Tạp chí ĐỊA CHẤT, loạt A, số 359, 9/2016, tr. 80-94

PHÂN TÍCH QUÁ TRÌNH VẬN CHUYỂN CÁC CHẤT GÂY Ô NHIỄM TRONG ĐẤT TẠI KHU VỰC BÃI THẢI QUẶNG ĐUÔI MỎ BẢN CÔ, QUỲ HỢP, NGHỆ AN

[1,2]NGUYỄN THỊ HÒA, [2]NGUYỄN QUỐC PHI,
[1]TRỊNH THÀNH, [2]NGUYỄN PHƯƠNG, [2]NGUYỄN THỊ HỒNG
[1]*Viện Khoa học và Công nghệ môi trường, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội*
[2]*Khoa Môi trường, Trường Đại học Mỏ-Địa chất*

Tóm tắt: *Hoạt động khai thác khoáng sản ở nước ta đã và đang gây nhiều tác động xấu đến môi trường và diễn biến ngày càng phức tạp. Kết quả khảo sát thực tế tại khu vực Quỳ Hợp, Nghệ An cho thấy nguy cơ ô nhiễm môi trường lớn nhất liên quan đến các hoạt động khai thác khoáng sản kim loại là khả năng phát tán các chất ô nhiễm theo mạng lưới sông suối, theo các khe nứt cũng như các lỗ hổng trong môi trường đất và nước. Bài báo đã sử dụng modul CTran/W trong bộ phần mềm GeoStudio để tính toán quá trình lan truyền các chất ô nhiễm theo dòng thấm trong môi trường đất theo thời gian. Các tham số đầu vào gồm số liệu địa chất nền, các yếu tố địa chất thủy văn, địa kỹ thuật và số liệu hàm lượng các chất gây ô nhiễm. Kết quả tính toán của mô hình tại mỏ sa khoáng Bản Cô cho thấy với hàm lượng arsen trong đất tại đáy bãi thải di chuyển theo dòng thấm khoảng 500 ngày (1,37 năm), như vậy một phần As đã tiến đến bề mặt sườn rìa ngoài của bãi thải. Dòng thấm tiếp tục di chuyển sau khoảng 1.500 ngày (hơn 4 năm), khi đó arsen, tại nhiều vị trí dưới đáy bãi thải đã có thể di chuyển đến bề mặt sườn bãi thải và có khả năng lưu thông ra môi trường bên ngoài. Kết hợp với lượng nước mưa chảy tràn trên mặt, lượng arsen sẽ bị phát tán theo dòng thấm qua thời gian, hòa vào dòng chảy của suối Huổi Đôn và di chuyển đi xa, gây nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe của người dân phía hạ nguồn và khu vực xung quanh mỏ.*

Từ khóa: *chất gây ô nhiễm, dòng thấm, bãi thải, Bản Cô*

I. MỞ ĐẦU

Trên thế giới, việc nghiên cứu và mô phỏng quá trình phát tán các chất ô nhiễm trong môi trường tại các bãi thải mỏ do hoạt động khai thác khoáng sản kim loại gây ra được các nhà khoa học chú ý và nghiên cứu từ rất sớm. Hiện nay, trên thế giới đã áp dụng nhiều phương pháp hiện đại vào việc ước lượng và dự báo mang tính định lượng cao các nguy cơ gây ô nhiễm môi trường [1, 8, 10, 13]. Quá trình khai thác khoáng sản đã phát sinh các chất thải rắn từ quy trình khai thác và tuyển thu hồi quặng gồm đất phủ, các lớp kẹp không quặng thải ra từ các moong khai thác, đất đá từ khâu tuyển thu hồi quặng,... Trong thành phần chất thải tùy thuộc vào thành phần quặng và đá vây quanh ở mỏ, chúng có khả năng chứa khoáng vật hoặc nguyên tố kim loại nặng độc hại như thuỷ ngân, cadimi, coban, chì, antimon, arsen, sắt, kẽm, mangan, đồng... [5, 12].

Kết quả khảo sát thực tế tại một số mỏ khai thác khoáng sản kim loại ở khu vực Quỳ Hợp, Nghệ An cho thấy nước thải từ các mỏ khai thác phát sinh từ khâu tuyển thu hồi quặng chứa một số nguyên tố kim loại khá lớn. Trong nước thải, thường lượng bùn sét chiếm 30-50%, trong đó có chứa các nguyên tố kim loại nặng độc hại như Fe, Cu, Pb, Zn, Cd, As, Hg,... Mỏ thiếc sa khoáng Bản Cô cũng không nằm ngoài tình trạng đó [3]. Từ kết quả khảo

sát thực tế cho thấy, các hoạt động khai thác, chế biến khoáng sản đều có khả năng phát tán các nguyên tố độc hại ra môi trường xung quanh. Đặc biệt nghiêm trọng đối với các vị trí đất đá thải có chứa kim loại nặng, do chúng dễ dàng hoà tan, di chuyển vào môi trường, gây ô nhiễm đất, nước mặt, nước ngầm và sự ô nhiễm này còn nghiêm trọng hơn nhiều do trong đuôi quặng ở các khu vực tuyển còn chứa hoá chất, thuốc tuyển được sử dụng trong các quá trình tuyển khoáng gây ra. Việc đánh giá và dự báo khả năng phát tán các chất gây ô nhiễm vào môi trường có thể được mô phỏng bằng cách ứng dụng phương pháp mô hình số (numerical methods) hiện đại để phân tích tính ổn định, xác định độ thấm, quá trình bay hơi và sự di chuyển của chất thải trong quá trình thăm dò và khai thác khoáng sản theo thời gian. Các phương pháp số như phương pháp phần tử hữu hạn (Finite Element Method-FEM), phương pháp phần tử biên (Boundary Element Method-BEM), phương pháp phần tử rời rạc (Discrete Element Method-DEM)... được sử dụng nhằm mô hình hóa sự dịch chuyển các chất gây ô nhiễm trong môi trường lỗ rỗng của đất đá. Trong đó phương pháp phần tử hữu hạn đã được nghiên cứu và ứng dụng tại một số nước trên thế giới để phân tích sự dịch chuyển của nước, không khí cho đến các quá trình phức tạp bao gồm sự truyền dẫn, khuyếch tán, phân tán, hấp thụ của các chất gây ô nhiễm trong môi trường. Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu sử dụng modul CTran/W trong bộ phần mềm GeoStudio để tính toán quá trình lan truyền các chất ô nhiễm theo dòng thấm trong môi trường đất theo thời gian tại bãi thải quặng đuôi ở mỏ thiếc sa khoáng Bản Cô.

II. KHÁI QUÁT CHUNG VỀ MỎ THIẾC SA KHOÁNG BẢN CÔ

Mỏ thiếc sa khoáng Bản Cô hiện do Công ty Cổ phần Kim loại màu Nghệ Tĩnh khai thác. Vị trí của mỏ thuộc xã Châu Thành, huyện Quỳ Hợp, tỉnh Nghệ An. Trung tâm mỏ có tọa độ X: 2143910 m, Y: 504978 m (VN 2000, múi chiếu 6). Diện tích của mỏ là 39,9 ha (Hình 1).

Về mặt địa chất: trong phạm vi khu mỏ có mặt 2 hệ tầng chính là hệ tầng Sông Cả (O_3-S_1 *sc*) và hệ tầng Đồng Trầu (T_2*a dt*$_1$). Ngoài ra trong khu mỏ còn có mặt của hệ Đệ tứ (Q). Các trầm tích hệ Đệ tứ phân bố tập trung dọc theo các con suối bao quanh khu mỏ.

Thành phần thạch học của khu mỏ gồm đá phiến thạch anh, đá phiến sericit, ít lớp đá phiến silic, bột kết chứa silic, cát kết, cát bột kết và sét bột kết.

Thân quặng sa khoáng công nghiệp phân bố ở thềm bậc 1 và bậc 2. Thành phần vật chất các bậc thềm chứa quặng bao gồm sét 50-95%, cát 5-20%, sạn sỏi 5-15%, cuội 5-10%, đá 5-10%. Hàm lượng casiterit phân bố trong thân quặng khá đồng đều và đạt yêu cầu công nghiệp; trung bình đạt 370 g/m^3 [3].

Về mặt địa hình: mỏ thiếc Bản Cô nằm cánh tây nam nếp lồi Bù Khạng có độ cao tuyệt đối từ 160-200 m. Địa hình phân cắt trung bình, độ dốc mặt địa hình 2-5^o. Khu mỏ nằm trong thung lũng kéo dài từ bắc đến nam khoảng 2.000 m, rộng từ 100-600 m, trung bình 350 m.

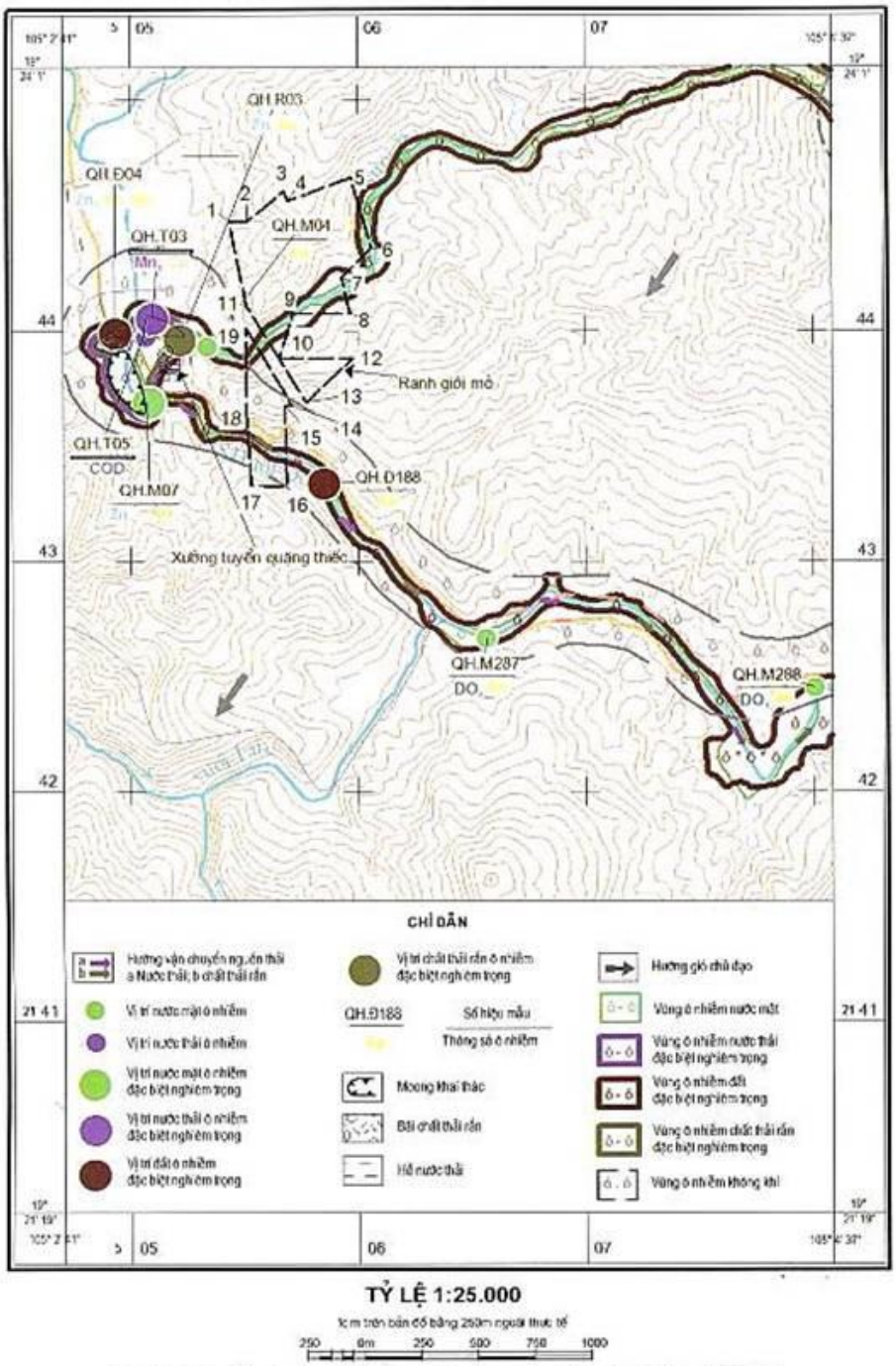
Đặc điểm thủy văn: Khu mỏ có mạng sông suối khá dày, suối chính là suối Huổi Đôn và hệ thống suối nhánh đổ vào. Suối chảy quanh co, đoạn chảy qua khu mỏ có hướng bắc-nam. Suối rộng khoảng 3-6 m, sâu 3-20 cm, độ dốc thoải, nước chảy yếu và rất đục.

Trong khu mỏ chỉ có hai đơn vị chứa nước ngầm đó là nước lỗ hổng trong trầm tích bở rời hệ Đệ tứ và nước trong các khe nứt đá gốc nằm dưới tầng trầm tích bở rời.

Mỏ được khai thác lộ thiên, sử dụng máy xúc bóc tầng sản phẩm lên dây

chuyền sàng tuyển chọn lọc quặng. Sản lượng khai thác khoảng 4,5 tấn/tháng, độ thu hồi sản phẩm khoảng 90%. Sản phẩm sau tuyển là tinh quặng với thành phần chính là casiterit (SnO_2) và được vận chuyển về xưởng luyện thiếc của Công ty Cổ phần Kim loại màu Nghệ Tĩnh.

Bãi thải mỏ được ngăn với môi trường xung quanh bằng một con đập nhỏ với chiều dày thân đập khoảng 20-25 m, vật liệu làm đập chủ yếu bằng đất được lấy tại khu vực mỏ là do công ty tự đào đắp thủ công. Thành phần chủ yếu là sét kết, bột kết và cuội sỏi.



Hình 1. *Sơ đồ vị trí mỏ thiếc sa khoáng Bản Cô, Quỳ Hợp, Nghệ An.*

III. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để phân tích được quá trình vận chuyển của các chất gây ô nhiễm trong đất tại bãi thải mỏ Bản Cô bài báo đã sử dụng các phương pháp gồm phương pháp thu thập tài liệu, phương pháp khảo sát, điều tra thực địa, phương pháp lấy và phân tích mẫu và phương pháp mô hình hóa là phương pháp chủ đạo được sử dụng trong nghiên cứu này.

1. Phương pháp lấy và phân tích mẫu

Cách lấy mẫu: đối với mẫu nước, các mẫu được lấy ở trong và ngoài bãi thải dọc theo kênh mương ở độ sâu khoảng 20 cm. Đối với mẫu đất và chất thải rắn thì tại vị trí xác định lấy mẫu được làm sạch bề mặt, đào hố sâu 15 cm, dùng xẻng đào lấy một lớp đất dày từ 2,5-3 cm với khối lượng đất theo yêu cầu khoảng 300-500 g tùy theo thông số phân tích.

Về cách phân tích mẫu: mẫu đất và mẫu nước sau khi lấy sẽ được vận chuyển về phòng thì thí nghiệm của Trung tâm Công nghệ xử lý môi trường, Bộ Tư lệnh hóa học để phân tích theo đúng quy định hiện hành cụ thể như sau:

Bảng 1. **Chỉ tiêu lấy mẫu và tiêu chuẩn áp dụng**

STT	Chỉ tiêu	Phương pháp	STT	Chỉ tiêu	Phương pháp
1	Độ pH	TCVN 6492-99	7	NO_3^-	TCVN 6494-99
2	DO	TCVN6001-95	8	NH_4^+	EPA 350.2
3	COD	TCVN6491-99	9	Fe	TCVN 6177-96
4	BOD_5 (25°C)	TCVN 6001-95	10	Cu	TCVN 6193-96
5	TSS	TCVN 6625-2000	11	Zn	TCVN 6193-96
6	Coliform	TCVN6187-2-96	12	As	TCVN 6626-2000

2. Mô hình hóa quá trình lan truyền của chất gây ô nhiễm trong đất

Nhằm xác định quá trình phát tán các chất gây ô nhiễm trong đất và đá thải từ các khai trường và bãi thải mỏ, các tác giả đã thực hiện lấy mẫu đất, nước tại các vị trí khai thác, chế biến khoáng sản, tập trung vào bãi thải quặng đuôi nhằm đánh giá khả năng phát tán ra môi trường. Để đánh giá và dự báo mức độ ô nhiễm môi trường tại bãi thải quặng đuôi của mỏ thiếc sa khoáng Bản Cô, tác giả đã tiến hành sử dụng các phương pháp mô hình hóa quá trình lan truyền của chất ô nhiễm trong đất bằng mô hình phần tử hữu hạn CTRAN/W.

Quá trình lan truyền của chất ô nhiễm trong đất là một quá trình phức tạp bao gồm các quá trình như mô tả trong Hình 2 [4]:

Sự lan truyền của chất ô nhiễm dưới tác động của dòng thấm và sự khuếch tán của các chất này trong nước dưới đất;

Sự suy giảm nồng độ của chất ô nhiễm do bị hấp thụ vào bề mặt hạt đất, phản ứng hóa học, phân rã và tác động của vi sinh vật.

Việc xây dựng phương trình lan truyền của chất ô nhiễm trong đất dựa trên sự cân bằng của một dòng chất hòa tan đi vào và đi ra của một phân tố đất. Dòng thấm qua phân tố đất này đã được xét đến tính phức tạp của dòng thấm qua các lỗ rỗng của đất, phương trình tổng quát cho quá trình lan truyền của chất ô nhiễm trong đất có thể được viết như sau:

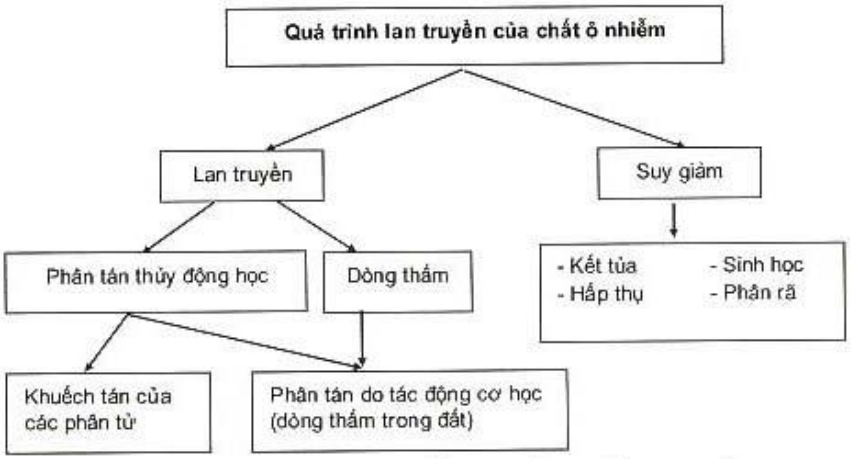
$$D_L\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}+D_T\frac{\partial^2 C}{\partial y^2}-v_x\frac{\partial C}{\partial x}-R_f\lambda C=R_f\frac{\partial(C)}{\partial t} \quad (1)$$

$$D_L=\alpha_L v_i+D^* \quad (2)$$

$$D_T=\alpha_T v_i+D^* \quad (3)$$

Trong đó: D_L: hệ số phân tán thủy động học song song với hướng dòng thấm chính; D_T: hệ số phân tán thủy động học vuông góc với hướng dòng thấm

chính; α_L: hệ số phân tán động học theo phương dọc theo dòng thấm; α_H: hệ số phân tán động học theo phương vuông góc với dòng thấm; R_f: hệ số trễ; ρ_b: tỷ trọng của đất đá; K_d: hệ số phân bố của chất ô nhiễm trong đất đá.



Hình 2. *Sơ đồ mô tả sự lan truyền của chất ô nhiễm trong đất.*

Phương trình tổng quát cho sự lan truyền của chất ô nhiễm trong đất là phương trình vi phân khá phức tạp, theo cả không gian và thời gian di chuyển của các chất ô nhiễm trong đất. Hiện nay có khá nhiều mô hình số được sử dụng để tính toán sự lan truyền của chất ô nhiễm, có thể kể đến các phần mềm như FeFlow, Modflow, Hydrus-2D, ChemFlux… Đa số các phần mềm này đều dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn và thường giải quyết được các bài toán cho đất bão hòa nước.

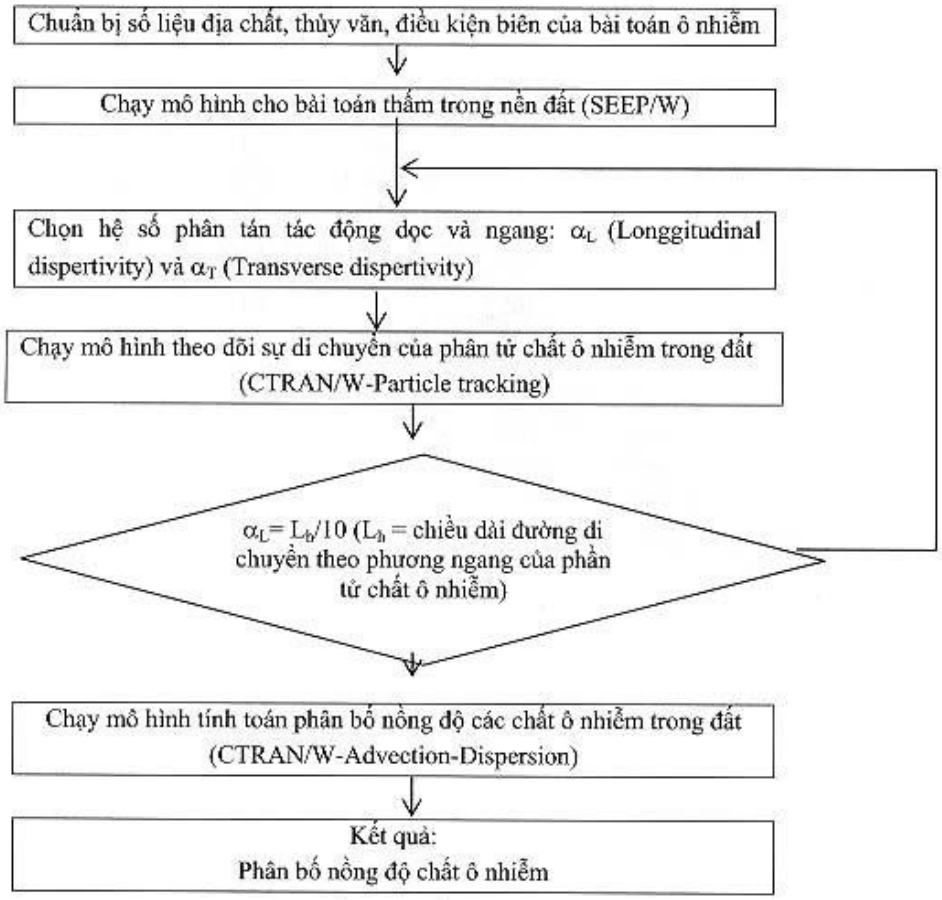
3. Mô hình phần tử hữu hạn CTRAN/W

Mô hình phần tử hữu hạn CTRAN/W của GeoSlope là một modul được phát triển nhằm giải quyết các bài toán có sự xuất hiện của đất không bão hòa. Dựa vào điều kiện thực tế tại khu mỏ, việc lựa chọn mô hình phần tử hữu hạn CTRAN/W dùng để mô phỏng quá trình di chuyển của các chất gây ô nhiễm từ các bãi thải ra ngoài môi trường là hợp lý. Sự di chuyển của các chất trong nước thấm qua các phần tử đất đá bao gồm các quá trình lưu chuyển, khuếch tán, hấp thụ, phản ứng hóa học và phân rã phóng xạ. Hai quá trình vận chuyển cơ bản là lưu chuyển và khuếch tán được thể hiện như sơ đồ Hình 3.

4. Xác định các tham số đầu vào của mô hình

Số liệu về nguồn gây ô nhiễm sẽ phụ thuộc vào từng vị trí, cụ thể tại mỗi khu mỏ đã chọn ra mặt cắt điển hình cắt qua vị trí bãi thải quặng đuôi và lấy mẫu phân tích chất lượng đất và nước ở trong và ngoài bãi thải. Về cơ bản, các thông số đầu vào cho một bài toán lan truyền gồm 02 nhóm chính: Số liệu về nguồn gây ô nhiễm và số liệu địa chất nền và các yếu tố thủy văn, địa kỹ thuật. Các loại mẫu được lấy theo đúng các quy chuẩn Việt Nam hiện hành, sau đó được vận chuyển về phòng thí nghiệm để phân tích.

Cụ thể tại khu mỏ, các tác giả đã tiến hành điều tra, đo vẽ hiện trạng khai thác và hiện trạng môi trường gồm các nội dung chủ yếu như sau: Xác định đặc điểm địa chất (tên đá, đặc điểm thạch học, cấu tạo, kiến trúc, thế nằm của đá), đặc điểm khoáng sản, đặc điểm địa mạo, đặc điểm ĐCTV-ĐCCT (sông, suối, ao, hồ, dòng chảy tạm thời, vị trí xuất lộ nước ngầm, đặc điểm tầng chứa nước trong đá gốc và trong trầm tích bở rời), các hiện tượng tai biến địa chất xảy ra tại khu khai thác (trượt lở đất, lở đá, xói mòn...).



Hình 3. *Quy trình tính toán lan truyền của chất ô nhiễm sử dụng mô hình CTRAN/W*

Điều tra, đo vẽ hiện trạng khai thác, gồm các thông tin: Xác định khoảng cách từ mỏ đến các khu dân cư, công trình dân dụng; Xác định phương pháp khai thác (lộ thiên, hầm lò); Công nghệ khai thác (thủ công, cơ giới, bán cơ giới, bán thủ công);

Đo vẽ hiện trạng khai thác tại khu mỏ (vị trí moong khai thác, bãi tập kết sản phẩm, bãi chất thải rắn, bãi thải mỏ...).

Điều tra, đo vẽ hiện trạng môi trường nước mặt, nước ngầm, nước thải, đất và chất thải rắn, xác định mức độ ô nhiễm so với quy chuẩn môi trường hiện hành, xác định hướng vận chuyển, nguyên nhân gây ô nhiễm.

Trên cơ sở kết quả khảo sát, điều tra tiến hành tổng hợp tài liệu, phân tích để đánh giá định lượng mức độ ô nhiễm của các thông số môi trường. Kết quả cụ thể như sau:

a) Đặc điểm môi trường nước và kết quả phân tích mẫu nước

Trong diện tích khai thác của mỏ có suối nhỏ chảy theo theo hướng bắc-nam, đổ vào suối Huổi Dôn và đưa đến tận sông Nậm Con. Theo kết quả phân của tập thể tác giả (4/2016) và đối chiếu với QCVN 40:2008/BTNMT cho thấy nước tại khu mỏ đã bị ô nhiễm, cụ thể: DO 1,4-1,7 mg/l, thấp hơn tiêu chuẩn 4,28-3,52 lần; Zn 0,64 mg/l, cao hơn tiêu chuẩn 1,28 lần; As 0,016-0,017 mg/l, cao hơn tiêu chuẩn 1,6-1,7 lần; NO^{3-} 1666 mg/l, vượt tiêu chuẩn 833 lần.

Riêng với nước thải của mỏ, các chỉ tiêu ô nhiễm gồm: Mn 5,63 mg/l, vượt tiêu chuẩn 11,26 lần; Cd 0,019 mg/l, vượt tiêu chuẩn 3,8 lần, COD 53,6 mg/l,vượt tiêu chuẩn 1,1 lần.

Bảng 2. Kết quả phân tích chất lượng nước thải

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị				QCVN 40:2011/BTNMT
			NT1-1 (Trong)	NT1-2 (Ngoài)	NT2-1 (Trong)	NT2-2 (Ngoài)	
1	Độ pH	-	5,4	6,5	6,1	7	6-9
2	DO	mg/l	6,4	5,4	5,7	4,2	
3	COD	mg/l	63	43	54	44	75
4	BOD_5 (20°C)	mg/l	6,7	3,2	4,6	3,5	30
5	TSS	mg/l	105	67	86	32	50
6	NO_3^-	mg/l	2,15	0,32	1, 16	0,58	5
7	Mn	mg/l	5,74	2,3	4,62	0,43	0,5
8	Cd	mg/l	0,025	0,018	0,021	< 0, 001	0,05
9	Zn	mg/l	1,67	0,12	1,85	0,23	3
10	Ag	mg/l	0,36	0,017	0,23	0,008	0,05
11	Pb	mg/l	0,07	< 0,001	0,006	< 0, 001	0,1
12	Hg	mg/l	<0,001	< 0, 001	< 0, 001	< 0, 001	0,005

Bảng 3. Kết quả phân tích chất lượng đất

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị				QCVN 3-MT:2015/BTNMT
			Đ1-1 *A*	Đ1-2 *A*	Đ2-1 *A*	Đ2-2 *A*	
1	Cu	mg/ kg	5,4	6,5	6,1	7	6-9
2	Mn	mg/kg	6,4	5,4	5,7	4,2	
3	As	mg/ kg	63	43	54	44	75
4	Cd	mg/ kg	6,7	3,2	4,6	3,5	30
5	Pb	mg/ kg	105	67	86	32	50
6	Hg	mg/ kg	2,15	0,32	1, 16	0,58	5
7	Zn	mg/ kg	5,74	2,3	4,62	0,43	0,5
8	Cr^{6+}	mg/ kg	0,025	0,018	0,021	< 0, 001	0,05

b) Đặc điểm môi trường đất và chất thải rắn và kết quả phân tích

Kết quả khảo sát thực địa cũng cho thấy toàn bộ diện tích khai thác, bãi thải với kích thước theo hướng đông bắc - tây nam rộng khoảng 450 m, theo hướng tây bắc - đông nam rộng khoảng 300 m đều bị ô nhiễm khá mạnh. Các thành phần ô nhiễm bao gồm: Zn 238 ppm, cao hơn tiêu chuẩn 1,19 lần; Sb 2 ppm, vượt tiêu chuẩn 3,33 lần; As 73-79,8 ppm, vượt tiêu chuẩn 6,08- 6,65 lần (kết quả phân tích được so sánh theo QCVN 03:2008/BTNMT).

Các chỉ tiêu ô nhiễm trong chất thải rắn bao gồm: Zn 639 ppm, vượt tiêu chuẩn 3,20 lần, As 81 ppm, vượt tiêu chuẩn 6,75 lần.

Số liệu phân tích mẫu môi trường cũng cho kết quả tương đồng với các nghiên cứu trước đây thuộc vùng nghiên cứu [3].

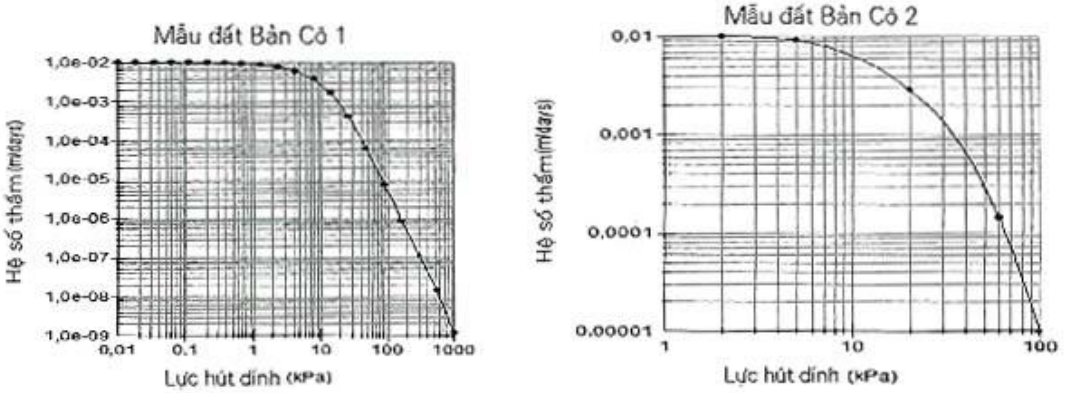
Để thực hiện tính toán dòng thấm của nước trong đất, tác giả sử dụng phần mềm SEEP/W để mô phỏng dòng thấm của nước từ trong bãi thải ra ngoài môi trường. Các số liệu đầu vào bao gồm: đường cong đặc trưng đất-nước cho từng lớp đất, thể hiện mối quan hệ giữa độ ẩm và lực hút dính và hàm hệ số thấm không bão hòa cho mỗi lớp đất, thể hiện mối quan hệ giữa hệ số thấm và lực hút dính [6, 9]. Có nhiều cách để xác định đường cong đặc trưng đất-nước và hàm hệ số thấm không bão hòa cho một loại đất, đá. Thực tế cho thấy, việc thực hiện các thí nghiệm cho đất không bão hòa là khó khăn trong điều kiện nghiên cứu. Vì vậy, để giải quyết

nhiệm vụ này, tập thể tác giả sử dụng đường cong thành phần hạt để xác định đường cong đặc trưng đất-nước và hàm hệ số thấm không bão hòa của đất.

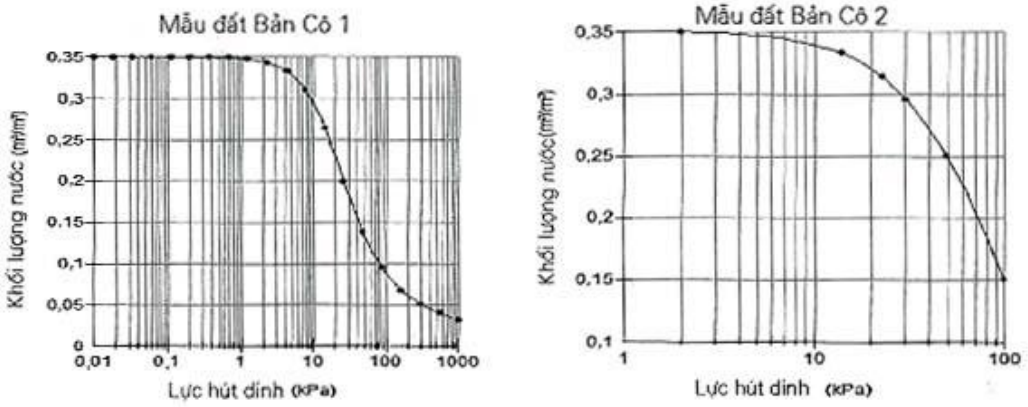
IV. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

1. Kết quả thử nghiệm quá trình di chuyển của As tại bãi thải quặng đuôi mỏ Bàn Cô

Khi thực hiện mô hình hóa sự lan truyền của chất ô nhiễm dọc theo dòng thấm trong đất, cần xác định hệ số khuếch tán của chất ô nhiễm trong đất (D^*). Trên thực tế, hệ số khuếch tán này phụ thuộc vào thành phần chất ô nhiễm và hệ số thấm của từng loại đất. Vì vậy, đối với mục tiêu đánh giá khả năng khuếch tán các chất gây ô nhiễm qua thân đập của bãi thải mỏ theo dòng thấm vùng nghiên cứu, cần phải tiến hành thí nghiệm để xác định hệ số thấm của lớp đất đá sử dụng làm đập của bãi thải để từ đó tìm được hệ số khuếch tán một cách chính xác nhất [11]. Hệ số thấm của nước ở trong đất bị ảnh hưởng rất nhiều bởi các đặc tính tự nhiên của đất như độ lỗ hổng, khả năng di chuyển của nước trong đất, sự phân bố của kích thước lỗ hổng, mạng lưới dòng chảy thường xuyên, thảm thực vật hay các điều kiện địa hình. Để giải quyết nhiệm vụ này, các tác giả đã thực hiện mô phỏng thí nghiệm tính toán hệ số thấm và lượng nước có thể lưu chứa được trong đất dựa trên thành phần các mẫu đất thu thập được tại thực địa.

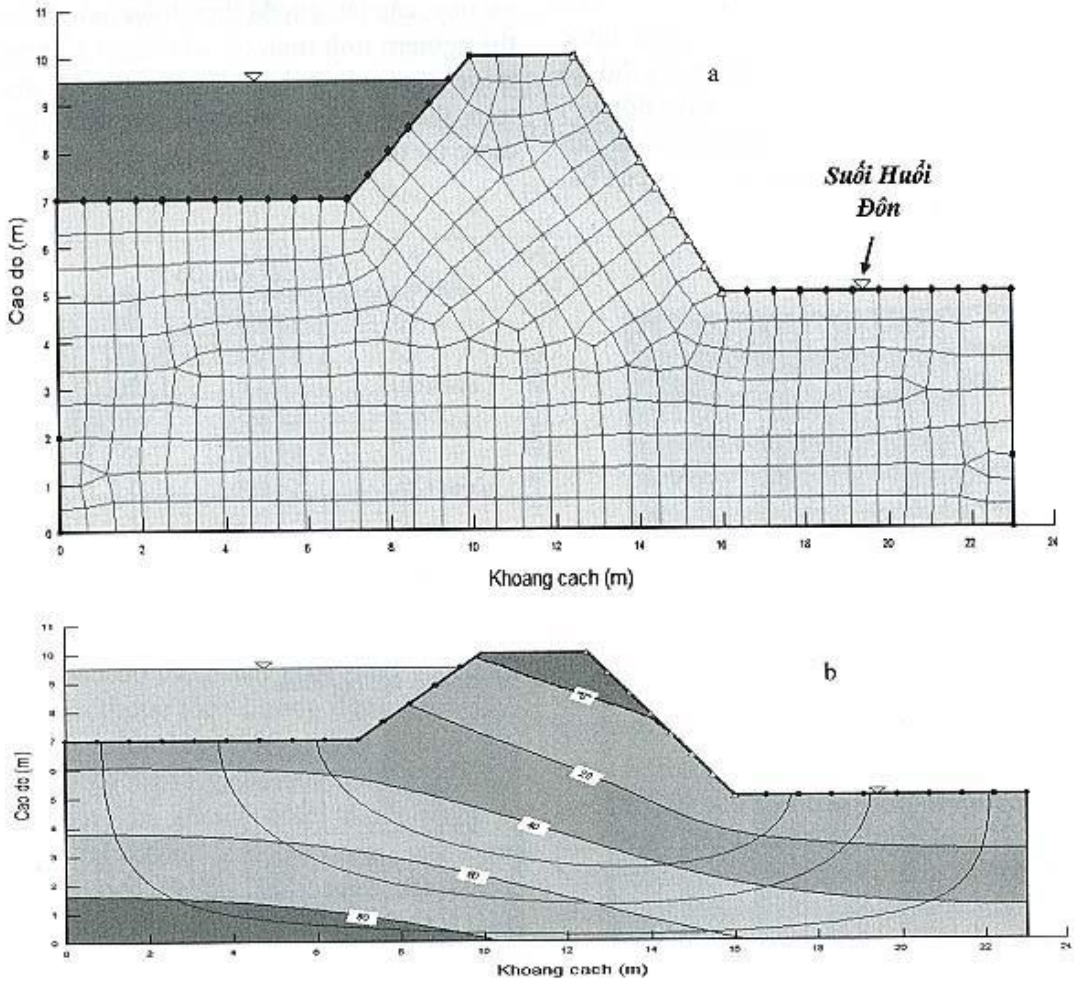


Hình 4. *Mối quan hệ giữa hệ số thấm và lực hút dính.*



Hình 5. *Mối quan hệ giữa khối lượng nước và lực hút dính.*

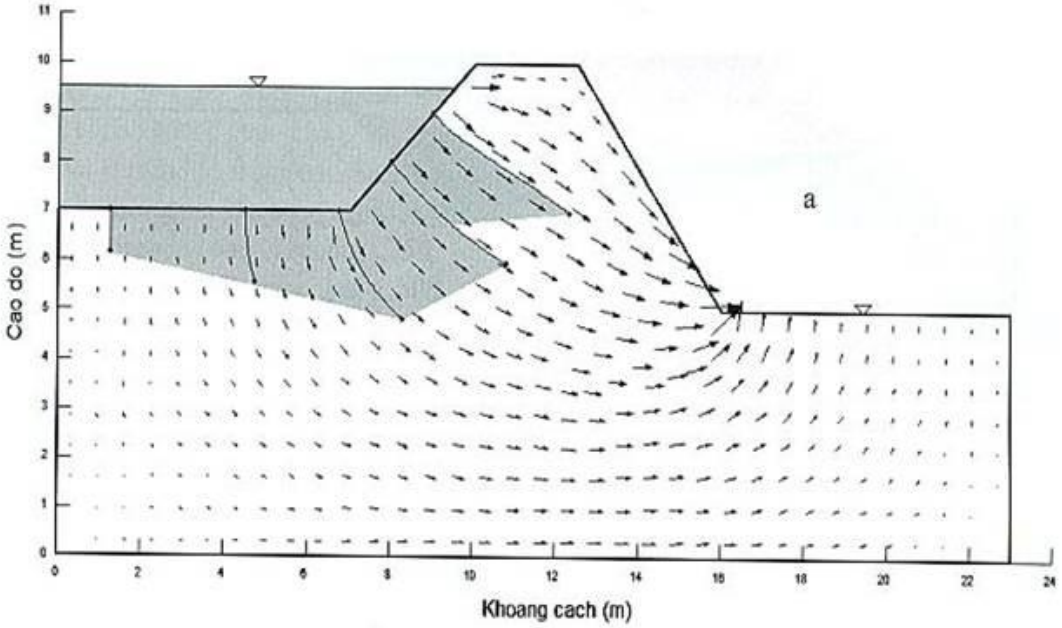
Các đặc tính thủy văn của đất sẽ chi phối khả năng giữ nước và tốc độ di chuyển của dòng thấm trong đất. Ở vi tỷ lệ, tốc độ di chuyển của dòng thấm (transmitivity - K) được đặc trưng bởi lượng nước chảy dưới bề mặt trên một đơn vị gradient thủy lực. Đất sét và đất thịt với những lỗ rỗng rất nhỏ thường có các giá trị K nhỏ hơn rất nhiều so với các loại đất có cấu trúc thô hơn như cát, bột, cuội và sỏi. Hơn nữa, để diễn tả được tính thấm của đất trong những điều kiện ẩm ướt nhưng chưa bão hòa nước, cần phải đánh giá được các giá trị K chưa bão hòa. Kết quả thu được đem so sánh với các số liệu về hệ số khuếch tán theo bảng tra sẵn (Unsaturated Flow Apparatus [13]) của các chất dành cho đất không bão hòa nước cho phép đưa vào mô phỏng khả năng dịch chuyển của chất gây ô nhiễm qua thân đập của bãi thải.



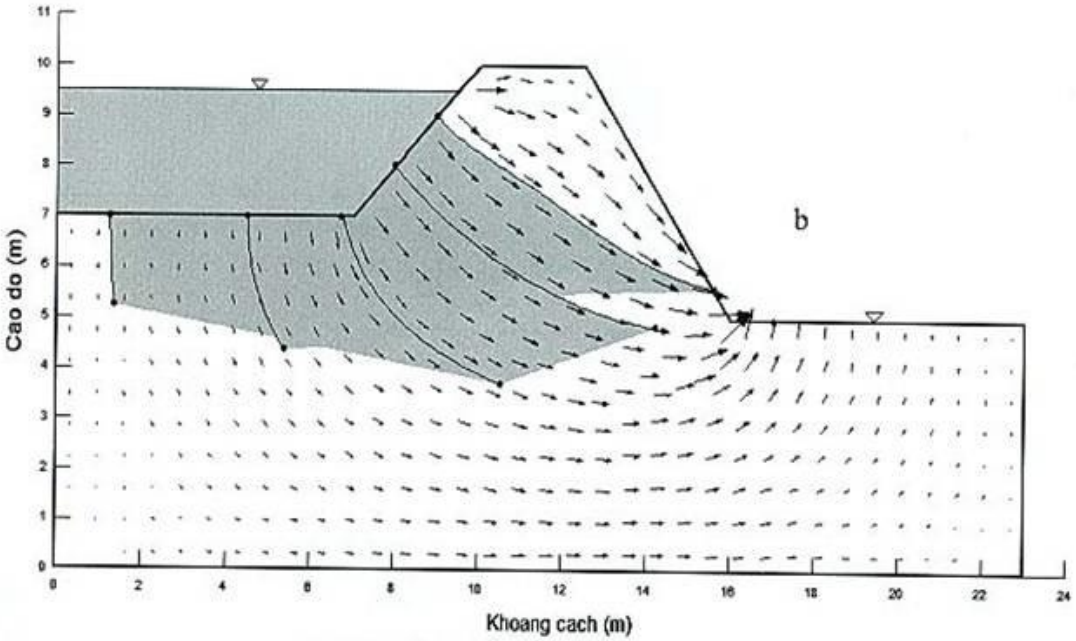
Hình 6. *Các điều kiện biên và lưới tính toán cho mặt cắt bãi thải mỏ thiếc sa khoáng Bản Cô (a) và áp lực nước trong đất (b).*

Kết quả phân tích mẫu cho thấy tại khu vực bãi thải quặng đuôi của mỏ thiếc sa khoáng Bản Cô hiện đang bị ô nhiễm các kim loại nặng, trong đó đặc biệt là các nguyên tố As, Zn và Sb. Kết quả mô phỏng thử nghiệm cho nguyên tố As cho thấy quá trình lan truyền của As theo mặt cắt qua bãi thải với giả thiết dòng thấm có

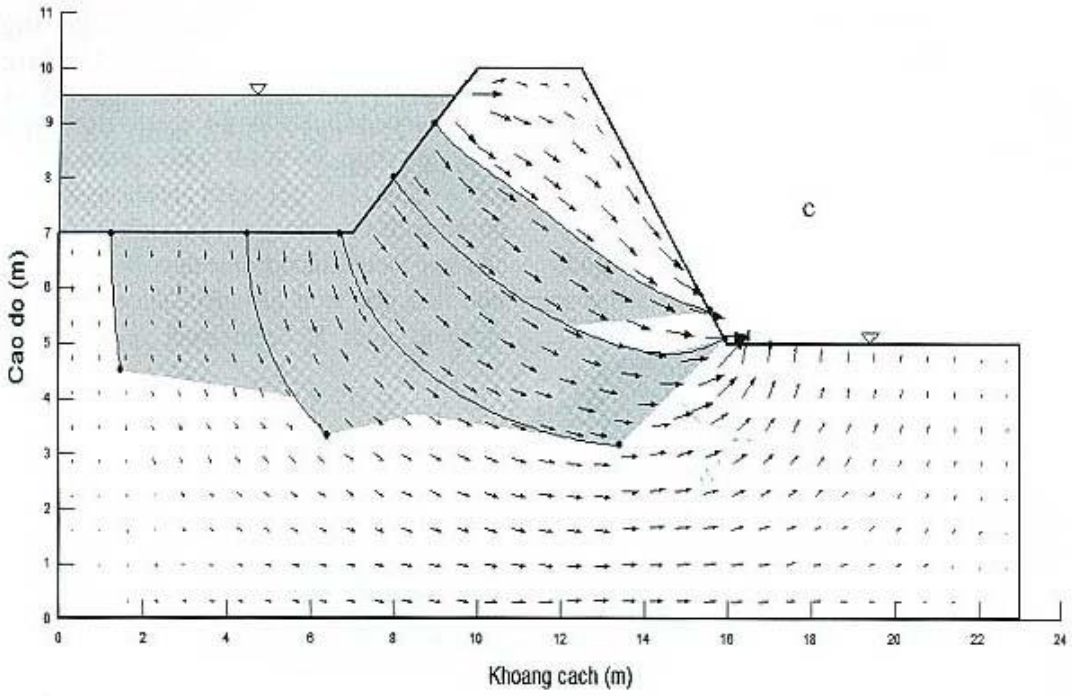
gradient thủy lực là 2% (Hình 7a, b, c, d, e, f). Hàm lượng của As đo đạc tại khu vực đáy bãi thải là 73-79,8 ppm, vượt tiêu chuẩn 6,08-6,65 lần; hàm lượng cho phép của As theo QCVN 03:2015/BTNMT đối với đất và chất thải rắn là 12 ppm. Kết quả tính toán dòng thấm ổn định trong nền đất được thể hiện theo các khoảng thời gian 250 ngày, 500 ngày (1,37 năm), 750 ngày (2,05 năm), 1.000 ngày (2,74 năm), 1.250 ngày (3,42 năm) và 1.500 ngày (4,11 năm).



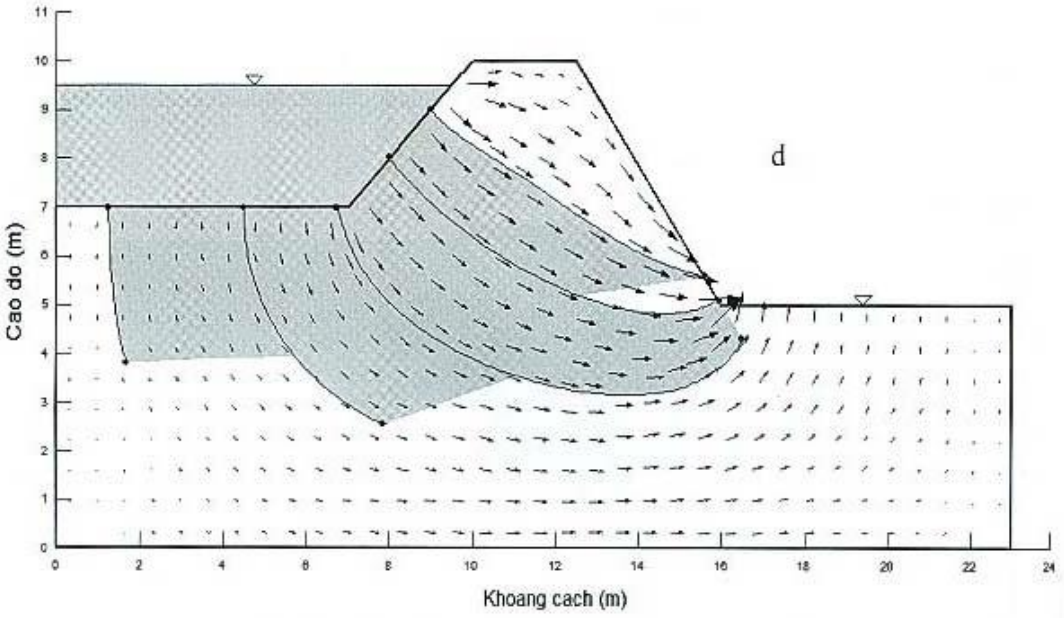
Hình 7a. *Kết quả mô phỏng phát tán As sau 250 ngày.*



Hình 7b. *Kết quả mô phỏng phát tán As sau 500 ngày.*



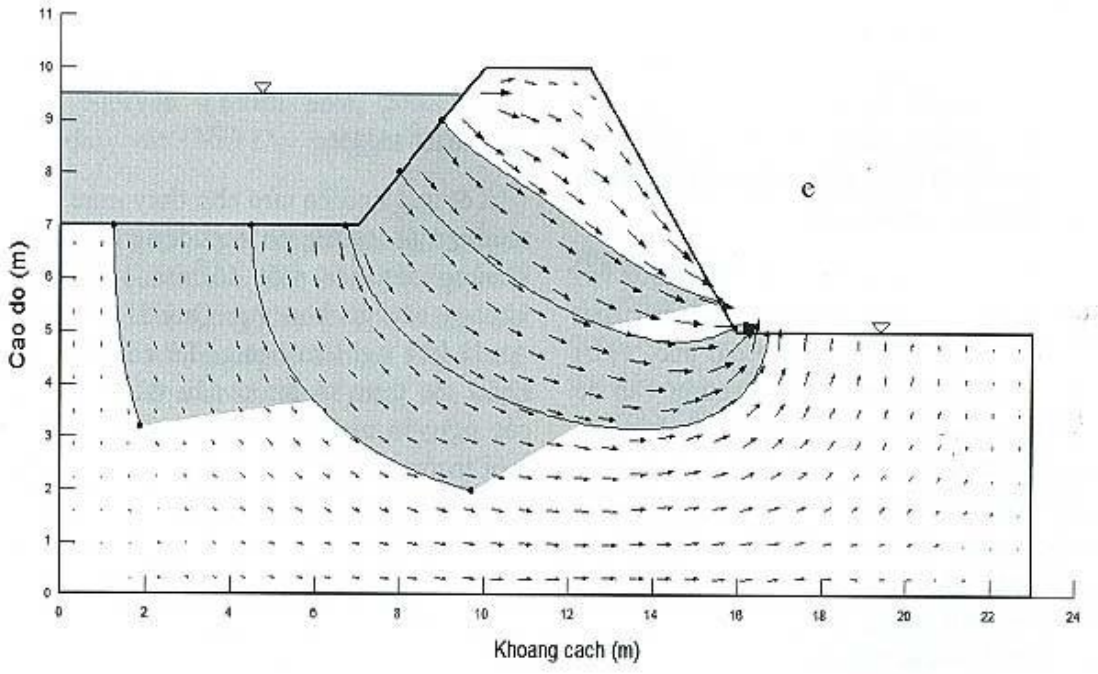
Hình 7c. *Kết quả mô phỏng phát tán As sau 750 ngày.*



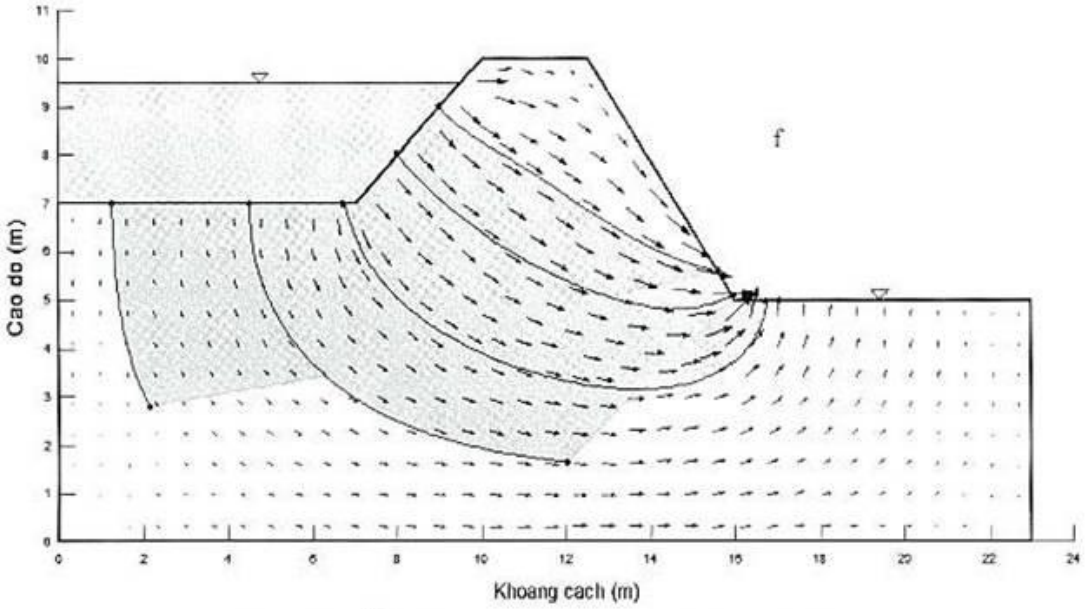
Hình 7d. *Kết quả mô phỏng phát tán As sau 1.000 ngày.*

Kết quả mô phỏng cho thấy với hàm lượng As (Hình 7 a, b, c, d, e, f) tại đáy bãi thải theo kết quả phân tích mẫu nằm trong khoảng 73-79,8 ppm, bị ô nhiễm As khá nặng và cao hơn quy chuẩn rất nhiều lần. Kết quả phân tích cho thấy với

hàm lượng As trong đất, đá ở đáy bãi thải sẽ di chuyển theo dòng thấm khoảng 500 ngày (1,37 năm) thì một phần đã thấm đến bề mặt rìa ngoài của sườn bãi thải. Nếu trong trường hợp bãi thải không bị nước chảy tràn mà As chỉ bị thấm ở thân đập thì hàm lượng As ra khỏi bãi thải và đi vào các dòng chảy mặt vẫn đạt 0,016-0,017 ppm, cao hơn tiêu chuẩn 1,6-1,7 lần (theo QCVN 08:2015/BTNMT về chất lượng nước mặt) và ở mức độ ô nhiễm. Tiếp tục phân tích với thời gian lâu hơn, dòng thấm tiếp tục di chuyển sau khoảng 750 ngày, 1000 ngày, 1250 ngày và 1.500 ngày (hơn 4 năm), thì hàm lượng As tại nhiều vị trí dưới đáy bãi thải đã có thể di chuyển đến bề mặt của sườn bãi thải với mức độ cao hơn tiêu chuẩn cho phép trên 1,5 lần và lưu thông ra môi trường bên ngoài. Nguy cơ ô nhiễm này kết hợp với lượng nước mưa chảy tràn trên mặt, lượng As bị phát tán theo dòng thấm có khả năng hòa vào dòng chảy của suối Huổi Đôn và di chuyển đi xa, gây nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe của người dân khu hạ nguồn của suối tại các khu vực có địa hình thấp ở lân cận khu mỏ là hoàn toàn có thật do mỏ đã được cấp giấy phép khai thác từ tháng 6 năm 2006, tính đến 2016 là 10 năm, lượng As bị phân tán ra ngoài môi trường, có khả năng bị tích tụ lại trong các sản phẩm nông nghiệp trồng cấy dọc thung lũng bên dưới và ảnh hưởng đến sức khỏe người dân trong quá trình tiêu thụ thực phẩm thông qua chuỗi thức ăn cho đến nay là khá lớn.



Hình 7d. *Kết quả mô phỏng phát tán As sau 1.250 ngày.*



Hình 7d. *Kết quả mô phỏng phát tán As sau 1.500 ngày.*

2. Thảo luận

Nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá khả năng phát tán các chất gây ô nhiễm từ bãi thải ra môi trường xung quanh, tuy nhiên cần tiến hành lấy mẫu một cách hệ thống theo thời gian tại khu vực thung lũng quanh mỏ để có thể đánh giá một cách toàn diện mức độ ô nhiễm môi trường của khu vực.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, đối với loại hình khai thác như tại khu mỏ Bản Cô, việc thiết kế, bố trí các bãi thải, vị trí đổ đất đá thải là một trong những vấn đề cần phải đặc biệt quan tâm. Hầu hết các khu bãi thải có kè bảo vệ xung quanh chỉ cao hơn mực nước thải hiện có, khi có nước mưa chảy tràn khi mưa lớn, một phần các chất gây ô nhiễm sẽ bị nước mưa rửa trôi xuống sông suối xung quanh. Để đảm bảo các bãi thải không bị rửa trôi hoặc bị lũ cuốn gây ra tai biến lũ bùn đá, các bãi thải cần phải được thiết kế an toàn theo đúng các quy định hiện hành. Tốt nhất là đổ thải vào các moong đã ngừng khai thác, các khe, những nơi trũng và đảm bảo không cho nước mưa xung quanh chảy vào. Không được đổ thải lên các khu vực có biểu hiện lún sụt đất quanh mỏ và các bãi thải cần được trồng cây phủ xanh để giảm thiểu các tác động tiêu cực đến môi trường.

V. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy mức độ ô nhiễm môi trường do hoạt động khai thác khoáng sản tại một số mỏ khai thác khoáng sản tại khu vực Quỳ Hợp, Nghệ An là khá nghiêm trọng. Từ các kết quả khảo sát thực tế bước đầu đã xác định các nguyên nhân, yếu tố gây ra ô nhiễm môi trường trong quá trình khai thác, chế biến khoáng sản gây ra; đồng thời mô hình hoá quá trình dịch chuyển các chất gây ô nhiễm qua lỗ rỗng các vật liệu trong môi trường đất đá tự nhiên theo thời gian bằng mô hình phần tử hữu hạn CTRAN/W. Kết quả áp dụng phương pháp mô hình hóa cho bãi thải quặng đuôi của mỏ thiếc sa khoáng bản Cô đã đánh giá được quá trình phát tán nguyên tố As theo thời gian và dự báo khả năng

ảnh hưởng của chúng tới môi trường sinh thái xung quanh.

Phân tích tài liệu thực tế cho thấy việc nghiên cứu, đánh giá quá trình phát tán các chất ô nhiễm liên quan hoạt động khoáng sản đang trở thành vấn đề bức thiết trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội của huyện Quỳ Hợp, tỉnh Nghệ An nói riêng và các khu vực có hoạt động khai thác khoáng sản nói chung. Việc phòng chống và giảm nhẹ ô nhiễm môi trường liên quan hoạt động khai thác khoáng sản là yêu cầu cấp bách, vì mục tiêu phát triển bền vững tại khu vực nghiên cứu nói riêng và các khu vực đang có các hoạt động khai khoáng nói chung.

VĂN LIỆU

1. Nguyễn Thị Lộc, 2011. Nghiên cứu lan truyền các chất ô nhiễm trong nước ngầm ở bãi rác Khánh Sơn. *Luận văn Thạc sỹ, ĐH Đà Nẵng.*

2. Nguyễn Thanh Sơn, 2003. Tính toán thủy văn. *Nxb Đại học Quốc gia Hà Nội.*

3. Hồ Văn Tú *(Chủ biên)*, 2012. Báo cáo kết quả đánh giá hiện trạng môi trường tại các vùng khai thác khoáng sản trên địa bàn tỉnh Nghệ An và Hà Tĩnh. Liên đoàn Địa chất Bắc Trung Bộ. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*

4. Phạm Quang Hưng, 2011. Tính toán lan truyền của chất ô nhiễm trong đất với điều kiện Việt Nam. *TC Khoa học Công nghệ Xây dựng 9, pp.62-70.*

5. Cidua R., Dadcaa C., Desogusb P., Fanfania L., Mancab P.P. and Orrub G., 2012. Assessment of environmental hazards at abandoned mining sites: A case study in Sardinia, Italy. *Applied Geochemistry 27, pp.1795-1806.*

6. Barone F.S., Rowe R.K. and Quigley R.M., 1989. Laboratory determination of chloride diffusion coefficient in an intact shale. *Canadian Geotechnical Journal 27, pp.177-184.*

7. Bear J., 1972. Dynamics of fluids in porous media. Elsevier Publisher. *New York.*

8. GeoSlope International, 2008. Contaminant modeling with CTRAN/W 2007. *An engineering methodology, 3th edition. Calgary, Alberta, Canada.*

9. John Krahn, 2004a. Seepage modeling with SEEP/W. *An engineering methodology, first edition.*

10. John Krahn, 2004b. Transport modeling with CTran/W. *An engineering methodology, first edition.*

11. Amur M.Z. and Yazicigul H., 2005. Laboratory determination of multi component effective diffusion coefficients for heavy metals in a compacted clay. *Turkish Journal of Earth Sciences 14, pp.91-103.*

12. Rowe R.K., Fraser M.J., 1995. Waste disposal facility site selection and design considerations. *Canadian Geotechnical Conference.*

13. UFA Ventures Inc., 1996. Unsaturated Flow Apparatus Ventures, Inc., *Richland, WA, USA.*