

ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG TỰ BẢO VỆ CỦA CÁC TẦNG CHỨA NƯỚC KARST Ở VIỆT NAM

PHẠM QUÝ NHÂN¹, VŨ THỊ MINH NGUYỆT², TRẦN THÀNH LÊ¹

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, Phú Diễn, Bắc Từ Liêm, Hà Nội

²Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Chùa Láng, Đống Đa, Hà Nội

Tóm tắt: Khả năng tự bảo vệ của các tầng chứa nước thể hiện mức độ giảm tải hay thanh lọc các chất ô nhiễm của tầng chứa nước. Qua phân tích điều kiện áp dụng, ưu nhược điểm của các phương pháp đánh giá khả năng tự bảo vệ của các tầng chứa nước trên thế giới, đặc trưng của các tầng chứa nước karst cũng như điều kiện cụ thể áp dụng ở Việt Nam, phương pháp hai yếu tố “CO cải tiến” đã được các tác giả lựa chọn. Kết quả ứng dụng của phương pháp vào tầng chứa nước đá carbonat nứt nẻ - karst của hệ tầng Bắc Sơn có tuổi Carbon muộn-Permi sớm (C₂-P₁ bs) vùng thành phố Lạng Sơn, là tầng chứa nước chính được khai thác phục vụ ăn uống, sinh hoạt, đã cho kết quả đáng tin cậy.

I. MỞ ĐẦU

Trên thế giới, địa hình karst chiếm khoảng 12% diện tích Trái đất - khoảng 60 triệu km² [3], Nước dưới đất (NDD) trong tầng chứa nước karst là một trong những tài nguyên quan trọng cho phát triển kinh tế, xã hội. Khoảng 25% dân số trên thế giới đang sử dụng nước được cung cấp từ nước ngầm karst. Do các đặc trưng riêng về địa chất thủy văn, NDD trong các tầng chứa nước karst có khả năng tự bảo vệ thấp và thường dễ bị tổn thương bởi các nguồn ô nhiễm do hoạt động của con người.

Khả năng tự bảo vệ của tầng chứa nước đối với nguồn ô nhiễm được tính toán dựa trên khả năng tự chống lại các tác động của con người, đặc biệt trước các tác nhân ô nhiễm xâm nhập vào môi trường nước dưới đất. Trong khi đó “tính dễ bị tổn thương” của tầng chứa nước được xác định dựa vào hành vi, nguồn gốc của các chất gây ô nhiễm hoặc tác động của con người.

Việc đánh giá và lập bản đồ khả năng tự bảo vệ NDD là công cụ quan trọng nhằm góp phần bảo vệ và quản lý, quy hoạch, khai thác sử dụng nguồn tài nguyên NDD [6].

Trên cơ sở nghiên cứu tổng quan về đặc điểm địa chất thủy văn của tầng chứa nước karst, cơ sở lý thuyết và các phương pháp xác định mức độ dễ bị tổn thương của nước dưới đất trên thế giới, cần đề xuất, phát triển phương pháp xác định khả năng tự bảo vệ nguồn NDD phù hợp với điều kiện thực tế ở Việt Nam. Việc ứng dụng và phát triển có cải biến phương pháp hai yếu tố: yếu tố dòng chảy (C) và yếu tố lớp phủ (O), gọi tắt là phương pháp “CO cải tiến”, ở vùng Tp. Lạng Sơn đã cho những kết quả khá tin cậy.

II. LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP

Hiện nay, có rất nhiều phương pháp khác đánh giá khả năng tự bảo vệ của nước dưới đất tiêu biểu như: DRASTIC, GOD, AVI và SINT ACS [5], Tuy nhiên, các phương pháp này không xét đến đặc trưng đa dạng về nguồn cấp và tính thấm của tầng chứa nước karst, do vậy thường khó áp dụng và cho kết quả thiếu thuyết phục, thậm chí không áp dụng được cho tầng chứa nước karst [1]. Các phương pháp đánh giá khả năng tự bảo vệ của tầng chứa nước karst trên thế giới hiện nay đều xem xét đến đặc điểm và các tính chất riêng biệt của tầng chứa nước này. Có thể phân ra hai nhóm phương pháp như sau:

1) Nhóm phương pháp chỉ áp dụng cho tầng chứa nước karst. Ví dụ như phương pháp EPIK [2], UNESCO;

2) Nhóm phương pháp áp dụng cho các tầng chứa nước, trong đó có hệ công cụ bổ sung cho tầng chứa nước karst. Ví dụ: phương pháp PI, phương pháp COP, phương pháp hai yếu tố (Nguyet và Goldscheider [4]), phương pháp Slovenia...

Trên cơ sở phân tích các phương pháp đánh giá khả năng tự bảo vệ cho tầng chứa nước karst đã nêu trên, đồng thời kết hợp các phương pháp thành lập bản đồ mức độ dễ bị tổn thương của NĐĐ trên thế giới nhằm đề xuất các phương pháp phù hợp cho tầng chứa nước karst ở Việt Nam, các tác giả đã lựa chọn và phát triển có cải biến phương pháp hai yếu tố để áp dụng cho các khu vực karst ở Việt Nam. Phương pháp có cải tiến dùng để đánh giá khả năng tự bảo vệ mức độ dễ bị tổn thương của tầng chứa nước karst ở Việt Nam có những đặc điểm sau:

- Xét đến đặc trưng riêng của tầng chứa nước karst;
- Phương pháp có dữ liệu đầu vào ít và phù hợp với điều kiện ở Việt Nam tại nhiều khu vực lượng thông tin về địa chất, địa chất thủy văn còn hạn chế;
- Phương pháp đơn giản, dễ hiểu và dễ áp dụng.

Phương pháp hai yếu tố được đề xuất bởi Nguyet và Goldscheider [4] trên cơ sở khung khái niệm của phương pháp tiếp cận châu Âu (COST 620). Các yếu tố được rút gọn và các bước thành lập bản đồ cũng được đơn giản hóa. Bản đồ khả năng tự bảo vệ được thành lập dựa trên hai yếu tố: yếu tố dòng chảy C và yếu tố lớp phủ O.

III. CÁC CHỈ TIÊU ĐÁNH GIÁ

Theo mô hình khái niệm nguồn gốc - đường đi - điểm đến của phương pháp tiếp cận châu Âu, các yếu tố gây ảnh hưởng đến thời gian di chuyển của chất gây ô nhiễm từ nguồn gốc đến mục tiêu, cũng như hàm lượng và khoảng thời gian tồn tại chất gây ô nhiễm là các tiêu chí cần được xem xét khi thành lập bản đồ thể hiện tính dễ bị tổn thương. Diện tích trên bề mặt tầng chứa nước được coi là nguồn gốc, tầng nước ngầm là mục tiêu hay còn gọi là điểm đến và đường đi chính là dòng chảy từ bề mặt tới nước ngầm.

Cách xác định yếu tố lớp phủ O:

Yếu tố lớp phủ O được thành lập trên cơ sở các thông tin vô phong hóa, chiều dày lớp phủ (ph), đặc điểm thạch học (theo khả năng thấm) và mức độ nứt nẻ.

1) Xác định giá trị trọng số theo đặc điểm thạch học và mức độ nứt nẻ theo 2 bước:

Bước 1: Xác định và phân loại đặc điểm thạch học (th) theo:

- + Đá carbonat;
- + Cuội kết, trầm tích vụn;
- + Cát kết xốp, tuf, granit bị phong hóa;
- + Đá phiến, sét, đất sét, bột sét.

Bước 2: Xác định mức độ nứt nẻ (nn) theo:

- + Đới epikarst rất phát triển;
- + Đất đá bị nứt nẻ, vỡ vụn, karst hóa mạnh;

- + Mức độ karst hóa, nứt nẻ trung bình;
- + Mức độ karst hóa, nứt nẻ yếu;
- + Đất đá hầu như không bị nứt nẻ, rất ít khe nứt.

Trọng số theo lớp được tính bằng trọng số đặc điểm thạch học nhân với trọng số theo mức độ nứt nẻ (Bảng 1):

Bảng 1. Cách tính các thông số của yếu tố lớp phủ O

Đặc điểm thạch học (th)	Điểm số
Đá Carbonate bị karst hoá mạnh	0,5
Cuội kết	5
Cát kết xốp	10
Cát kết, đá núi lửa, đá biến chất	15
Sét, đất sét, bột sét	20

Mức độ nứt nẻ (nn)	Điểm số
Đới Epikarst phát triển mạnh	0,1
Đất đá nứt nẻ mạnh, karst hoá mạnh	0,3
Mức độ karst, nứt nẻ trung bình	0,5
Mức độ karst, nứt nẻ yếu	0,9
Khe nứt rất ít	5

x

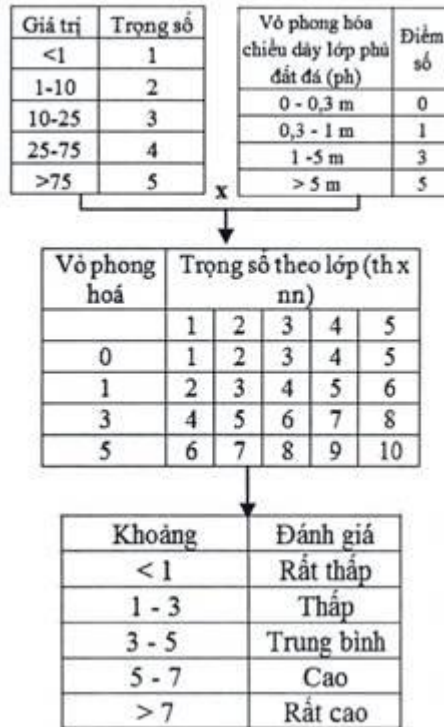
Giá trị	Trọng số
<1	1
1-10	2
10-25	3
25-75	4
>75	5

2) Phân loại chiều dày vỏ phong hóa, lớp phủ (ph) theo 4 lớp:

- Lớp vỏ phong hóa hay lớp đất phủ mỏng từ 0 m đến 0,3 m;
- Lớp vỏ phong hóa hay lớp đất phủ từ 0,3 m đến 1 m;
- Lớp vỏ phong hóa hay lớp đất phủ từ 1 m đến 5 m;
- Lớp vỏ phong hóa dày >5 m.

Bản đồ yếu tố lớp phủ O = ph + trọng số theo lớp (Bảng 2).

Bảng 2. Sơ đồ tính toán yếu tố lớp phủ O



Cách xác định yếu tố dòng chảy C:

Yếu tố dòng chảy C được thành lập trên cơ sở các lớp thông tin về phân đới bề mặt, phân loại dòng chảy, độ dốc và thảm thực vật theo 2 bước:

Bước 1: Thành lập bản đồ phân đới bề mặt lưu vực theo 4 đới:

- Đới 1: bao gồm phần diện tích từ điểm mất nước, dòng chảy mặt tính từ điểm mất nước đến 1 km về phía thượng nguồn của điểm mất nước và 20 m đới vùng đệm dọc theo hai bên bờ của dòng chảy;
- Đới 2: khu vực còn lại trong phạm vi của lưu vực điểm mất nước;
- Đới 3: các khu vực nằm ngoài lưu vực của điểm mất nước nhưng vẫn thuộc khu vực karst;
- Đới 4: khu vực có dòng chảy mặt ngoài hệ thống karst.

Bước 2: Thành lập bản đồ yếu tố C dựa vào phân loại dòng chảy, trọng số của độ dốc và trọng số thảm thực vật (Bảng 3).

3) Phân loại dòng chảy theo 3 loại:

- + Loại A: quá trình thấm và ngấm trực tiếp chiếm ưu thế tại những nơi đất đá có độ thấm cao.
- + Loại B: các tình huống trung gian.
- + Loại C: dòng chảy mặt tại các khu vực đất đá có độ thấm thấp.

Loại A đại diện cho nguồn cấp tại chỗ chiếm ưu thế. Loại C thể hiện cho nguồn cấp từ nơi khác có thể xuất hiện khi nguồn thoát của khu vực đổ chảy về các điểm/đới thấm thấu.

- Xác định trọng số của độ dốc và thảm thực vật.

Bảng 3. Sơ đồ tính toán yếu tố C

Phân loại dòng chảy		Điểm số	Độ dốc bề mặt và thảm thực vật		
Loại A	Thẩm hút trực tiếp tại khu vực có tính thấm cao	0,1	Độ dốc	Rừng	Ruộng lúa/cây bụi
Loại B	Khu vực có tính thấm trung bình	0,5	<6%	1	0,8
Loại C	Dòng chảy mặt tại khu vực có tính thấm thấp	1	6-18%	1	0,7
			>18%	0,8	0,6

X

	Độ dốc, thảm thực vật			
Dòng chảy	0,6	0,7	0,8	1
0,1	0,06	0,07	0,08	0,1
0,5	0,3	0,35	0,4	0,5
1	0,6	0,7	0,8	1

Phương pháp xác định khả năng tự bảo vệ/mức độ dễ bị tổn thương của tầng chứa nước karst ở Việt Nam được đề xuất đã tính đến đặc điểm của tầng chứa nước karst, áp dụng mô hình khái niệm nguồn gốc - đường đi - điểm đến. Cụ thể với phương pháp hai yếu tố (C và O) áp dụng cho các vùng karst có ít số liệu và phát triển phương pháp mới trên cơ sở phương pháp hai yếu tố áp dụng cho các vùng karst được đầu tư nghiên cứu, có số liệu địa chất - địa chất thủy văn phong phú hơn. Đây là phương pháp có yêu cầu đầu vào dữ liệu ít, phù hợp với điều kiện thực tế ở Việt Nam [4].

Bản đồ mức độ tổn thương hay khả năng tự bảo vệ được thành lập bằng chồng ghép hai lớp C và O với các giá trị trọng số và phân loại trong Bảng 4.

Bảng 4. Thang chia điểm đánh giá của phương pháp CO cải tiến

Trọng số (C* O)	Dễ bị tổn thương	Khả năng tự bảo vệ
0-0,5	Rất cao	Rất thấp
0,5-1	Cao	Thấp
1-5	Trung bình	Trung bình
5-15	Thấp	Cao
> 15	Rất thấp	Rất cao

IV. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG TỰ BẢO VỆ NƯỚC DƯỚI ĐẤT VÙNG TP. LẠNG SƠN

Vùng nghiên cứu là Tp. Lạng Sơn với vị trí nằm giữa một lòng chảo lớn, có sông Kỳ Cùng chảy qua. Nó bắt nguồn từ huyện Đình Lập, Lạng Sơn và chảy theo hướng nam-bắc về huyện Quảng Tây, Trung Quốc. Vùng nghiên cứu cách Hà Nội 154 km, cách biên giới Việt-Trung 18 km. Nằm trên trục đường Quốc lộ 1A, đường sắt liên vận quốc tế Việt Nam - Trung Quốc, đường Quốc lộ 1B đi Thái Nguyên, đường Quốc lộ 4B đi Quảng Ninh, đường Quốc lộ 4A đi Cao Bằng. Thành phố nằm trên nền đá cô, có độ cao trung bình 250 m so với mực nước biển, gồm các kiểu địa hình xâm thực bóc mòn, karst và đá vôi, tích tụ. Vùng nghiên cứu có mặt các tầng chứa nước sau:

1. Tầng chứa nước lỗ hổng các thành tạo Holocen

Trầm tích Đệ tứ phân bố rộng rãi trong vùng nghiên cứu gồm các loại: tàn tích, sườn tích, lũ tích và bồi tích ven sông Kỳ Cùng và các suối trong vùng. Các trầm tích eluvi, deluvi và proluvi có thành phần hỗn tạp gồm các mảnh vụn, sét, sét pha, cát pha, có chiều dày thay đổi từ vài chục cm đến trên 10 m. Chiều sâu mực nước thay đổi từ 0-5,2 m và biến đổi theo mùa. Các giếng đào có lưu lượng từ 0,002-0,2 l/s. Kết quả đo nước trong hồ đào cho thấy hệ số thấm K thay đổi từ 0,51 m/ngày đến 3,36 m/ngày. Nước mưa là nguồn cung cấp chính cho tầng chứa nước này.

2. Tầng chứa nước khe nứt thành tạo Neogen

Tầng chứa nước này phân bố ở Đông Bắc vùng nghiên cứu, tạo thành một dải kéo dài theo phương tây bắc - đông nam, dọc thung lũng Na Dao với diện tích khoảng 0,3 km². Thành phần của đất đá chứa nước gồm cuội kết, sạn kết, cát kết, bột kết và sét kết có chứa các thấu kính hoặc các dải than mỏng.

Trong quá trình khảo sát, không phát hiện được các điểm lộ địa chất thủy văn, một số giếng do nhân dân đào vào các lớp bột kết, sạn kết trên cùng có lưu lượng rất nhỏ ($Q = 0,04$ l/s) hoặc không có nước. Căn cứ vào đặc tính chứa nước và thành phần thạch học, có thể coi đây là tầng chứa nước rất kém.

3. Tầng chứa nước khe nứt các thành tạo Trias

Tầng chứa nước khe nứt các thành tạo Trias phân bố rất rộng rãi, vây quanh thung lũng Lạng Sơn và được mở rộng về tất cả các phía. Tham gia vào cấu trúc của tầng chứa nước này gồm các thành tạo đất đá của các hệ tầng: Lạng Sơn, Kỳ Cùng, Sông Hiến, Nà Khuất và Mau Sơn. Thành phần thạch học gồm: phần dưới mặt cắt là các lớp cát kết, bột kết, sét kết phân lớp mỏng đến vừa và các lớp đá vôi màu xám xanh có xen các lớp cát kết mỏng có màu vàng đến phớt hồng; phần giữa là thành tạo phun trào ryolit có màu xanh lục và cát kết, bột kết, sét kết màu tím gan gà; phần trên gồm dăm cuội, sạn, cát kết hạt thô, ryolit màu đỏ, nâu đỏ sặc sỡ.

Nước dưới đất chứa trong tầng này tồn tại trong các khe nứt của đất đá. Trong quá trình đo vẽ địa chất thủy văn, các tác giả đã phát hiện được các điểm lộ nước có lưu lượng biến đổi từ 0,001-0,13 l/s.

4. Tầng chứa nước nứt nẻ các thành tạo carbonat Permi trên - hệ tầng Đồng Đăng

Tầng chứa nước này phân bố thành các dải hẹp, viền quanh trầm tích hệ tầng Bắc Sơn theo phương gần như bắc-nam với diện tích khoảng 3 km². Ngoài ra còn một vài khoảnh nhỏ lộ ra ở phía Nam và phía Tây vùng nghiên cứu. Thành phần đất đá chứa nước gồm: phần dưới cuội kết, cát kết, bột kết; phần giữa chủ yếu là đá vôi màu xám sáng, xám đen, đá vôi silic có cấu tạo dạng khối; phần trên là đá vôi phân lớp mỏng, vôi có chứa nhiều tạp chất sét. Đá vôi của tầng chứa nước này có độ tinh khiết kém và mức độ phát triển karst kém hơn hệ tầng Tam Thanh.

Chiều sâu mực nước tính từ 1,2-5,9 m và biến đổi theo mùa. Lưu lượng nước của các mạch lộ biến đổi từ 0,001-0,5 l/s. Lưu lượng của các lỗ khoan trong tầng này biến đổi từ 0,25 l/s đến 0,8 l/s.

5. Tầng chứa nước khe nứt - karst các thành tạo carbonat Carbon giữa - Permi dưới

Tầng chứa nước phân bố trên diện tích khá lớn, kéo dài theo hướng bắc-nam, với diện tích khoảng 18 km², chiếm 2/5 diện tích vùng nghiên cứu. Thành phần đất đá chứa nước gồm đá

vôi màu xám xanh, xám sáng, phân lớp dày, trong đá phát triển nhiều khe nứt kiến tạo, đứt gãy đã tạo điều kiện cho karst phát triển rộng rãi. Phần lớn tầng chứa nước bị phủ bởi trầm tích Đệ tứ có thành phần là sét, cát, cuội, sỏi, chỉ một phần lộ ra dưới dạng đồi sót như Tam Thanh, Nhị Thanh, Mai Pha, Đông Kinh... chính vì vậy nước dưới đất tầng chứa nước này có áp lực cục bộ. Do đặc điểm về mức độ nứt nẻ, karst hoá không đồng đều nên chiều dày của đới chứa nước bị biến đổi mạnh mẽ. Theo các tài liệu khoan thăm dò, đới nứt nẻ phát triển ở chiều sâu từ 5-65 m, dưới 65 m đất đá ít bị nứt nẻ. Bề dày đới nứt nẻ - karst thay đổi từ 0,8-50 m, bề dày trung bình khoảng 20 m.

Nước dưới đất tồn tại và lưu thông trong các hệ thống khe nứt kiến tạo và hang hốc karst, có mức độ chứa nước phong phú. Trong quá trình đo vẽ địa chất thủy văn, chúng tôi đã phát hiện nhiều điểm lộ nước có lưu lượng biến đổi trong phạm vi rộng từ 0,02-2,93 l/s, đa số mạch lộ có lưu lượng lớn hơn 0,1 l/s (chiếm 66% tổng số mạch lộ). Kết quả bơm nước thí nghiệm các lỗ khoan thăm dò gặp đới nứt nẻ - karst chứa nước cho thấy, lưu lượng thay đổi từ 3,0-20,8 l/s, tỷ lệ lưu lượng biến đổi trong giá trị từ 0,24- 4,0 l/s.m. Chiều sâu mực nước tĩnh biến đổi từ 0,8-10 m.

Kết quả hút nước thí nghiệm từ các lỗ khoan đã xác định được hệ số dẫn nước (Km) từ 20 m²/ng đến 382 m²/ng. Hệ số dẫn nước trung bình của tầng chứa nước Km là 239 m²/ng. Hệ số truyền áp từ 11,103 đến 37,105 m²/ng. Các kết quả này đã chứng minh mức độ không đồng nhất về tính thấm của tầng chứa nước.

Về đặc điểm động thái của nước dưới đất tầng chứa nước đá carbonat nứt nẻ - karst (C₂-P₁ bs) cho thấy giữa nước dưới đất và nước sông Kỳ Cùng có mối quan hệ thủy lực chặt chẽ. Vấn đề này được chứng minh qua kết quả nghiên cứu đồng vị, phân tích biểu đồ quan trắc động thái nước dưới đất và mực nước sông Kỳ Cùng.

Trên cơ sở các số liệu đã được thu thập và khảo sát, tiến hành xác định các yếu tố c và o cho 2 tầng chứa nước C-P₂ đđ và C-P₁ bs, các tầng chứa nước còn lại không tiến hành đánh giá. Kết quả đánh giá các yếu tố C, O và tích hợp chúng được thể hiện trên Hình 1.

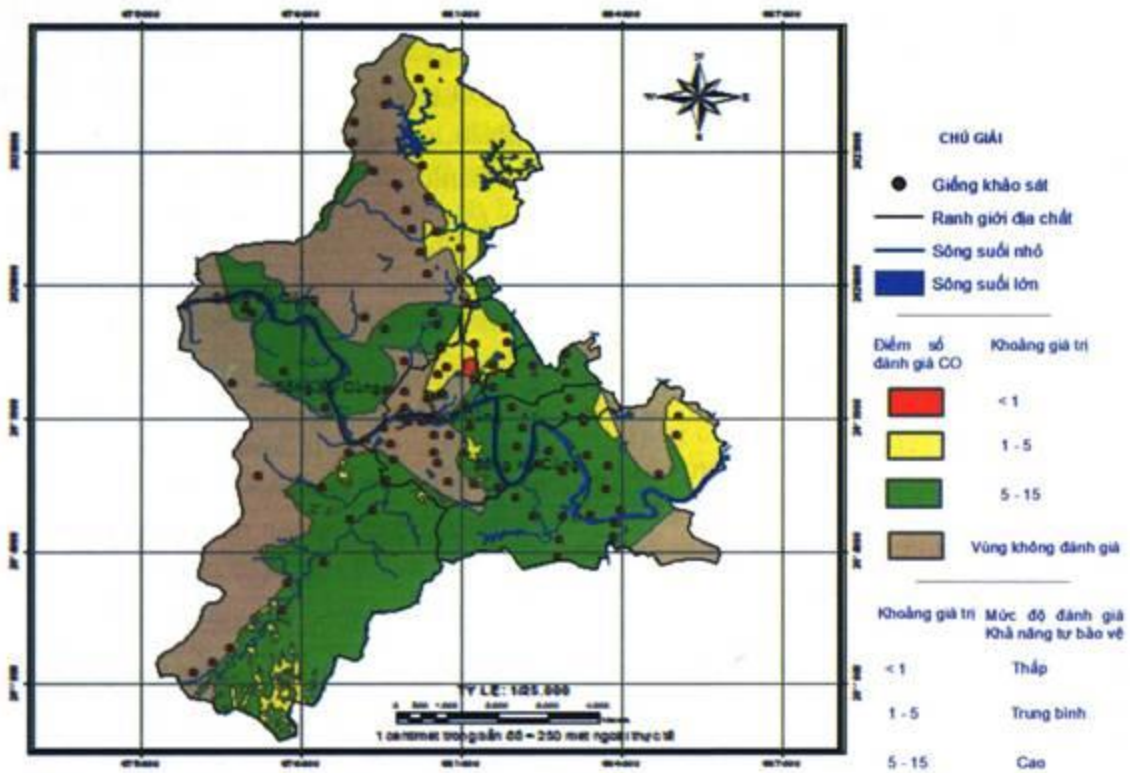
Xác định yếu tố C:

- Xác định yếu tố dòng chảy chiếm ưu thế và phân loại chúng;
- Phân chia bề mặt thành các đới.

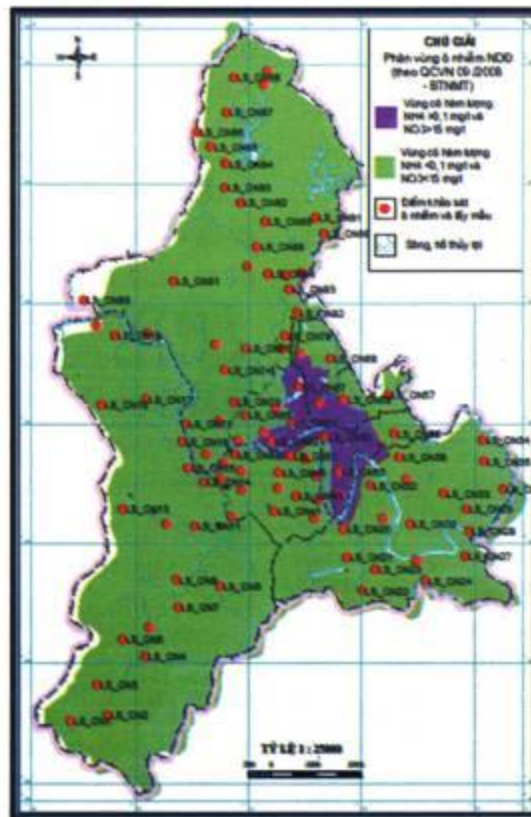
Chồng ghép bản đồ loại dòng chảy chiếm ưu thế và bản đồ phân chia bề mặt lưu vực sẽ có được bản đồ yếu tố C.

Xác định yếu tố O: Khu vực có khả năng bảo vệ thấp được thể hiện tại các nơi mà tầng chứa nước gần như lộ ra trên mặt và chỉ bị phủ bởi một lớp đất mỏng dưới 30 cm. Khu vực có lớp phủ dày với khả năng thấm thấu từ thấp đến trung bình. Khu vực có lớp phủ bảo vệ trung bình được xác định cho các tình huống khác.

Kết quả đánh giá khả năng tự bảo vệ các tầng chứa nước vùng Tp. Lạng Sơn đã phân chia thành 3 vùng: thấp, trung bình và cao. Kết quả này được kiểm chứng theo tài liệu khảo sát hiện trạng ô nhiễm nước dưới đất cho thấy, khu vực trung tâm Tp. Lạng Sơn có biểu hiện ô nhiễm NH₄ và NO₃, trùng với kết quả phân vùng khả năng tự bảo vệ cho thấy vùng ven rìa trung tâm thành phố có mức độ khả năng bảo vệ nước dưới đất trung bình đến kém (Hình 2). Hơn nữa, kết quả phân tích đồng vị cho thấy tầng chứa nước có quan hệ thủy lực chặt chẽ với nước sông Kỳ Cùng và nước mưa nên sự xâm nhập nguồn ô nhiễm nitơ có thể từ ven rìa trung tâm Tp. Lạng Sơn và nước sông Kỳ Cùng.



Hình 1. Sơ đồ đánh giá khả năng tự bảo vệ tầng chứa nước vùng Lạng Sơn bằng phương pháp CO cải tiến.



Hình 2. Sơ đồ khoanh vùng ô nhiễm amoni và nitrat Tp. Lạng Sơn.

V. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Phương pháp xác định khả năng tự bảo vệ của các tầng chứa nước karst ở Việt Nam được đề xuất đã tính đến đặc điểm của tầng chứa nước karst, áp dụng mô hình khái niệm nguồn gốc - đường đi - điểm đến. Cụ thể với phương pháp hai yếu tố gồm yếu tố dòng chảy (C) và yếu tố lớp phủ (O), áp dụng cho các vùng karst có ít số liệu và phát triển có cải biến phương pháp hai yếu tố áp dụng cho các vùng karst được đầu tư nghiên cứu, có số liệu địa chất - địa chất thủy văn phong phú hơn.

Nhằm quản lý, khai thác bền vững các tầng chứa nước karst đặc biệt ở những vùng đang có các công trình khai thác, cần phải tiến hành thành lập các bản đồ khả năng tự bảo vệ của tầng chứa nước tỷ lệ 1:25.000 đến 1:50.000 để từ đó phục vụ quy hoạch sử dụng đất và xây dựng đối phòng hộ vệ sinh.

VĂN LIỆU

- 1. Daly D., Dassargues A., Drew D., Dunne s., Goldscheider N., Neale s., Popescu I. and Zwahlen F., 2002.** Main concepts of the European Approach for (karst) groundwater vulnerability as-sessment and mapping. *Hydrogeology Journal*, 10/2:340-345.
- 2. Doerfliger N., Zwahlen F., 1998.** Practical guide: groundwater vulnerability mapping in karstic regions (EPIK). *Swiss Agency for the Environment Forests and Landscape (SAEFL), Bern, p. 56*
- 3. Ford D.C. and Williams P.W., 1989.** Karst Geomorphology And Hydrology. *ChapmanSHall, 601p.*
- 4. Nguyet and Goldscheider, 2006.** A simplified methodology for mapping groundwater vulnerability and contamination risk, and its first application in a tropical karst area, Vietnam. *J. Hydrology 14:1666-1675.*
- 5. Vias J.M., Andreo B., Perles M.J., Carrasco F., 2002.** Preliminar proposal of a method for vulnerability mapping in carbonate aquifers. *In Carrasco F, Duran JJ and Andreo B (eds) Karst and Environment: 75-83.*
- 6. Vrba J., Zaporozec A. (Eds), 1994.** Guidebook on mapping groundwater vulnerability. *Ini Contrib Hydrogeol 16:131.*