

Bài báo khoa học

Ứng dụng phương pháp muối hòa tan xác định lưu lượng dòng chảy trên các vùng núi cao miền Bắc Việt Nam

Vũ Thị Minh Nguyệt^{1*}, Đoàn Thế Anh²

¹ Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam;
vtmnguyet@igs.vn.vast.vn

² Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Bộ Tài nguyên và Môi trường;
theanhdoan79@gmail.com

*Tác giả liên hệ: vtmnguyet@igs.vn.vast.vn; Tel.: +84–904411938

Ban Biên tập nhận bài: 7/9/2023; Ngày phản biện xong: 10/10/2023; Ngày đăng bài: 25/11/2023

Tóm tắt: Dòng chảy mặt trên các vùng núi cao thường có sườn dốc, vận tốc dòng chảy lớn, chảy rối với nhiều cuội-tảng lăn do vậy rất khó thậm chí không áp dụng được các phương pháp đo lưu lượng thông thường. Phương pháp muối hòa tan dựa trên nguyên lý bảo toàn trọng lượng của chất chỉ thị được sử dụng hữu hiệu trong xác định lưu lượng dòng chảy tại nhiều vùng núi cao trên thế giới. Phương pháp muối hòa tan đã được áp dụng thành công xác định lưu lượng dòng chảy tại khu vực vùng núi Phong Thổ (Lai Châu), Mèo Vạc (Hà Giang) và Hà Quảng (Cao Bằng). Chất chỉ thị muối với trọng lượng đã biết được thả xuống dòng chảy tại một điểm và đo đặc giá trị độ dẫn điện của nước (EC) tại một điểm khác dưới hạ nguồn. Lưu lượng (Q) của 17 dòng chảy đã được xác định trên cơ sở đường cong biến thiên EC theo thời gian và hệ số tương quan giữa hàm lượng muối hòa tan và EC. Các kết quả áp dụng tại 3 khu vực miền Bắc Việt Nam cho thấy đây là phương pháp xác định lưu lượng ưu việt, phù hợp với điều kiện tự nhiên của vùng núi cao, dễ triển khai và không đòi hỏi các thiết bị chuyên dụng, do đó cần được áp dụng rộng rãi hơn ở Việt Nam.

Từ khóa: Muối hòa tan; Xác định lưu lượng; Vùng núi cao Việt Nam.

1. Mở đầu

Lưu lượng dòng chảy mặt và lưu lượng nguồn lộ nước dưới đất (NDD) là một trong những thông tin quan trọng cần được đo đạc, xác định ngoài thực địa trong nghiên cứu và quản lý tài nguyên nước. Trong các nghiên cứu thủy văn - địa chất thủy văn, lưu lượng là thông tin đầu vào quan trọng để xác định tương tác nước mặt - nước ngầm, tính toán cân bằng nước, mô hình thủy văn... Trong lĩnh vực quản lý tài nguyên nước, việc xác định lưu lượng dòng chảy định kỳ hoặc thường xuyên cung cấp thông tin cần thiết giúp các nhà quản lý quy hoạch, sử dụng hợp lý tài nguyên nước cho nhiều mục đích khác nhau (thủy điện, nông nghiệp, kiểm soát ô nhiễm, phòng tránh thiên tai...) đồng thời giảm thiểu suy thoái và cạn kiệt nguồn tài nguyên quan trọng này.

Để xác định lưu lượng, phương pháp xác định vận tốc dòng chảy theo tiết diện và phương pháp thiết kế đập ngăn, máng dẫn dòng chảy thường được áp dụng phổ biến [1–3]. Các phương pháp trên cần có thiết bị lưu tốc kế; hoặc cần xây dựng các đập ngăn, máng dẫn dòng chảy. Ngoài ra một số phương pháp khác cũng đòi hỏi việc đầu tư thiết bị như phương pháp đo vận tốc siêu âm, phương pháp màng điện từ. Các phương pháp vừa kể đến này phù hợp với điều kiện dòng chảy tương đối ổn định. Trong vài thập niên gần đây, phương pháp muối hòa tan đã được áp dụng thành công xác định lưu lượng dòng chảy trong các vùng núi cao

hiếm trở tại nhiều nước trên thế giới [4–5]. Với ưu điểm như dễ áp dụng, đảm bảo độ tin cậy, phương pháp muối hòa tan ngày càng được sử dụng rộng rãi và rất phù hợp trong các khu vực có địa hình phức tạp [6–8].

Tại Việt Nam, quy chuẩn kỹ thuật quan trắc thủy văn nói chung và lưu lượng dòng chảy nói riêng đã được [9] ban hành. Gần đây, nghiên cứu của [10] ứng dụng công nghệ Rada quan trắc lưu lượng tự động và [11] giới thiệu một số phương pháp cụ thể tính toán dòng chảy trong điều kiện thiếu hoặc không có số liệu. Phương pháp muối hòa tan được [12] sử dụng lần đầu tiên khi xác định lưu lượng các nguồn lộ karst ở thị xã Tam Đường (nay là thành phố Lai Châu) và [13] áp dụng phương pháp dung dịch hóa học xác định lưu lượng nguồn lộ nước dưới đất tại thị xã Tam Điệp (nay là thành phố Tam Điệp, tỉnh Ninh Bình). Tuy nhiên, phương pháp muối hòa tan hiện còn rất ít được áp dụng tại Việt Nam và cần được phổ biến hơn. Đặc biệt trong các vùng núi cao hiếm trở phía Bắc Việt Nam nơi các dòng chảy thường có vận tốc lớn, chảy siết, trên bề mặt có nhiều tầng lẩn và lòng sông- suối dốc và gồ ghề rất cần thiết sử dụng rộng rãi phương pháp muối hòa tan.

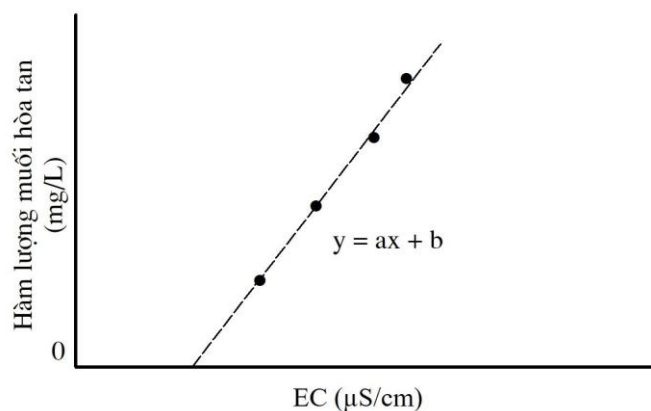
Bài báo này trình bày áp dụng phương pháp muối hòa tan xác định lưu lượng dòng chảy mặt và nguồn lộ trong các khu vực karst tại Phong Thổ (Lai Châu), Mèo Vạc (Hà Giang) và Hà Quảng (Cao Bằng). Đây đều là các khu vực khan hiếm nước nằm trong vùng cao biên giới có địa hình phức tạp, việc sử dụng các phương pháp đo đạc lưu lượng bằng lưu tốc kế hay đập ngăn rất khó thậm chí không khả thi. Các kết quả xác định lưu lượng dòng chảy đã cũng cấp thông tin hữu ích phục vụ nghiên cứu khai thác và quản lý tài nguyên nước ở khu vực đồng thời minh chứng cho sự phù hợp của phương pháp khi áp dụng tại Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp muối hòa tan

Phương pháp muối hòa tan dựa trên nguyên lý bảo toàn trọng lượng của chất chỉ thị trước và sau khi được thả hòa tan vào dòng chảy [5]. Chất chỉ thị muối với trọng lượng đã biết được thả xuống dòng chảy để xác định lưu lượng. Có hai cách để thả chất chỉ thị muối vào dòng chảy: 1) thả muối liên tục trong một khoảng thời gian xác định; 2) thả muối một lần xuống dòng chảy trong thời gian tức thì. Trong cả hai cách trên, chất chỉ thị muối đều được thả xuống dòng chảy tại một vị trí ở thượng nguồn và được hòa tan, di chuyển xuôi theo dòng chảy. Lưu lượng của dòng chảy được tính toán dựa trên hàm lượng muối hòa tan trong nước tại một vị trí ở hạ nguồn trên cơ sở xác định giá trị độ dẫn điện của nước (EC) theo thời gian.

Tương quan giữa hàm lượng muối hòa tan trong nước và giá trị EC được xác định bằng thực nghiệm và được thể hiện theo hình 1.



Hình 1. Tương quan hàm lượng muối hòa tan và giá trị EC.

Trọng lượng của chất chỉ thị muối thả xuống dòng chảy bằng trọng lượng muối hòa tan vào dòng chảy và được xác định theo công thức:

$$M = \int_0^T Q \cdot c \cdot dt \tag{1}$$

Trong đó M là trọng lượng của chất chỉ thị muối thả xuống dòng chảy (g); c là hàm lượng muối hòa tan tại thời điểm t (g/L); Q là lưu lượng dòng chảy (L/s); dt là khoảng thời gian (s).

Hàm lượng muối hòa tan tại thời điểm t được xác định như sau:

$$c_t = (EC_t - EC_0)k \tag{2}$$

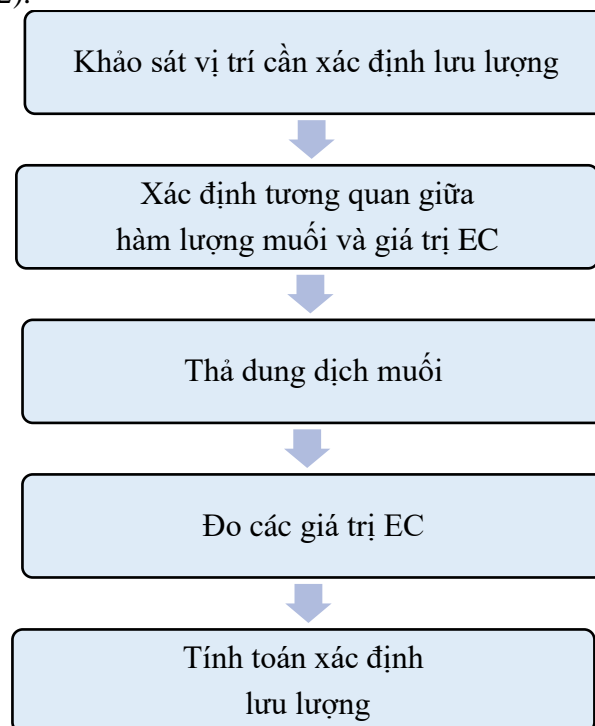
Trong đó EC_t là giá trị độ dẫn điện của nước tại thời điểm t; EC_0 là giá trị độ dẫn điện nền; k là hệ số tương quan giữa hàm lượng muối và giá trị EC.

Lưu lượng Q (L/s) được xác định như sau:

$$Q = \frac{M}{\int_0^T c \cdot dt} = \frac{M}{k \int_0^T (EC_t - EC_0) dt} = \frac{M}{A} \tag{3}$$

Trong đó A là diện tích của đồ thị biểu diễn hàm lượng muối hòa tan theo thời gian (g.s/L).

Việc triển khai xác định lưu lượng bằng phương pháp muối hòa tan được thực hiện theo các bước sau (Hình 2).



Hình 2. Sơ đồ các bước tiến hành xác định lưu lượng bằng phương pháp muối hòa tan.

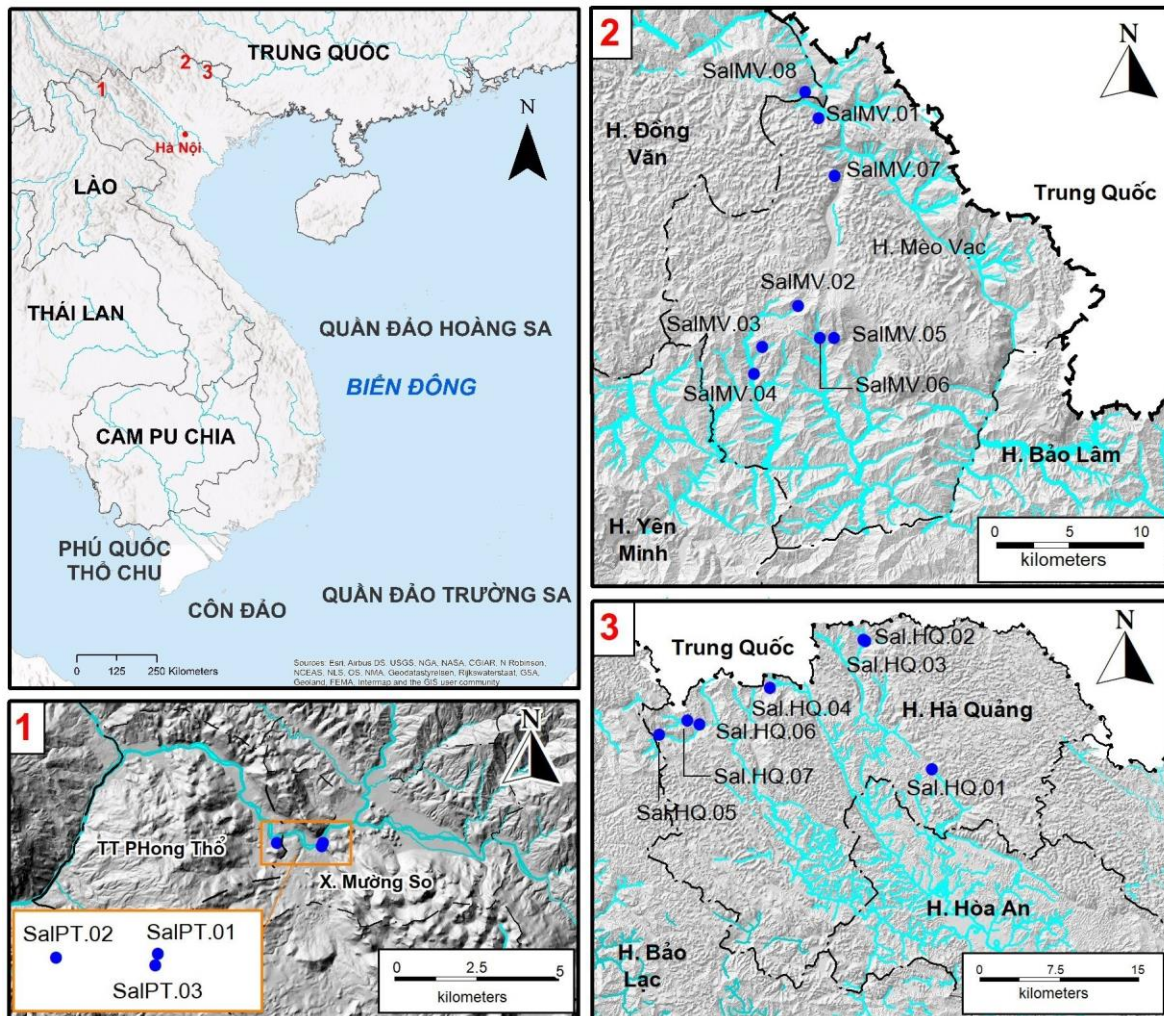
2.2. Áp dụng tại vùng núi cao miền Bắc Việt Nam

2.2.1. Khu vực nghiên cứu

Phương pháp dung dịch muối hòa tan đã được áp dụng xác định lưu lượng dòng chảy tại 3 khu vực núi cao biên giới: Huyện Phong Thổ (tỉnh Lai Châu), huyện Mèo Vạc (tỉnh Hà Giang) và huyện Hà Quảng (tỉnh Cao Bằng) (Hình 3).

Phong Thổ là huyện vùng cao biên giới của tỉnh Lai Châu, cách trung tâm tỉnh Lai Châu 30 km. Là huyện có địa hình phức tạp, chủ yếu là núi cao thấp dần từ đông bắc xuống tây nam và các thung lũng hẹp xen kẽ phân chia địa hình thành các vùng núi cao và vùng núi thấp. Khu vực này có độ cao trung bình trên 1.000 m so với mực nước biển, điểm cao nhất là 1.800 m, thấp nhất là 270 m. Hệ thống dòng chảy trên mặt rất ít và chủ yếu chỉ xuất hiện vào mùa mưa. Đây là khu vực có khoảng 30% diện tích được bao phủ bởi đá carbonate hệ tầng Đồng Giao (T₂đg). Các nguồn lộ NĐĐ karst xuất lộ rải rác, tạo thành dòng chảy mặt

chảy về hướng Tây Bắc chảy vào sông Mường So. Số lượng các nguồn lộ và lưu lượng cũng thay đổi theo mùa trong năm.



Hình 3. Sơ đồ vị trí nghiên cứu và đo đạc tại Phong Thổ (1), Mèo Vạc (2) và Hà Quảng (3).

Mèo Vạc là huyện vùng cao biên giới của tỉnh Hà Giang, nằm trong địa bàn Công viên Địa chất Toàn cầu Cao Nguyên đá Đồng Văn, cách thành phố Hà Giang 164 km. Địa hình khu vực chủ yếu là núi đá, hiểm trở, có sự chia cắt mạnh. Độ cao trung bình trên mực nước biển xấp xỉ 1.150 m với độ dốc trung bình từ 25°-35°, đỉnh cao nhất là 1.900 m, thấp nhất là 275 m. Trong diện tích nghiên cứu chủ yếu được tạo thành bởi đá vôi hệ tầng Bắc Sơn (C-P bs), có độ cao 800-1.100 m, hoạt động kiến tạo xảy ra mạnh mẽ, bề mặt địa hình bị phân cắt mạnh. Đây là vùng thiếu nước sinh hoạt và sản xuất nghiêm trọng. Hệ thống suối tồn tại ở phía bắc huyện Mèo Vạc thuộc các xã Thượng Phùng, Xín Cái, Sơn Vĩ, và các xã phía nam huyện: Tát Ngà, Nậm Ban, Niêm Sơn, Niêm Toòng, Khâu Vai. Đặc điểm chung của các suối là dòng chảy uốn lượn quanh co, động thái tương quan chặt chẽ với các yếu tố khí tượng. Các xã thuộc huyện Mèo Vạc: Sùng Trà, Sùng Máng, Lũng Chình, Tà Lũng, thị trấn Mèo Vạc, Cán Chu Phìn, Giàng Chu Phìn chỉ tồn tại các dòng mặt tạm thời trong mùa mưa.

Hà Quảng là huyện vùng cao biên giới của tỉnh Cao Bằng, cách trung tâm tỉnh Cao Bằng 40km. Địa hình khu vực rất phức tạp, chủ yếu là đồi núi và được chia làm 02 phân vùng: thấp và cao. Phân vùng thấp là vùng có các thung lũng tương đối bằng phẳng, có hệ thống sông suối đáp ứng được nhu cầu về cung cấp nước cho sinh hoạt và tưới tiêu của nhân dân. Phân vùng cao là vùng hầu vắng mặt hoặc rất ít hệ thống sông suối, khan hiếm nước cho sinh hoạt và sản xuất. Phần lớn các sông suối chính trong vùng xuất lộ dọc theo các đứt gãy kiến

tạo, tạo nên những vùng địa hình thấp, những rãnh xâm thực sâu và thuận lợi cho việc tiếp nhận nước mưa cấp cho các tầng chứa nước dưới đất [14].

2.2.2. Các bước tiến hành xác định lưu lượng

Việc triển khai xác định lưu lượng dòng chảy (Q) bằng phương pháp muối hòa tan tại 3 khu vực nghiên cứu được tiến hành như sau:

Bước 1: Khảo sát vị trí cần xác định lưu lượng.

Khảo sát điều kiện địa hình vị trí cần xác định lưu lượng, tìm điểm phù hợp có thể thả muối xuống dòng chảy và điểm đo giá trị EC (tối thiểu cách xa điểm thả muối tương đương 25 lần chiều rộng dòng chảy).

Xác định trọng lượng muối sẽ thả theo lưu lượng ước lượng trực quan và kinh nghiệm của người đo. Với dòng chảy lưu lượng nhỏ, trọng lượng muối thả thường dao động từ 0,3 kg - 0,5 kg.

Bước 2: Xác định tương quan giữa hàm lượng muối và giá trị EC

Đo xác định giá trị EC của dòng chảy trước khi tiến hành thả muối (EC nền).

Đo xác định các giá trị EC của nước (được lấy từ dòng chảy cần xác định lưu lượng) tương ứng với hàm lượng muối được hòa tan; đo EC tương ứng với tối thiểu 05 hàm lượng muối hòa tan khác nhau. Xác định tương quan giữa EC và hàm lượng theo hình 1.

Bước 3: Thả dung dịch muối.

Hòa tan lượng muối với trọng lượng đã biết vào dụng cụ xô hoặc chậu chứa nước được lấy từ dòng chảy cần xác định lưu lượng.

Đổ hết lượng muối đã được hòa tan vào dòng chảy trong thời gian tức thì.

Bước 4: Đo giá trị EC theo thời gian tại điểm đo hạ nguồn dòng chảy. Giá trị EC được đo liên tục theo 5 giây/lần đo; dừng đo khi EC đo được ~ EC nền.

Bước 5: Tính toán xác định lưu lượng. Lưu lượng của dòng chảy được tính toán theo công thức 3.

3. Kết quả và thảo luận

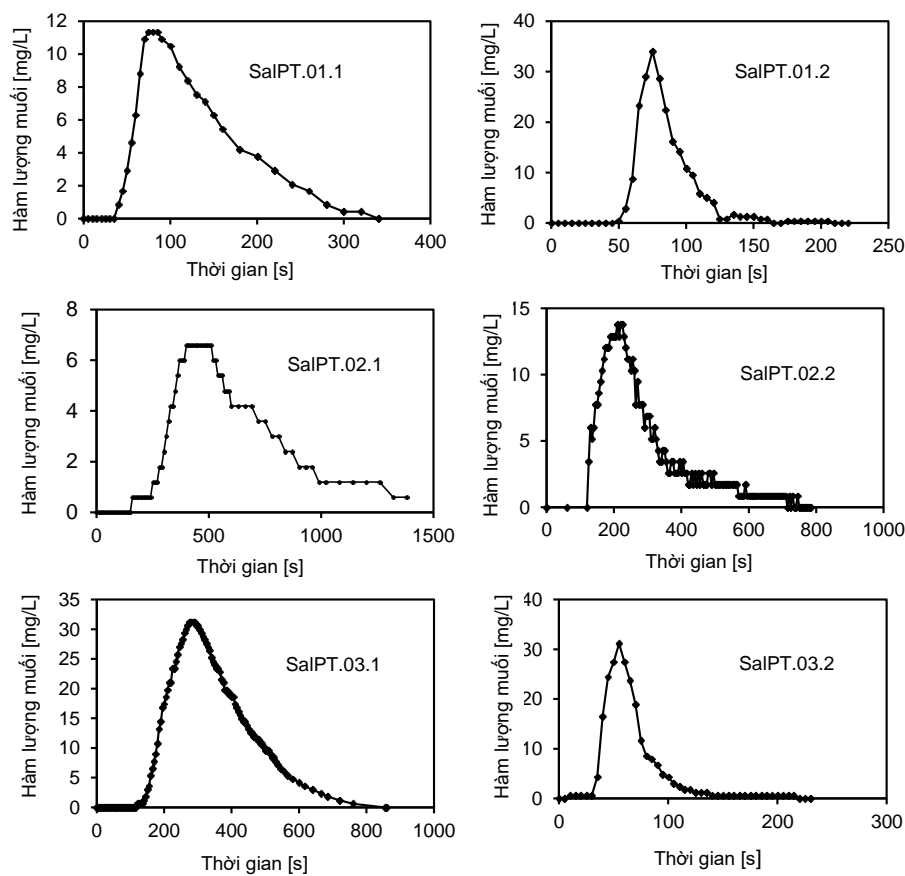
3.1. Kết quả

Kết quả xác định lưu lượng dòng chảy tại huyện Phong Thổ, Mèo Vạc và Hà Quảng được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp các kết quả xác định lưu lượng tại Phong Thổ, Mèo Vạc và Hà Quảng.

STT	Điểm đo	Thời gian	X	Y	Z (m)	Địa danh	Lượng muối thả (kg)	Lưu lượng Q (L/s)
1	SalPT.01.1/12	19/11/2012 9:52	329.613	2.491.420	295	Phong Thổ	0,3	225
2	SalPT.01.2/13	1/8/2013 14:32	329.613	2.491.420	295	Phong Thổ	1	883
3	SalPT.02.1/12	11/22/2012 11:34	328.205	2.491.418	292	Phong Thổ	10	2,369
4	SalPT.02.2/13	11/8/2013 10:00	328.205	2.491.418	292	Phong Thổ	20	7,563
5	SalPT.03.1/12	22/11/2012 15:36	329.577	2.491.305	296	Phong Thổ	0,3	66
6	SalPT.03.2/12	23/11/2012 15:54	329.577	2.491.305	296	Phong Thổ	0,5	63
7	SalPT.03.3/13	2/8/2013 12:00	329.577	2.491.305	296	Phong Thổ	2,1	1,726
8	SalMV.01.1/21	29/9/2021 14:25	541.025	2.571.719	673	Mèo Vạc	0,568	96
9	SalMV.01.2/21	29/9/2021 16:05	541.025	2.571.719	673	Mèo Vạc	0,934	96
10	SalMV.02.1/21	30/9/2021 17:35	539.632	2.558.990	1238	Mèo Vạc	0,428	63
11	SalMV.03.1/21	30/9/2021 15:58	537,213	2.556.209	926	Mèo Vạc	0,494	67
12	SalMV.04.1/21	30/9/2021 13:05	536.611	2.554.348	457	Mèo Vạc	0,914	538
13	SalMV.05.1/21	3/10/2021 10:28	542.076	2.556.805	1.007	Mèo Vạc	0,492	118
14	SalMV.06.1/21	3/10/2021 16:10	541.121	2.556.783	811	Mèo Vạc	0,524	298
15	SalMV.06.2/21	3/10/2021 15:10	541.121	2.556.783	811	Mèo Vạc	0,984	296

STT	Điểm đo	Thời gian	X	Y	Z (m)	Địa danh	Lượng muối thả (kg)	Lưu lượng Q (L/s)
16	SalMV.07.1/21	3/10/2021 10:25	542.733	2.567.795	801	Mèo Vạc	0,926	90
17	SalMV.07.2/21	3/10/2021 11:25	542.733	2.567.795	801	Mèo Vạc	0,462	90
18	SalMV.08.1/21	3/10/2021 14:25	540.115	2.573.494	772	Mèo Vạc	0,909	404
19	SalMV.08.2/21	3/10/2021 15:45	540.115	2.573.494	772	Mèo Vạc	0,47	374
20	SalHQ.01.1/21	13/10/2021 14:00	613.778	2.529.397	337	Hà Quảng	3,761	4,665
21	SalHQ.02.1/21	11/10/2021 10:05	607.508	2.541.431	340	Hà Quảng	4	1,576
22	SalHQ.03.1/21	13/10/2021 16:25	607.370	2.541.506	347	Hà Quảng	7,902	853
23	SalHQ.04.1/21	9/10/2021 11:30	598.588	2.537.009	391	Hà Quảng	0,928	122
24	SalHQ.04.2/21	9/10/2021 12:25	598.588	2.537.009	391	Hà Quảng	0,455	116
25	SalHQ.05.1/21	10/10/2021 11:30	588.154	2.532.613	524	Hà Quảng	1,867	805
26	SalHQ.06.1/21	10/10/2021 9:25	591.954	2.533.558	381	Hà Quảng	1,028	433
27	SalHQ.07.1/21	10/10/2021 4:18	590.818	2.533.956	582	Hà Quảng	2,626	2,943



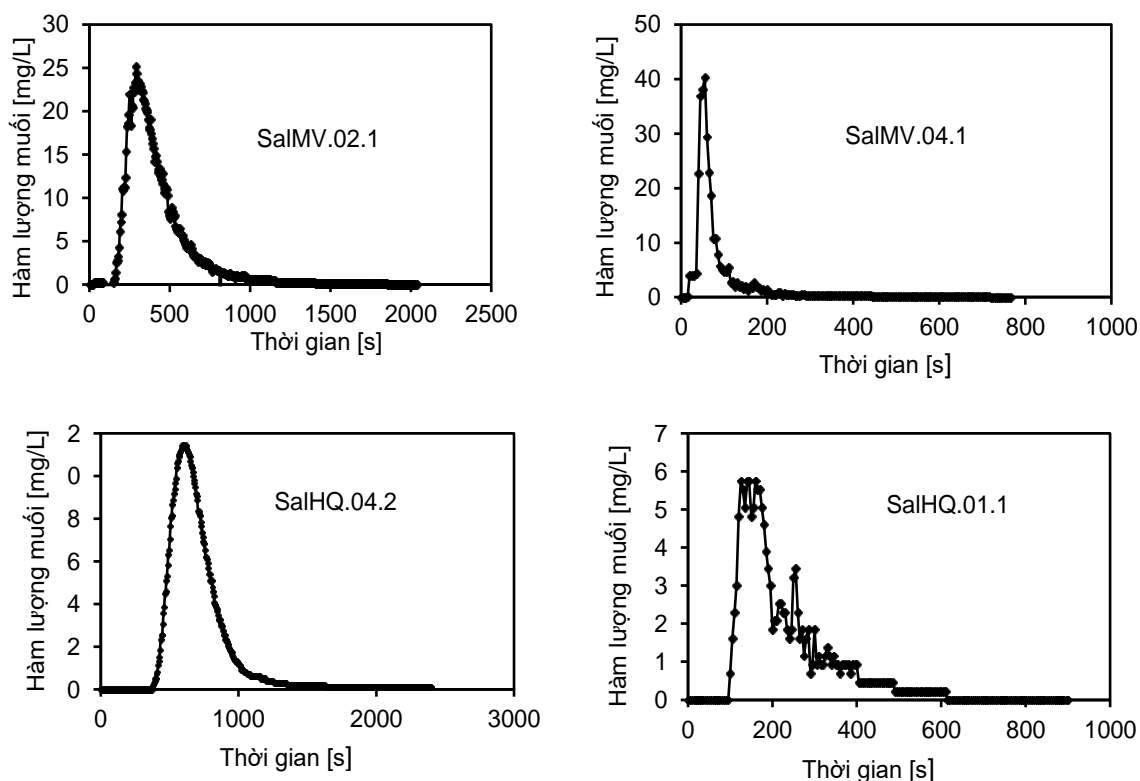
Hình 4. Đồ thị biểu diễn hàm lượng muối hòa tan thu được tại các điểm đo lưu lượng khu vực Phong Thổ.

Tại khu vực huyện Phong Thổ, đã thực hiện 07 thí nghiệm phương pháp muối hòa tan xác định được lưu lượng của 03 nguồn xuất lộ nước karst vào mùa khô và mùa mưa. Đồ thị biểu diễn hàm lượng muối hòa tan theo thời gian được thể hiện tại hình 4. Trên cơ sở các kết quả thu được ngoài thực địa đã xác định được lưu lượng nguồn lộ karst tại điểm đo SalPT.01 (nguồn xuất lộ nhà anh Vào) mùa khô là 225 L/s - mùa mưa: 600 L/s; điểm đo SalPT.02 (nguồn xuất lộ tại đập Thủy điện) lưu lượng mùa khô là 2369 l/s- mùa mưa là 7563 l/s; điểm đo SalPT.03 (nguồn xuất lộ hang Nậm Cắn) lưu lượng mùa khô là 66 L/s - mùa mưa là 1726 L/s. Kết quả cho thấy lưu lượng dòng chảy karst trong khu vực thay đổi rõ rệt theo thời gian, lưu lượng dòng chảy rất lớn vào mùa mưa và giảm mạnh mùa khô.

Tại khu vực Mèo Vạc, đã tiến hành 12 thí nghiệm hòa tan muối xác định được lưu lượng của 08 dòng chảy mặt vào cuối mùa mưa năm 2021 (Bảng 3). Đồ thị biểu diễn hàm lượng

muối hòa tan theo thời gian của một số điểm tiêu biểu được thể hiện tại hình 5. Kết quả tính toán cho thấy lưu lượng của các dòng chảy mặt tại khu vực Mèo Vạc khá nhỏ, thay đổi từ 63L/s (điểm đo SalMV.02.1) đến 538 L/s (điểm đo SalMV.04.1).

Tại khu vực Hà Quảng, lưu lượng của 06 dòng chảy mặt chủ yếu tại các nguồn lộ karst đã được xác định (bảng 1) Kết quả tính toán xác định vào cuối mùa mưa lưu lượng giữa các dòng chảy mặt tại đây chênh lệch nhau rất lớn; lưu lượng nhỏ nhất là 116 L/s (điểm đo SalHQ.04.2) và lớn nhất là 4665 L/s (điểm đo SalHQ.01.1).



Hình 5. Đồ thị biểu diễn hàm lượng muối hòa tan thu được tại một số điểm đo lưu lượng tại Mèo Vạc (trên) và Hà Quảng (dưới).

3.2. Thảo luận

Quan sát và phân tích đồ thị biểu diễn giá trị EC theo thời gian hoặc đồ thị hàm lượng muối theo thời gian có thể đánh giá được kết quả triển khai của thí nghiệm muối hòa tan [5]. Phân tích các đồ thị biểu diễn giá trị EC theo thời gian 5 giây/lần đo được tại hạ nguồn dòng chảy tại cả 3 khu vực Phong Thổ, Mèo Vạc và Hà Quảng phần lớn đều rất cân đối, chỉ có 1 đỉnh và hoàn chỉnh. Đồ thị biểu diễn hàm lượng muối hòa tan tại hạ nguồn của các thí nghiệm (hình 4. 5) được xác định theo tương quan với giá trị EC, do vậy, đều có dạng 1 đỉnh với đường cong cân đối. Riêng thí nghiệm tại điểm đo SalPT.02 (đập Thủy điện tại Phong Thổ) ở khu vực Phong Thổ có đồ thị biểu diễn hàm lượng muối hòa tan theo thời gian tương đối hoàn chỉnh (hình 4) do lưu lượng dòng chảy rất lớn và điểm đo phía hạ nguồn bị giới hạn khoảng cách khi dòng chảy hợp lưu với sông Mường So. Như vậy, đánh giá chung các thí nghiệm đã được tiến hành thành công với trọng lượng muối thả phù hợp, điểm đo EC tại hạ nguồn phù hợp và toàn bộ lượng muối đã được hòa tan hoàn toàn vào dòng chảy. Bên cạnh đó, phân tích các kết quả của 06 điểm đo lưu lượng lặp lại tại một số dòng chảy tại Phong Thổ, Mèo Vạc và Hà Quảng cho thấy giá trị lưu lượng giữa hai lần đo đều tương tự và trong giới hạn sai số cho phép (Bảng 2). Với các thông tin thu được, có thể khẳng định phương pháp hòa tan muối đã được áp dụng hiệu quả tại khu vực Phong Thổ, Mèo Vạc và Hà Quảng với kết quả đáng tin cậy.

Bảng 2. Kết quả xác lưu lượng lặp lại tại một số dòng chảy.

STT	Tên dòng chảy/nguồn lộ	Điểm đo	Tọa độ			Lưu lượng đo lần 1 (L/s)	Lưu lượng đo lần 2 (L/s)
			X	Y	Z		
1	Hang Nậm Cung, Phong Thổ	SalPT.03	329.577	2.491.305	296	66	63
2	Tà Làng, Phái Lùng, Mèo Vạc	SalMV.01	541.025	2.571.719	673	96	96
3	Tát Ngà, Tát Ngà, Mèo Vạc	SalMV.06	541.121	2.556.783	811	298	296
4	Pà Vi Thượng, xã Pà Vi, Mèo Vạc	SalMV.07	542.733	2.567.795	801	90	90
5	Bản Chuối, Xin Cái, Mèo Vạc	SalMV.08	540.115	2.573.494	772	404	374
6	Lũng Dưới, Sóc Hà, Hà Quảng	SalHQ.04	598.588	2.537.009	391	122	116

Theo [5] và [15–16] các ưu điểm khi xác định lưu lượng bằng phương pháp muối hòa tan như sau: i) muối ăn thông thường giá thành rẻ và rất phổ biến; ii) việc xác định các giá trị EC theo thời gian không phức tạp và không đòi hỏi thiết bị rất chuyên dụng; iii) trọng lượng muối ăn được thả xuống dòng chảy không gây hại cho môi trường và hệ sinh thái. Các kết quả xác định lưu lượng dòng chảy tại Phong Thổ, Mèo Vạc và Hà Quảng thể hiện rõ tính ưu việt của phương pháp hòa tan muối. Cụ thể muối ăn thông thường là mặt hàng rất phổ biến, luôn có sẵn ở các khu vực miền núi biên giới với giá thành rẻ. Thời gian hoàn thành một thí nghiệm không quá 60 phút, trọng lượng muối được thả xuống dòng chảy phần lớn chỉ từ 0,3 kg đến 2 kg (Bảng 1), ngoại trừ một số điểm có lưu lượng dòng chảy lớn cần trọng lượng muối được thả lớn hơn đến 20 kg. Thiết bị đo EC gọn nhẹ, tiến hành đơn giản và việc đo giá trị EC 5 giây/lần được triển khai dễ dàng trên thực địa. Việc tính toán xác định giá trị lưu lượng không phức tạp và có thể thực hiện xác định kết quả ngay trên thực địa bằng máy tính xách tay.

Tuy nhiên, khi áp dụng phương pháp muối hòa tan cần một số lưu ý như dòng chảy không có điểm nước tù hoặc vùng lặn, không có phụ lưu chảy vào dòng chính, dòng chảy tại điểm thả muối có vận tốc lớn và chảy rối, lượng muối thả xuống phải được hòa tan hoàn toàn vào dòng chảy tại điểm đo EC [3, 5, 7, 17]. Bên cạnh đó, thời điểm đo lưu lượng trên dòng chảy cũng lưu ý không có các hoạt động nhân sinh (tắm, giặt giũ) và gia súc, gia cầm làm ảnh hưởng tới kết quả đo đạc.

4. Kết luận

Lưu lượng dòng chảy là thông tin cơ bản cần được đo đạc, xác định trong nghiên cứu và công tác quản lý khai thác, sử dụng và quản lý bền vững tài nguyên nước. Trong các khu vực núi cao khan hiếm nước, lưu lượng dòng chảy là thông tin quan trọng và rất cần thiết trong đề xuất, xác định các giải pháp khai thác và sử dụng, tìm nguồn cấp nước bổ sung phục vụ ăn uống sinh hoạt và phát triển kinh tế - xã hội của khu vực.

Do đặc điểm tự nhiên, dòng chảy mặt tại các khu vực núi cao phía Bắc Việt Nam thường chảy rối, chảy siết, lòng suối nhiều cuội tảng lặn. Cần có phương pháp xác định lưu lượng phù hợp với đặc điểm tự nhiên của dòng chảy, dễ triển khai và đảm bảo tin cậy. Phương pháp muối hòa tan đã được áp dụng thành công xác định lưu lượng dòng chảy tại khu vực vùng núi cao huyện Phong Thổ, Mèo Vạc và Hà Quảng. Đồ thị thu hồi hàm lượng muối hòa tan theo thời gian của các điểm đo lưu lượng đều có 1 đỉnh, cân đối và hoàn chỉnh đã khẳng định việc áp dụng phương pháp thành công với trọng lượng muối phù hợp, điểm đo giá trị EC tại hạ nguồn phù hợp và toàn bộ lượng muối đã được hòa tan hoàn toàn vào dòng chảy. Mặc dù không có thông tin đối sánh kết quả đo lưu lượng của nghiên cứu này với giá trị lưu lượng đo bằng lưu tốc kế hoặc máng nhưng các kết quả đo lặp lại tại một số điểm xác định tiêu biểu tại Phong Thổ, Mèo Vạc và Hà Quảng cho thấy giá trị lưu lượng giữa hai lần đo đều tương đồng và tin cậy.

Như vậy, từ thực tế áp dụng phương pháp muối hòa tan tại các huyện Phong Thổ, Mèo Vạc và Hà Quảng cho thấy đây là phương pháp phù hợp nhất khi xác định các dòng chảy có lưu lượng nhỏ trên các vùng núi cao ($Q < 1.000 \text{ L/s}$) nơi lòng sông hoặc suối có nhiều tầng cuội và tầng lán, sườn dốc và dòng chảy rối không thể sử dụng lưu tốc kế hay các phương pháp đo lưu lượng khác. Phương pháp muối hòa tan, do vậy, cần được áp dụng rộng rãi trong xác định lưu lượng dòng chảy trong các khu vực vùng núi cao của Việt Nam.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu, lựa chọn phương pháp nghiên cứu, triển khai phương pháp ở khu vực Phong Thổ, xử lý số liệu, viết bản thảo bài báo và chỉnh sửa bài báo: V.T.M.N.; Triển khai phương pháp ngoài thực địa, tham gia viết bản thảo bài báo và chỉnh sửa bài báo: Đ.T.A.

Lời cảm ơn: Trân trọng cảm ơn đề tài “Nghiên cứu xác định nguyên nhân khan hiếm và ô nhiễm nước dưới đất tại một số khu vực karst Tây bắc; đề xuất các giải pháp bảo vệ và cung cấp nước phục vụ phát triển kinh tế- xã hội” - mã số TNMT.02.28 và đề tài “Nghiên cứu xác lập bộ tiêu chí lựa chọn và quy trình điều tra các khu vực có khả năng áp dụng công nghệ bơm PAT cho vùng núi cao khan hiếm nước” - mã số ĐTĐL.2021.05 đã hỗ trợ đo đạc và triển khai phương pháp ngoài thực địa.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Herschy, R.W. Streamflow measurement. Second Eds, London: E and F N Spon, 1995, pp. 524.
2. Gunston, H. Field hydrology in tropical countries - A Practical introduction. Intermediate Technology Publications, 1998, pp. 108.
3. Gravelle, R. 3.3. 5. Discharge Estimation: Techniques and Equipment. Geomorphological Techniques, British Society for Geomorphology, 2015.
4. Bjerve, L.; Grøterud, O. Discharge Measurements by a New-Formed Relative Salt-Dilution Method in Small Turbulent Streams. *Hydrol. Res.* **1980**, *11*(3-4), 121–132.
5. Hudson, R.; Frase, J. Introduction to Salt Dilution Gauging for Streamflow Measurement Part IV: the Mass Balance (or Dry Injection) Method. *Streamline Watershed Manage. Bull.* **2005**, *9*(1), 6–12.
6. Gees, A. Flow measurement under difficult measuring conditions: field experience with the salt dilution method. Hydrology in Mountainous Regions. I – Hydrological Measurements the Water Cycle. Proceedings of two Lausanne Symposia. IAHS Pub. **1990**, *193*, 255–262.
7. Sappa, G.I.U.S.E.P.P.E.; Ferranti, F.L.A.V.I.A.; Pecchia, G. Validation of salt dilution method for discharge measurements in the upper valley of aniene river (central italy). Proceeding of the 13th International Conference on Environment, Ecosystem, 2015, pp. 42–48.
8. Benischke, R.; Harum, T. Determination of discharge rates in turbulent streams by salt tracer dilution applying a microcomputer system. Comparison with current meter measurements. Hydrology in Mountainous Regions. I – Hydrological Measurements the Water Cycle. Proceedings of two Lausanne Symposia. IAHS Pub. **1990**, *193*, 215–221.
9. Bộ Tài nguyên và Môi trường. QCVN 47:2022/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về quan trắc thủy văn, 2022.
10. Anh, T.N.; Dũng, L.Đ.; Minh, L.T.; Quang, T.V.; Thái, H. Đánh giá khả năng ứng dụng công nghệ Radar quan trắc lưu lượng nước tự động tại một số các trạm thủy văn hạng I khu vực Tây Bắc và Việt Bắc. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, *729*, 91–101.

11. Khá, Đ.Đ.; Anh, T.N.; Như, N.Y.; Nga, P.T.T.; Nhung, Đ.T.H.; Minh, N.H. Giới thiệu một số phương pháp tính toán lưu lượng dòng chảy cho lưu vực thiếu hoặc không có số liệu quan trắc mặt đất. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 740(1), 62–76.
12. Nguyet, V.T.M.; Goldscheider, N. Tracer tests, hydrochemical and microbiological investigations as a basis for groundwater protection in a remote tropical mountainous karst area. *VN Hydrogeolo. J.* **2006**, 14, 1147–1159.
13. Thủy, D.T.T. Đo lưu lượng mạch nước dưới đất hoặc các dòng suối bằng phương pháp dung dịch hóa học. áp dụng số mạch nước xuất lộ tại thị xã Tam Điệp - Ninh Bình. Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học lần thứ 17. Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội 20/10/2006. Hà Nội, 2006, tr. 201–204.
14. Lân, V.Q. Báo cáo Lập bản đồ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1: 50.000 nhóm tờ Hà Quảng. Liên đoàn Bản đồ Địa chất miền Bắc. Hà Nội, 2011.
15. Day, T.J. On the precision of salt dilution gauging. *J. Hydrol.* **1976**, 31, 293–306.
16. Hongve, D. A revised procedure for discharge measurement by means of the salt dilution method. *Hydrol. Processes.* **1988**, 1, 267–270.
17. Plew, D.R.; Hoyle. Dilution gauging measurements of discharge in vegetated stream channels. *J. Hydrol.* **2017**, 56(1), 31–46.

Application salt dilution method for streamflow measurement in mountain areas of North Vietnam

Vu Thi Minh Nguyet^{1*}, Doan The Anh²

¹ Institute of Geological Sciences, Vietnam Academy of Science and Technology; vtmnguyet@igs.vn.vast.vn

² Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment; theanhdoan79@gmail.com

Abstract: Stream in mountainous areas usually characterized by steep gradient, turbulent flow with many rolling boulders so it is difficult even impossible to use metering techniques to measuring discharge. The salt dilution method based on the mass conservation of the tracer has been successfully applied to determine stream discharges in mountainous areas around the world. The salt dilution method was successfully applied in the mountainous area of the Phong Tho (Lai Chau), Meo Vac (Ha Giang) and Ha Quang (Cao Bang). A known mass of salt was injected to the flow upstream and measured EC at other locations downstream. The flow discharges (Q) of 17 streams were calculated based on the breakthrough curves of EC and calibration factors between diluted salt concentrations and ECs. The obtained results of streamflow measurement by salt dilution method in three areas in the northern of Vietnam show that it is particularly suitable for natural conditions of the mountain stream; it's simplicity of application and don't need specific field equipment. The salt dilution method therefore should be widely applied to determine stream discharge in Vietnam.

Keywords: Salt dilution; Streamflow measurement; Mountainous area of Vietnam.