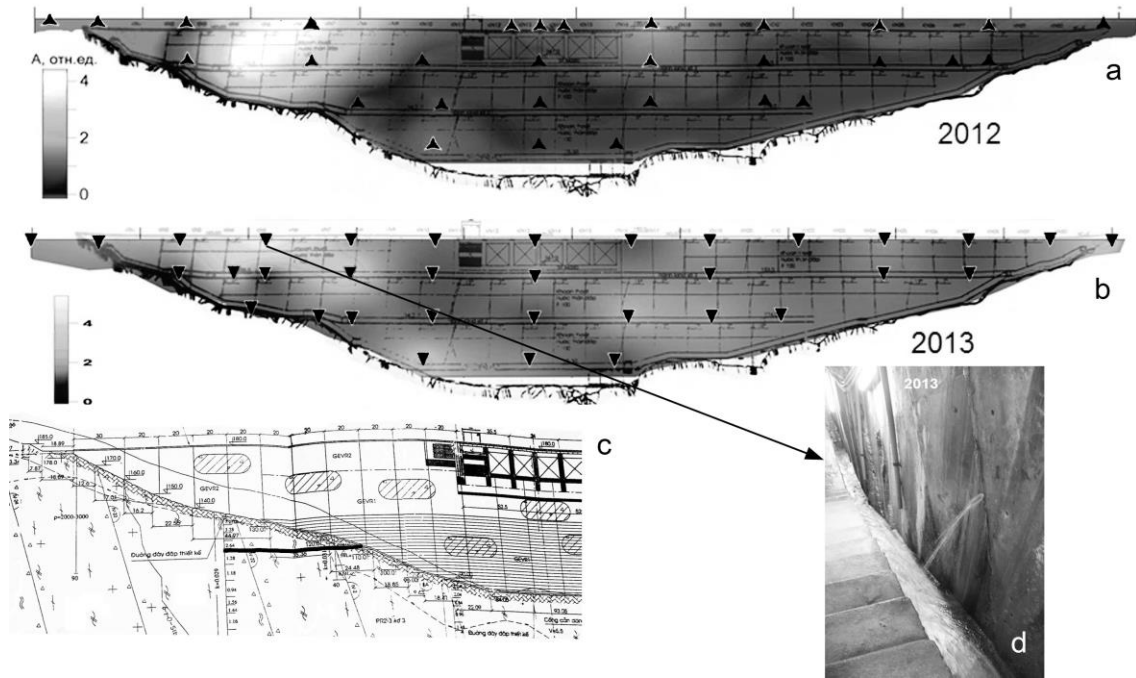
Cần lưu ý rằng cùng với việc tiến hành 5 tuyến đo VĐC nói trên, chúng tôi còn tiến hành đo trong nhà máy, đo trên đỉnh và tại các hành lang trong thân đập theo phương pháp đã trình bày (ghi liên tục trong khoảng thời gian từ 30 phút đến 1 giờ tại 31 vị trí (năm 2012) và 41 vị trí (năm 2013) với tổng số 239 điểm đo và thu được 239 băng ghi. Phân tích các băng ghi cho phép xây dựng được các mặt cắt thân đập (hình 4).



Hình 2. Các mặt cắt đo sâu vi địa chấn theo các tuyến đo tương ứng trên hình 1



Hình 3. Mặt cắt đo sâu vi địa chấn trên cơ sở phân tích tổng hợp các số liệu quan sát môi trường địa chất khu vực đập Sông Tranh 2

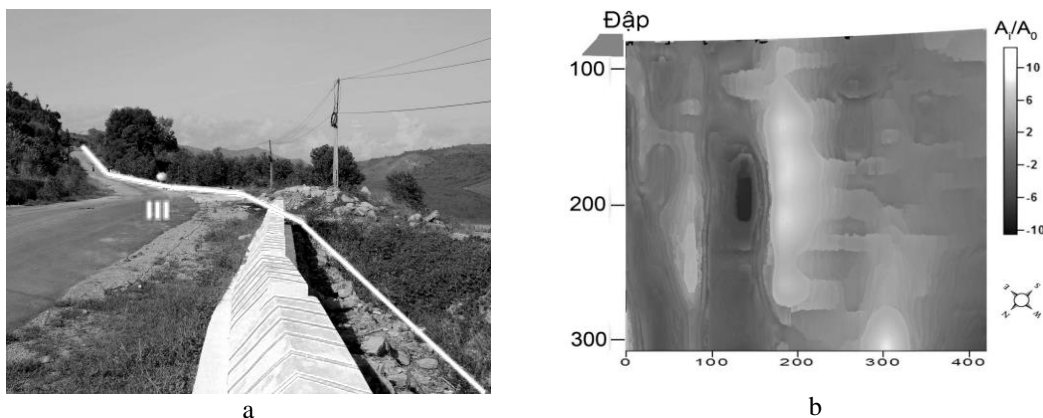


**Hình 4.** Các kết quả chiếu thân đập bằng các rung động kỹ thuật

Vết màu trắng, xám sáng là vùng dị thường liên quan với độ bền giảm; a - kết quả năm 2012, b - kết quả năm 2013, c - kết quả khảo sát điều tra kỹ thuật địa chất, được chỉ ra bằng màu đen thể hiện trong đường hầm bê tông, d - Hình ảnh trạng thái bên trong của đập

Rất thú vị là từ mặt cắt được xây dựng khi khảo sát thiết kế công trình cho thấy: dị thường trong thân đập được hiển thị trên sơ đồ hình 4c, đã được phát hiện trong thời gian khảo sát, và sau đó đã được đổ bê tông. Có thể tại đây đã xảy ra sự thay đổi nào đó trong trạng thái của đập, ví dụ, việc lọc bê tông, đã dẫn đến sự suy yếu của đáy và do đó dẫn đến sự chuyển dịch mạnh hơn tại phần này của đập.

Phân tích các kết quả nghiên cứu phần trên cùng của môi trường địa chất theo phương pháp đo sâu vi địa chấn cho thấy sự có mặt của các bất đồng nhất gần thẳng đứng, mà bản chất của nó liên quan đến sự nứt nẻ, đập vỡ của đất đá, được ghi nhận từ giai đoạn nghiên cứu kỹ thuật, cũng như liên quan đến các vùng đứt gãy kiến tạo (hình 5).

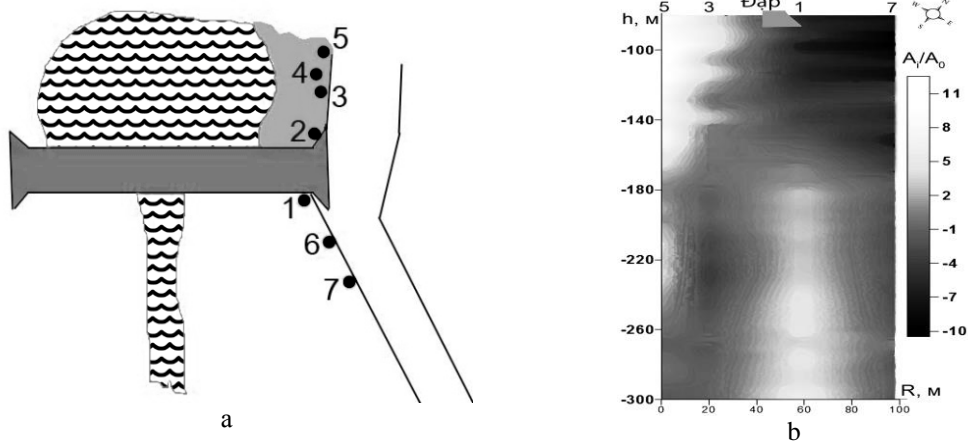


**Hình 5.** Hình ảnh tuyến đo (a) và mặt cắt đo sâu vi địa chấn dọc theo tuyến (b)

Tuyến đo vuông góc với đập (bên trái hồ chứa) (hình 6a), cho thấy có sự thay đổi mạnh tính chất vật lý của đất đá (hình 6b). Từ phía các hồ chứa nhận thấy có mức độ thấm lọc gia tăng (tại chỗ màu sáng trắng), cường độ và kích thước của nó có nhiều khả năng phụ thuộc vào mực nước trong hồ chứa. Khu vực tối hơn trong hình 6b tương ứng với một loại đá đồng nhất và rắn chắc hơn - từ phía này có con đường đèo chạy qua, bờ nén chặt hơn.

Khi nghiên cứu nền đất đá trong khu vực xây dựng đập đã đặt ra những nhiệm vụ sau:

- Làm sáng tỏ các đặc điểm của vai đập tới các bên của lưu vực sông;
- Xác định những phá hủy đứt gãy gần bề mặt;
- Xác định những thay đổi trong các khối đá dưới ảnh hưởng của tải trọng kỹ thuật và các quá trình địa chất.



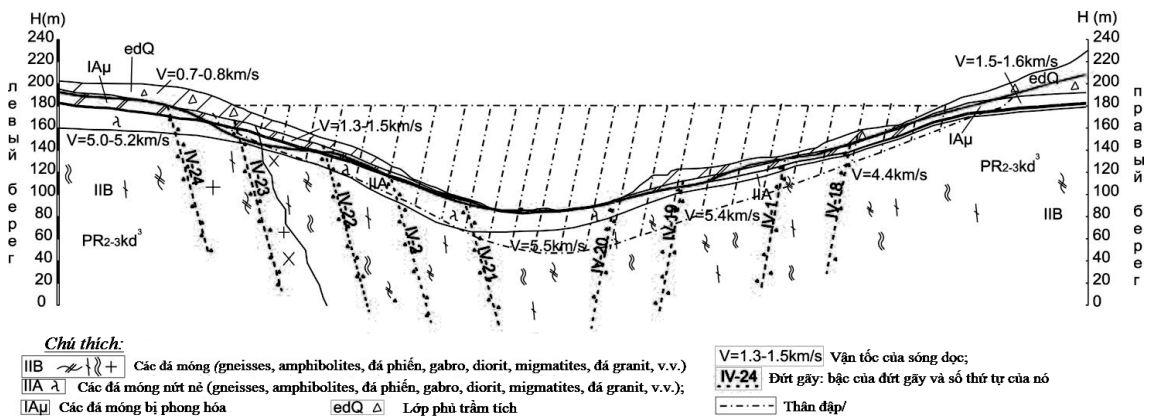
**Hình 6.** Mặt cắt cường độ đo sâu vi địa chấn dọc theo tuyến;

a- Sơ đồ vị trí các điểm quan sát dọc theo tuyến; b- Các kết quả đo sâu vi địa chấn

Thông tin cơ bản về nền đất nhận được từ các kết quả khảo sát điều tra kỹ thuật địa chất trước khi xây dựng đập, được cung cấp bởi đơn vị quản lý dữ liệu (hình 7).

Phần trên cùng của mặt cắt được cấu thành bởi trầm tích Đệ tứ (edQ), bao gồm sét, cát, sỏi; nằm bên dưới là các đá phong hóa (IA1, IA2) và đá móng nứt nẻ (IIA). Các đá gốc (IIB, PR2-3) gồm: gneis amphibolit, đá phiến, gabro, diorit, migmatit, granit,...

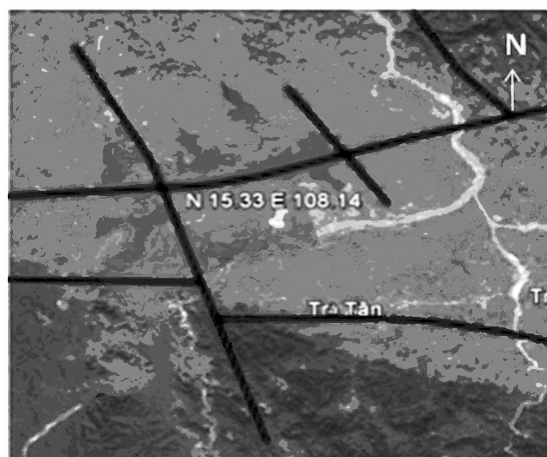
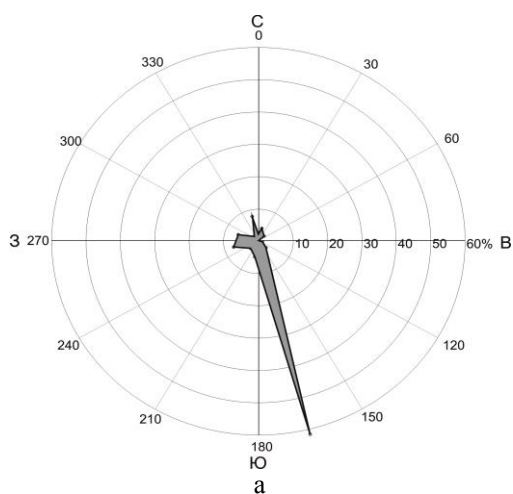
Lòng sông là cấu trúc địa hào, hai bên bờ của nó có nhiều đứt gãy hướng về trung tâm của địa



**Hình 7.** Mặt cắt địa chất - địa vật lý dọc theo đập Sông Tranh 2

Các khảo sát địa chất - kiến tạo cho thấy khu vực nghiên cứu được đặc trưng bởi sự phức tạp của bối cảnh địa chất, có hướng chung của phương vị các khe nứt, cả theo các đứt gãy kiến tạo khu vực cũng như theo các vùng nứt nẻ địa phương. Theo mô hình kiến tạo (hình 8b), cả hai bên của thung lũng sông đều tồn tại nhiều đứt gãy với hướng kéo dài về phía đông bắc và tây bắc (theo

hướng dòng chảy của Sông Tranh 2). Chúng tôi giả định rằng phía bên trái của đập là vùng kém ổn định hơn bởi nó nằm trong khu vực gần với các đứt gãy kiến tạo chính và tác động hai chiều lớn hơn của các khối nước trong khu vực này, được khẳng định bởi sự định hướng phương vị của các khe nứt trong đất đá ( $160-170^\circ$  (hình 8a)) và bởi hoạt động địa chấn tích cực của khu vực này.



b- Mô hình kiến tạo khu vực

**Hình 8.** So sánh tính định hướng của các khe nứt hiện có trong khu vực

- a - biểu đồ hoa hồng về phương vị các khe nứt của đất đá trong khu vực của đập;
- b - Hình ảnh từ Google Earth với sự phân bố các đứt gãy kiến tạo chính trong khu vực

#### 4. Kết luận

Đập Sông Tranh 2 được xây dựng tại nút hoạt động kiến tạo tích cực và có sự gia tăng trong những năm gần đây. Có thể cho rằng sự kích hoạt các đứt gãy kiến tạo hoạt động, trong đó có động đất kích thích liên quan đến việc tích nước trong hồ chứa Sông Tranh 2 gây nên sự thay đổi áp suất trong các khối đất đá.

Các quá trình này có khả năng đã ảnh hưởng đến trạng thái kết cấu của đập, được thể hiện bằng sự thâm lọc (rò rỉ) tăng lên, và bằng việc đã phát hiện thấy một phần suy yếu nhất của đập (theo các kết quả dò tia địa chấn thân đập).

Các kết quả nhận được cho thấy nhu cầu cấp thiết của việc thiết lập một hệ thống giám sát đập Sông Tranh 2 bằng tổ hợp các phương pháp địa chấn, cũng như thực hiện các nghiên cứu như vậy ở các đập thủy điện khác của Việt Nam.

#### Tài liệu dẫn

- Капустян Н.К., Юдахин Ф.Н. Сейсмические исследования техногенных воздействий на земную кору и их последствий. Екатеринбург: УрО РАН. 2007. 416 с.
- Капустян Н.К. Юдахин Ф.Н., Возможности микросейсмических исследований при изучении геологической среды и конструкций зданий// Геологические опасности//Архангельск, ИЭПС, АНЦ УрО РАН, 2009 , с. 209-212.
- Нго Тхи Лы, Капустян Н.К., Антоновская Г.Н., Данилов К.Б., Данилов А.В. Комплекс сейсмометрических методик для обследования гидротехнических сооружений//Жилищное строительство журнала "СТРОЙМАТЕРИАЛЫ". - Москва, 2013. С. 36-39.
- Патент RU 2242033 «Способ оценки и выбора участков территории для возведения сооружений различного назначения». Авторы: Юдахин Ф.Н., Капустян Н.К., Хореев В.С., Антоновская Г.Н., Шахова Е.В., 10.12.2004 г.

N.T. Lu và nnk/Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, Tập 37 (2015)

- Патент RU 2365896 «Способ определения параметров физического состояния здания и/или сооружения». Авторы: Юдахин Ф.Н., Капустян Н.К., Антоновская Г.Н., Шахова Е.В., Басакина И.М., Янович А.А., 27.08.2009 г.
- Руководство по методике комплексного инженерно-сейсмометрического и сейсмологического мониторинга состояния конструкций зданий и сооружений, включая площадки их размещения М. Изд ИФЗ РАН 2011. 36 с.
- Сейсмологические исследования в арктических и приарктических регионах//Под ред. чл.-корр. РАН Ф.Н. Юдахина. Екатеринбург: УрО РАН, - 2011. - с . 244.
- Федотов С.А., Федорова М.П. Высокоразрешающие технологии многоволновой сейсморазведки и электроразведки для инженерно-геофизических исследований // «ВНИИгеофизика», «Метрогипротранс», г. Москва. С . 3.
- Юдахин Ф.Н., Антоновская Г.Н., Шахова Е.В., Капустян Н.К. Новый способ экспериментального сейсмического обследования среды при размещении объектов особой важности//Техногенная сейсмичность при горных работах: модели очагов, прогноз, профилактика. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. С. 201-208.
- Юдахин Ф.Н., Капустян Н.К., Французова В.И., Антоновская Г.Н., Шахова Е.В. Данилов К.Б., Иванова Е.В. Использование микросейсм для научных и практических целей // Структура, свойства, динамика и минерагения литосферы Восточно-Европейской платформы: Мат. XVI межд. конф., Научная книга. ТП. Воронеж: 2010. С 393-397.