

SỰ HÌNH THÀNH VÀ QUY LUẬT PHÂN BỐ NƯỚC KARST Ở VÙNG ĐÔNG BẮC VIỆT NAM

NGUYỄN VĂN LÂM, HOÀNG VĂN HOAN, Trường Đại học Mỏ - Địa chất
HÀ CHU HẠ LONG, Trường Cao đẳng Công nghiệp Phúc Yên, Vĩnh Phúc

Tóm tắt: Trên cơ sở nghiên cứu cấu trúc địa chất, địa chất thủy văn, địa hình, địa mạo và khí tượng thủy văn; bài báo trình bày các đặc điểm về sự hình thành, quy luật phân bố karst và nước ngầm karst vùng Đông bắc Việt Nam. Đặc điểm và điều kiện hình thành karst vùng nghiên cứu gồm các điều kiện chính như: sự có mặt đá hòa tan, khe nứt, nước và sự vận động của nước; kết hợp với các điều kiện khí hậu thuận lợi cho quá trình hình thành và phát triển karst. Qua các đặc điểm tàng trữ, vận động, động thái, thành phần hóa học nước trong các thành tạo cacbonat và trên cơ sở kết quả nghiên cứu đặc điểm địa hình địa mạo, cấu trúc địa chất, các tác giả đã phân chia nước ngầm karst vùng Đông bắc thành 6 vùng. Nước ngầm karst vùng Đông bắc Việt Nam có trữ lượng khai thác tiềm năng tương đối lớn (khoảng 10.271.210 m³/ngày), nhưng phân bố không đồng đều. Loại hình hóa học của nước ngầm chủ yếu liên quan đến quá trình hòa tan, rửa lũa các đá, nguồn cấp là nước mưa, nước mặt, miền thoát là các mạng xâm thực địa phương.

1. Mở đầu

Các thành tạo cacbonat ở vùng Đông bắc Việt Nam phân bố trên diện tích khoảng 21.052 km² (không kể diện tích các đảo) [4], phổ biến ở Tuyên Quang, Hà Giang, Cao Bằng, Lạng Sơn, Thái Nguyên, Bắc Kạn, Quảng Ninh, có tuổi địa chất từ Cambri đến Cacbon - Pecmi. Trong các thành tạo cacbonat phát triển nhiều khe nứt, hang hốc karst mặt và ngầm lớn. Nó là môi trường chứa nước rất tốt, đặc biệt là đối với vùng khí hậu nhiệt đới Việt Nam. Mặt khác, chất lượng nước ngầm trong các thành tạo cacbonat khá tốt nên đã và đang khai thác sử dụng để phục vụ cho các nhu cầu phát triển kinh tế xã hội khác nhau. Công tác nghiên cứu karst ở Việt Nam bắt đầu vào những năm 30 của thế kỷ XX để phục vụ cho việc khai thác khoáng sản là chủ yếu, nước ngầm trong các thành tạo cacbonat mới được quan tâm từ những năm cuối của thập kỷ 50. Công tác điều tra, đánh giá nước ngầm trong vùng karst được tiến hành dưới nhiều hình thức, với các mục đích khác như: phục vụ ăn uống sinh hoạt, xây dựng các công trình thủy lợi, thủy điện, giao thông...

2. Các điều kiện hình thành, phát triển karst ở vùng Đông bắc

Quá trình hình thành và phát triển karst vùng Đông bắc Việt Nam hội tụ đủ 3 điều kiện: có mặt các đá hòa tan, nước, khe nứt. Ngoài ra, quá trình này còn liên quan rất nhiều đến sự vận động của nước và điều kiện khí hậu của vùng.

2.1. Vị trí vùng nghiên cứu

Vùng nghiên cứu nằm ở phía Đông bắc Việt Nam, phía bắc giáp Trung Quốc, phía đông giáp Biển Đông gồm các tỉnh: Quảng Ninh, Lạng Sơn, Bắc Giang, Thái Nguyên, Bắc Kạn, Cao Bằng, Hà Giang, Tuyên Quang, Phú Thọ, Yên Bái và Lào Cai.

2.2. Các thành tạo cacbonat ở Đông bắc Việt Nam

Sự có mặt của các đá hòa tan là điều kiện rất quan trọng để tạo thành quá trình karst. Ở Đông bắc Việt Nam có nhiều loại các thành tạo carbonat được hình thành vào các thời kỳ địa chất khác nhau khác nhau, có thể kể đến các loại sau đây [4]:

2.2.1. Các thành tạo carbonat tuổi Cambri, Oecđovic - Silua

Có diện phân bố không rộng ở Đông bắc Việt Nam. Các đá này tồn tại trong đới phức nếp lồi sông Hồng, khu vực Hà Giang và Thái Nguyên. Các thành tạo carbonat này đã bị biến chất và có chiều dày không lớn (khoảng từ 200 đến 300m). Các thành tạo carbonat tuổi Cambri cấu tạo phân lớp mỏng hoặc dạng trứng cá, thành phần không đồng nhất. Thành phần hóa học của các đá này như sau: CaO (33,0 ÷ 54,94%), SiO₂ (0,55 ÷ 1,89%). Với đặc điểm nổi bật của các đá cacbonat của hệ tầng này là bị biến chất mạnh, còn lại một lượng rất ít nên không có ý nghĩa lớn trong việc tạo karst.

Các thành tạo carbonat tuổi Ocdovic - Silua rất ít gặp trong vùng, chúng chỉ tạo thành từng đám nhỏ hẹp. Đá có cấu tạo phân lớp hoặc dạng khối, đôi chỗ cấu tạo dạng thấu kính. Các thành tạo carbonat này cũng bị biến chất. Thành phần hóa học của đá: CaO (36 ÷ 53%), SiO₂ (0,16 ÷ 21,64%), Al₂O₃ (0,12 ÷ 1,81%), Fe₂O₃ (~ 0,3%), MgO (0,85 ÷ 1,02%). Loại đá này gặp nhiều ở Tông Bá, Hà Giang. Chính sự phân lớp, xen kẽ trong các trầm tích lục nguyên này, cộng với thành phần cacbonat chiếm lượng không cao như trên nên ít có ý nghĩa trong việc phát triển karst.

2.2.2. Các thành tạo carbonat Đá vôi tuổi Devon

Thành tạo carbonat tuổi Devon phát triển rất rộng rãi ở Đông bắc Việt Nam, như ở phức nếp lồi sông Gâm, phức nếp lồi Hạ Lang, Bắc Cạn. Đá có chiều dày từ 400 ÷ 500m. Đá có cấu tạo phân lớp mỏng, đôi chỗ cấu tạo sọc dải. Thành phần hóa học: CaO (31 ÷ 53,26%), Al₂O₃ (0,24 ÷ 0,5%), Fe₂O₃ (0,11 ÷ 0,8%), MgO (0,67 ÷ 19,56%). Cũng tương tự như các thành tạo carbonat tuổi Cambri, Ocdovic - Silua, hàm lượng cacbonat trong đá không nhiều nên ít có ý nghĩa trong việc phát triển karst.

2.2.3. Các thành tạo carbonat tuổi Cacbon - Pecmi

Thành tạo carbonat tuổi Cacbon - Pecmi phân bố rất rộng rãi ở Đông bắc Việt Nam và tạo thành những khối lớn ở Đồng Văn - Mèo Vạc, Nguyên Bình, Hà Quảng, Bắc Sơn, Hạ Long. Đá có màu xám sáng, cấu tạo khối và khá đồng nhất, đôi chỗ có cấu tạo trứng cá. Đá

có chiều dày lớn từ 1300 ÷ 1500 m. Thành phần hóa học: CaO (52,55 ÷ 55,07%), SiO₂ (0,05 ÷ 0,44%), Al₂O₃ (0,17 ÷ 0,32%), Fe₂O₃ (0,1 ÷ 0,78%), MgO (0,3 ÷ 1,3%). Với thành phần cacbonat cao hơn các thành tạo carbonat các tuổi địa chất khác nên có ý nghĩa lớn trong việc phát triển karst.

2.2.4. Các thành tạo carbonat tuổi Pecmi

Các thành tạo này có diện phân bố hẹp tại khu vực Đồng Văn, Mèo Vạc (Hà Giang), Lạng Sơn, Cao Bằng. Đá có màu xám sáng, cấu tạo khối, đôi chỗ cấu tạo phân lớp. Các đá này chỉ còn lại những khối sót nhỏ nên ý nghĩa đối với quá trình karst không đáng kể.

2.3. Nước

Nước là nhân tố hòa tan quan trọng trong quá trình hình thành karst. Tại những vùng có nhiều nước, quá trình hòa tan xảy ra mạnh mẽ và có tốc độ lớn. Những vùng này thường nằm ở đồng bằng và ven biển như Quảng Ninh. Phần lớn các thành tạo carbonat trong khu vực này bị ngập nước thường xuyên hoặc ngập nước định kỳ, nên các hang động ngầm, sông ngầm rất phát triển. Những vùng có ít nước, mực nước ngầm nằm dưới sâu, quá trình hòa tan xảy ra chậm hơn. Đây là khu vực Đồng Văn, Mèo Vạc (Hà Giang). Tại đây, quan sát được ít hang động vì nước ngầm rất ít. Sau cơn mưa nước thường rút hết xuống sâu theo các khe nứt và đứt gãy, sau đó dịch chuyển ngang ra sông hoặc suối. Các sông, suối ngầm trong khu vực này cũng ít nước và mực nước nằm ở độ sâu lớn khoảng 200 ÷ 500 m. Tại khu vực Lạng Sơn, Thái Nguyên mực nước ngầm nằm gần bề mặt hơn so với Hà Giang. Quá trình hòa tan tại đây cũng xảy ra tương đối mạnh, tạo thành nhiều hang động ngầm có chứa nước ở vùng Bắc Sơn, Bình Gia (Lạng Sơn), vùng Võ Nhai, Định Hóa (Thái Nguyên).

2.4. Khe nứt, đứt gãy

Các khe nứt và đứt gãy là đường dẫn nước vào trong đá nên quá trình karst phát triển mạnh dọc các đứt gãy và khe nứt kiến tạo. Tuổi của đứt gãy đóng vai trò tương đối lớn đối với quá trình hòa tan. Trong vùng Đông bắc Việt Nam hệ thống đứt gãy TB - ĐN là những đứt gãy cổ nhất nên các dạng địa hình karst liên quan với hệ thống đứt gãy này cũng là những hang động

cổ. Các hang động này chủ yếu có tuổi Neogen và hiện đã được nâng cao tương đối khoảng 50 ÷ 100m so với bề mặt đồng bằng. Ví dụ, tại vịnh Hạ Long, động Thiên Cung và hang Đầu Gỗ hiện nằm trên độ cao khoảng 60m so với mặt biển. Các hang này hoàn toàn khô cạn và đã ngừng phát triển. Tại vùng Lạng Sơn, nhiều hang động ở Bắc Sơn và Bình Gia nằm trên độ cao lớn cũng là những hang động cổ tương tự. Các hang này hoàn toàn không chứa nước.

Các đứt gãy phương ĐB-TN và á kinh tuyến là những đứt gãy trẻ ở Đông bắc Việt Nam. Các đứt gãy này đã được chứng minh là có biểu hiện hoạt động hiện đại (Holocen) [4, 7]. Các hang động liên quan với 2 hệ thống đứt gãy này là những hang trẻ (tuổi Đệ tứ) và có độ cao tương đối nhỏ. Tại vùng Quảng Ninh các hang động này thấp, còn bị ngập nước. Tại vùng Đồng Văn, Mèo Vạc hang động trẻ không nhiều vì ít nước nên quá trình hòa tan kém. Các hang liên quan với 2 hệ thống đứt gãy này đều là những hang thấp, không chứa nước vì các khe nứt có độ mở lớn làm nước rút xuống sâu vào lòng đất.

Như vậy, có thể nhận định, đặc điểm phân bố của karst theo phương nằm ngang là do đặc điểm phân bố và tuổi đứt gãy quyết định. Dọc các đứt gãy theo hướng TB-ĐN phần lớn là các hang cổ, có độ cao lớn và không chứa nước. Dọc các đứt gãy, khe nứt ĐB-TN và á kinh tuyến phần lớn là các hang trẻ, có độ cao tương đối nhỏ và trong nhiều trường hợp có chứa nước. Những điều này thấy rất rõ và điển hình tại vùng Bắc Sơn, Bình Gia (Lạng Sơn), Võ Nhai (Thái Nguyên). Riêng tại vùng Mèo Vạc các hang trẻ này không chứa nước vì đứt gãy trẻ dẫn nước theo khe nứt xuống độ sâu lớn 200 ÷ 500 m.

2.5. Điều kiện khí hậu

Khí hậu là điều kiện thúc đẩy tốc độ quá trình phát triển karst. Việt Nam nằm ở vùng nhiệt đới gió mùa nên quá trình karst xảy ra tương đối mạnh và nhanh. Các yếu tố quan trọng là lượng mưa và nhiệt độ trung bình năm thúc đẩy quá trình hòa tan, làm tốc độ phát triển karst xảy ra khá nhanh trên toàn vùng Đông bắc.

3. Đặc điểm nước ngầm vùng karst Đông bắc

3.1. Đặc điểm tầng trữ nước

Nước karst phân bố rộng rãi ở Đông bắc, chúng không tạo thành hệ thống thủy động lực thống nhất trong toàn khối cacbonat mà chỉ tầng trữ, vận động trong các khe nứt, hang hốc, lỗ hổng tạo nên các dải, các đới chứa nước khe nứt riêng biệt [8]. Các kết quả thống kê và khảo sát cho thấy:

- *Nước karst có chiều sâu tầng trữ rất khác nhau và có quan hệ chặt chẽ với độ cao, mức độ phân cắt của địa hình karst:* trên các kiểu địa hình cao nguyên karst chiều sâu mực nước ngầm trong các thành tạo cacbonat tại các lỗ khoan (lỗ khoan) thường khá lớn, đạt 30 ÷ 60m, như ở cao nguyên Sơn La, Đồng Văn - Mèo Vạc... Chiều sâu gặp đới chứa nước cũng khá lớn, có thể từ 80m đến trên 100m. Ngược lại ở các thung lũng hoặc các cánh đồng karst ngoại vi chiều sâu mực nước nhỏ, chỉ vài ba mét, đôi khi còn gặp nước tự trào ra khỏi miệng lỗ khoan, như các lỗ khoan ở khu vực Mạo Khê, Trảng Bạch tỉnh Quảng Ninh; La Hiên, Đồng Bầm tỉnh Thái Nguyên... Các số liệu thống kê cũng cho thấy, nhìn chung từ Tây bắc xuống Đông nam chiều sâu gặp đới chứa nước, chiều sâu mực nước tĩnh tại các lỗ khoan trong các vùng karst giảm dần, cũng theo hướng này tỷ lệ các lỗ khoan gặp nước, lưu lượng nước của các lỗ khoan tăng lên.

- *Mức độ giàu nước trong các thành tạo cacbonat có quan hệ khá chặt chẽ với tỷ lệ các thành tạo carbonat trong mặt cắt địa chất:* những vùng trong mặt cắt địa chất có tỷ lệ các thành tạo carbonat càng lớn thì mức độ giàu nước càng cao. Trong các nhóm thành tạo carbonat đã phân chia thì các vùng đá carbonat thuần khiết, như các vùng với sự phổ biến của các đá carbonat tuổi C - P và T₂ có mức độ chứa nước tốt hơn những vùng mà có các thành tạo carbonat nằm xen kẽ trong các đá khác. Nhiều mạch nước chảy ra từ các hang karst của các đá cacbonat tuổi C - P có lưu lượng đến hàng nghìn l/s như hang nước Mỏ Gà, Mất Ròng tỉnh Thái Nguyên; dòng chảy suối Lê Nin từ hang Pácpo, tỉnh Cao Bằng...

Nhận định này cũng được minh chứng tại Thái Nguyên đã nghiên cứu 29 lỗ khoan trong

đá cacbonat tuổi C - P, trong đó chỉ có 2 lỗ khoan nghèo nước còn tới 21 lỗ khoan giàu và rất giàu nước, một số lỗ khoan có tỷ lưu lượng đạt trên 10l/s.m; Tại Quảng Ninh cũng đã thí nghiệm địa chất thủy văn (ĐCTV) trong 19 lỗ khoan, kết quả cho thấy 2 lỗ khoan có lưu lượng (Q) < 1l/s, 7 lỗ khoan có Q = 1 ÷ 5l/s, 5 lỗ khoan có Q = 5 ÷ 10l/s và có 3 lỗ khoan có lưu lượng trên 10l/s, trong đó có một lỗ khoan có lưu lượng trên 20l/s; Trong các thành tạo carbonat - lục nguyên mức độ chứa nước kém hơn. Kết quả thống kê 30 lỗ khoan thí nghiệm hút nước cho thấy có 40% số lỗ khoan có lưu lượng xếp vào thang nghèo và rất nghèo nước, 30% số lỗ khoan xếp vào thang giàu và 30% số lỗ khoan xếp vào thang rất giàu nước [4].

Trong các thành tạo carbonat xen kẽ trong đá biến chất cũng có mức độ chứa nước kém hơn. Kết quả thống kê 28 lỗ khoan thí nghiệm trong thành tạo carbonat loại này cho thấy: có 33,3% số lỗ khoan có lưu lượng xếp vào thang nghèo và rất nghèo nước, 38% số lỗ khoan có lưu lượng xếp vào thang rất giàu, 16% số lỗ khoan giàu nước và 11% số lỗ khoan có lưu lượng thang chứa nước trung bình.

- *Nước ngầm karst không tạo nên một hệ thống thủy động lực thống nhất và liên tục:* trong toàn bộ khối đá cacbonat mà tạo nên các dải, các tầng chứa nước khe nứt karst riêng biệt (điều này được minh chứng qua việc xác định tỷ lệ khoan thành công tìm thấy nước ngầm ở vùng karst, tỷ lệ thành công chỉ đạt 1/5 ÷ 1/3 của nhiều dự án tìm kiếm thăm dò từ trước tới nay). Mức độ chứa nước trong cùng một loại hình thành tạo carbonat cũng rất không đồng đều. Các lỗ khoan giàu và rất giàu nước thường chiếm tỷ lệ rất cao, tỷ lệ các lỗ khoan có lưu lượng xếp vào các thang nghèo và rất nghèo nước cũng cao. Trong khi đó tỷ lệ các lỗ khoan có lưu lượng xếp vào thang chứa nước trung bình rất thấp, nhiều vùng tỷ lệ này bằng không.

- *Mức độ chứa nước dọc theo các đới phá hủy kiến tạo (đứt gãy kiến tạo), các đới tiếp xúc giữa đá carbonat với các đá khác, các mạng xâm thực, các phần địa hình thấp thường phong phú hơn:* các kết quả khảo sát, khoan tìm kiếm, thăm dò nước tại các khu vực khác nhau đã chứng minh và cho thấy rõ, ví dụ như kết quả khảo sát

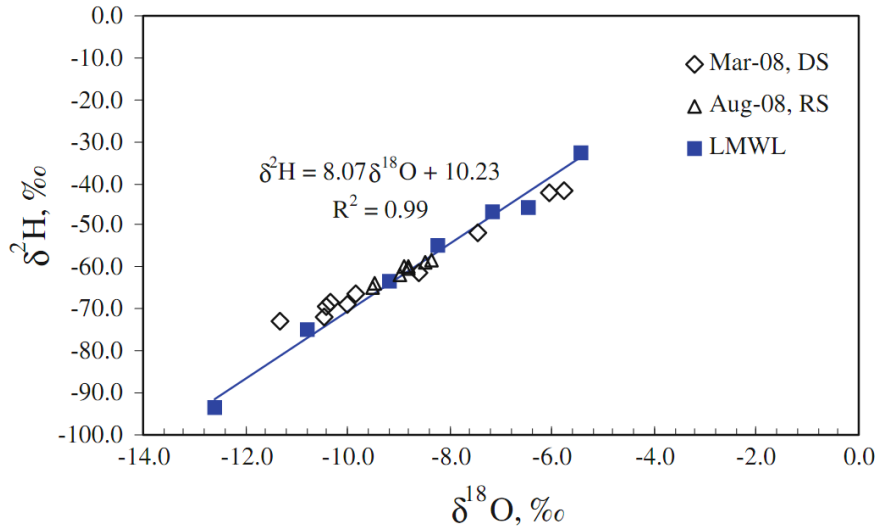
của đoàn ĐCTV 47 ở vùng Đình Rịa (Ninh Bình) cho thấy, có tới 70% số các điểm lộ nước có lưu lượng Q > 10l/s phát hiện trong đá carbonat phát triển karst phân bố dọc theo đứt gãy kiến tạo. Càng xa đới hủy hoại của đứt gãy kiến tạo thì số lượng các điểm lộ và lưu lượng các điểm lộ đều giảm đi rõ rệt. Tương tự ở vùng Tam Điệp tỷ lưu lượng các lỗ khoan dọc theo đới hủy hoại kiến tạo lớn hơn 2l/sm. Còn tại vùng Mạo Khê -Tràng Bạch cho thấy các lỗ khoan trong các đới hủy hoại kiến tạo đến độ sâu 138 ÷ 168m vẫn còn gặp khe nứt hang hốc karst...

3.2. Đặc điểm nguồn cung cấp, vận động, động thái và thoát của nước ngầm vùng karst Đông bắc Việt Nam

* *Nguồn cung cấp cho nước ngầm vùng karst chủ yếu là nước mưa:* Điều này được minh chứng ngoài việc thông qua kết quả quan trắc động thái một số mạch nước karst Sự cung cấp trực tiếp của nước mưa cho nước karst được quan sát rất rõ ở các nguồn lộ nước chảy ra từ các hang động karst. Ví dụ, tại hang Mỏ Gà (Thái Nguyên) chỉ sau một vài trận mưa bình thường, lưu lượng nguồn lộ đã tăng lên 10 lần, từ 700 ÷ 800l/s lên 7.000l/s. Suối Lê Nin (Cao Bằng), nước chảy từ hang Pắc Bó ra sau vài trận mưa lưu lượng cũng tăng lên từ 400 ÷ 500l/s lên 4.000 ÷ 5.000l/s; Mỏ nước Bó Ngoặm (Tuyên Quang) lưu lượng cũng tăng lên gần 10 lần sau các trận mưa; hoặc tại cầu Bò Đái (Lạng Sơn), vào mùa khô hầu như không có dòng chảy, nhưng khi mưa xuống, nước phun lên đến vài trăm l/s.

Trên cơ sở các kết quả phân tích thành phần đồng vị bền Deuteri (^2H) và Oxy 18 (^{18}O) của các mẫu nước lấy từ các lỗ khoan (nứt nứt karst), các suối chảy ra từ núi đá vôi (nước mặt) vùng Đông bắc và nước mưa 2008. Từ các kết quả nghiên cứu đồng vị có thể khẳng định rằng:

- Nước ngầm vùng karst Đông bắc Việt Nam có nguồn gốc từ nước mưa khu vực. Thành phần đồng vị Deuteri và Oxy 18 của nước ngầm khu vực nghiên cứu có mối quan hệ $\delta^2\text{H} = 6,03 \delta^{18}\text{O} - 7,14$ và của nước khí tượng địa phương có dạng $\delta^2\text{H} = 8,07 \delta^{18}\text{O} + 10,23$ (hình 1).



Hình 1. Kết quả phân tích thành phần đồng vị bền của nước ngầm, nước mặt và nước mưa vùng Đông bắc; Mar-08, DS: kết quả mẫu lấy vào mùa khô; Aug-08, RS: kết quả mẫu lấy vào mùa mưa; LMWL: thành phần đồng vị bền của nước khí tượng địa phương [1]

- Thành phần đồng vị phóng xạ Triti trong hầu hết các mẫu nước của khu vực nghiên cứu dao động trong khoảng từ 3 đến 4 TU, đặc trưng cho nước có tuổi “hiện đại” ở Việt Nam chứng tỏ thời gian từ bổ cấp đến xuất lộ của nước ngầm nghiên cứu là ngắn [1].

- Nước vùng karst Đông bắc Việt Nam có thể phân thành ba loại trên cơ sở giá trị thành phần đồng vị Cacbon 13. Đó là nước trong khu vực sinh thái có thảm thực vật dày làm tăng thành phần các hợp chất Cacbon vô cơ (DIC) và thành phần đồng vị Cacbon 13 của DIC nghèo nhất. Đó là nước khu vực không có hoặc thảm thực vật nghèo nàn làm cho thành phần DIC nguồn gốc hữu cơ trong nước không cao và ^{13}C dao động trong khoảng từ -10,5 đến -9,4‰. Đó là nước mặt của các sông - suối hoặc hồ, giàu thành phần đồng vị Cacbon 13.

- Thành phần đồng vị Cacbon 13 trong DIC có thể sử dụng như một chỉ thị để đánh giá mức độ dễ tổn thương nguồn nước vùng karst do các hoạt động nhân sinh.

** Đặc điểm động thái*

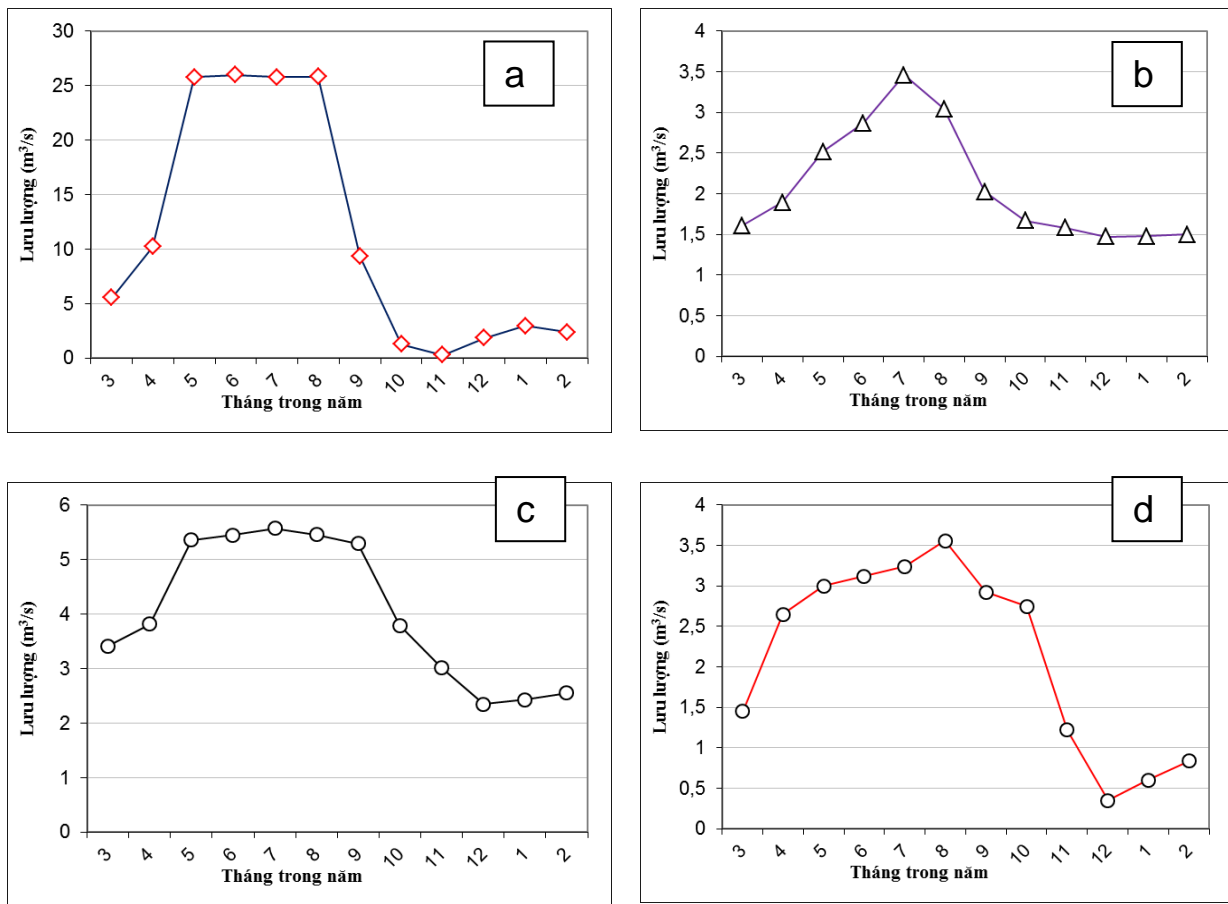
Các kết quả khảo sát thực địa cho thấy, động thái nước karst biến đổi rất mạnh và có mối quan hệ chặt chẽ với các yếu tố khí tượng. Cụ thể như, sau những trận mưa vừa và lớn, lưu lượng các nguồn lộ nước karst tăng lên rất nhiều, có thể đến 10 lần hoặc lớn hơn như các nguồn lộ : Mỏ Gà, Pó Ngoặm, Cầu Bò Đái.

Cũng tương tự vậy, tại điểm quan trắc điểm lộ 42 của đoàn ĐCTV 47 trong đá vôi T_{2adg} ở Ninh Bình, từ ngày 22/04/1976 đến 27/08/1976 mạch hoàn toàn khô cạn, nhưng sau khi xuất hiện vài trận mưa, lưu lượng mạch nước đo được 144 l/s. Đặc điểm động thái các mạch lộ được thể hiện ở hình 3.

** Nước ngầm karst vận động theo các phương khác nhau*

Quy luật vận động của nước karst phụ thuộc vào địa hình, mạng xâm thực địa phương. Tùy từng khu vực quy luật vận động có thể được phân làm 3 hoặc 4 đới khác nhau: Đới thứ nhất, đới vận động thẳng đứng; Đới thứ hai, thường được gọi là đới mực nước biến động theo mùa hay đới Epi karst; Đới vận động thứ ba, đới vận động nằm ngang địa phương và Đới vận động thứ tư, đới tuần hoàn sâu. Nhìn chung, hướng vận động của dòng chảy ngầm có xu hướng về các mạng xâm thực địa phương.

Trong các điều kiện cung cấp của nước ngầm nói chung, nước ngầm karst nói riêng thì yếu tố khí hậu, trong đó yếu tố mưa mang tính chất quyết định. Có thể coi mưa là yếu tố quyết định đến vận động và động thái của nước karst vùng Đông bắc Việt Nam hay có thể nói quy luật đầu tiên sự vận động của nước ngầm karst Đông bắc Việt Nam là sự vận động của nước ngầm karst gắn chặt với yếu tố khí hậu, thậm chí là thời tiết của từng vùng.



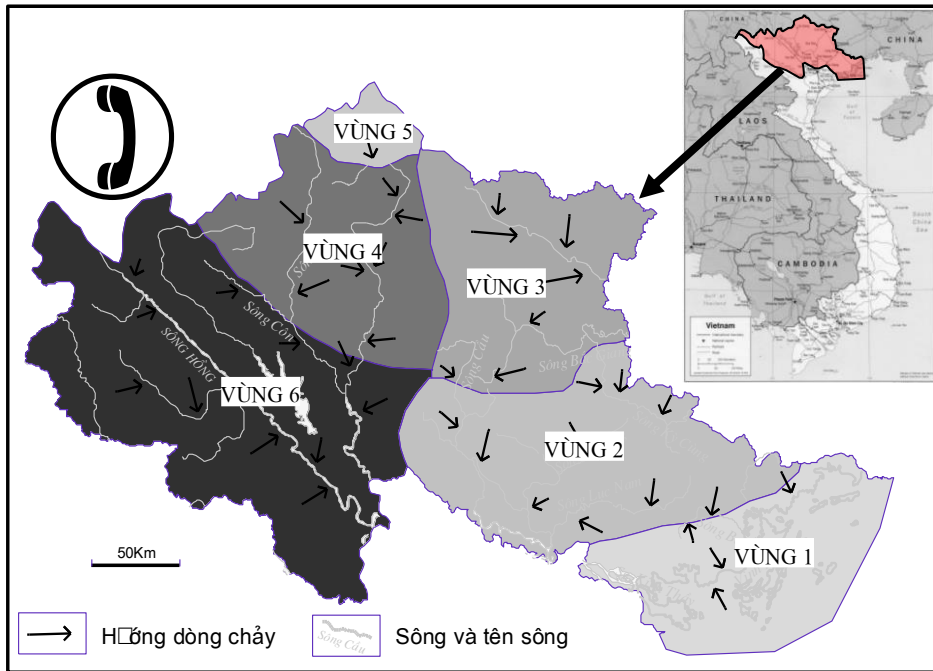
Hình 2. Kết quả quan trắc lưu lượng một số mạch lộ trong vùng nghiên cứu năm 2009; a) trạm Mèo Vạc, Hà Giang; b) trạm Ngườm Ngao, Cao Bằng; c) trạm Pắc Pó, Cao Bằng; d) trạm Bó Ngõm, Tuyên Quang

Quy luật vận động thứ hai là miền thoát của nước karst Đông bắc Việt Nam là mạng xâm thực của các địa phương và cuối cùng là Vịnh Bắc Bộ. Các kết quả khảo sát đã cho thấy: đối với các khối karst vùng Quảng Ninh thì nước trong các khối này thoát ra các sông Bạch Đằng, Đá Bạc và vịnh Hạ Long; đối với các khối karst thuộc Lạng Sơn ở phần Bắc thì sông Kỳ Cùng chính là nơi thoát chủ yếu, còn phần Nam nước thoát chủ yếu vào sông Thương; nước karst vùng Cao Bằng chủ yếu thoát ra sông Bằng Giang, cũng như nước karst của khối đá vôi Bắc Sơn, nước karst chảy ra từ chân các núi rồi tạo thành các dòng suối và đổ vào sông Bằng Giang; nước từ các khối karst thuộc cao nguyên Đồng Văn - Mèo Vạc thoát chủ yếu ra sông Nho Quế và thoát theo các hang động (các sông suối ngầm); nước từ cao nguyên Yên

Minh - Quản Bạ chủ yếu thoát ra sông Miện; nước karst trên cao nguyên Mường Khương - Bắc Hà - Simacai chủ yếu thoát ra sông Chảy; nước karst khu vực Tuyên Quang - Bắc Kạn chủ yếu thoát ra sông Lô và sông Gâm phương thức thoát giống với khối karst Bắc Sơn.

Như vậy, quy luật thứ hai trong vận động của nước karst vùng Đông bắc là nước thoát ra chủ yếu vào các dòng sông lớn của vùng. Phương thức thoát ra theo các phương thức khác nhau có liên quan với đặc điểm địa chất (xem hình 3).

Sự vận động của nước trong các khối đá karst hóa còn phụ thuộc chặt chẽ với các yếu tố địa chất: Thành phần thạch học, địa tầng, hoạt động kiến tạo, cấu trúc địa chất cũng như lịch sử phát triển địa chất của vùng.



Hình 3. Sơ đồ phân vùng và hướng vận động của nước karst vùng Đông bắc Việt Nam (theo đề tài KC08-19/06-10)

- Tại Đông bắc Việt Nam các thành tạo cacbonat gặp hầu hết trong các địa tầng. Tuy nhiên, tập trung hơn cả là địa tầng Carbon - Permi. Đá vôi Carbon - Permi tương đối thuần khiết, thành phần cacbonat canxi chiếm chủ yếu. Vì vậy, khi đá bị phá vỡ do các hoạt động thăng trầm và uốn nếp cũng như các tác động khác dẫn đến thành tạo các đới dập vỡ thuận tiện cho nước vận động theo các khe nứt. Do đó, thường tạo nên các kiểu địa hình karst điển hình, trong đó có nhiều hang động lớn đôi khi có độ dài hàng nghìn mét cao từ 30 đến 50m, rộng từ 30 đến 40m (động Tam Thanh, Nhị Thanh, Ngườm Ngao) nhiều hang động có nước chảy quanh năm (Ngườm Ngao, Mỏ Gà) một số chim sâu tạo thành các dòng suối, sông ngầm như ở Đồng Văn, Yên Minh...).

Các thành tạo cacbonat còn gặp phổ biến trong địa tầng Devon và Cambri. Tuy nhiên, trong các địa tầng này thì cacbonat chỉ là các tập xen kẹp với đất đá trầm tích khác như cát kết, bột kết, sét kết hoặc phiến sét. Đá vôi kém thuần khiết hơn và thường phân lớp mỏng hơn so với các đá vôi Cacbon-Permi. Các hoạt động kiến tạo, tạo nên các đứt gãy, các uốn nếp không chỉ phá vỡ, hủy hoại đá vôi mà phá vỡ tất cả các đá trong tầng tạo các kênh dẫn nước

không chỉ trong đá vôi mà tất cả các đất đá. Vì vậy, các hoạt động phá hủy của nước diễn ra kém hơn, đã không tạo nên các hình thái karst điển hình và cũng không tạo nên các hang động, các suối, sông ngầm lớn như trong đá vôi Cacbon-Permi.

Cấu trúc địa chất và các hoạt động tân kiến tạo: đã có tác động lớn sự vận động của nước karst vùng Đông bắc. Khối karst Bắc Sơn và khối karst cao nguyên Đồng Văn - Mèo Vạc đều có tuổi Cacbon - Permi cấu tạo khối. Sông, vùng cao nguyên Đồng Văn - Mèo Vạc luôn được nâng lên do các hoạt động tân kiến tạo đã làm cho nước karst bị hút xuống rất sâu. Đối với khối karst Bắc Sơn thì các hang động vào mùa mưa lũ thường tuôn nước ra các cửa hang dưới chân núi rồi tập trung thành các dòng suối chảy trên mặt đổ vào sông Thương hoặc sông Bắc Giang và sông Kỳ Cùng mà không chảy ngầm như ở Đồng Văn - Mèo Vạc...

4. Đặc điểm thủy địa hóa và chất lượng nước ngầm karst vùng Đông bắc

Để nghiên cứu đặc điểm thủy địa hóa, các tác giả đã thu thập, tổng hợp các kết quả phân tích các mẫu nước của nhiều phương án và đề án điều tra đánh giá tài nguyên nước ngầm và một số kết quả điều tra ĐCTV phục vụ công tác

tìm kiếm, thăm dò, khai thác các mỏ khoáng sản đã tiến hành trong mấy chục năm qua do Ngành Địa chất thực hiện. Mặt khác, trong quá trình thực hiện đề tài KC.08-19/06-10, các tác giả đã tiến hành lấy và phân tích trên 250 mẫu nước. Từ các kết quả phân tích thành phần cơ bản của nước, các tác giả đã tiến hành hệ thống hóa các kết quả phân tích thành phần hóa học theo biểu đồ Brotski theo các tập mẫu khác nhau. Kết quả cho thấy: các vùng khác nhau, nước karst có đặc điểm khác nhau. Nhìn chung nước nhạt, độ tổng khoáng hóa $M = 0,25 \div 0,4\text{g/l}$, trừ vùng ven biển Quảng Ninh nước bị nhiễm mặn, $M = 3 \div 18\text{g/l}$. Vùng nước nhạt loại hình hóa học chủ yếu là Bicacbonat, biến đổi trong khoảng 150mg/l đến 265mg/l . Vùng nước mặn loại hình hóa học chủ yếu là Bicacbonat - Clorua hoặc Clorua; độ cứng $3 \div 6\text{mgdl/l}$; $\text{pH} = 6,5 \div 8,0$.

- Tổng khoáng hóa của nước trong các thành tạo cacbonat có tuổi C-P nhìn chung lớn hơn cacbonat có tuổi Devon và lớn hơn cacbonat có tuổi Cambri.

- Trong các thành tạo cacbonat tuổi C-P, tổng khoáng hóa của nước có xu hướng giảm từ vùng nước karst Quảng Ninh đến Bắc Sơn đến vùng nước karst Đông Khê - Trùng Khánh và cuối cùng là vùng nước karst Đông Vãn - Mèo Vạc.

- Trong thành tạo cacbonat tuổi C-P, tổng khoáng hóa của nước trong các mẫu nước lấy từ các mạch lộ và các mỏ nước nhìn chung nhỏ hơn tổng khoáng hóa của nước lấy từ các lỗ khoan. Ngược lại, đối với các thành tạo cacbonat tuổi Devon thì tổng khoáng hóa của nước lấy từ các mạch lộ và các mỏ nước lại lớn hơn.

- Tổng khoáng hóa của nước trong các thành tạo cacbonat biến đổi theo mùa không mạnh. Giữa 2 mùa tổng khoáng hóa của nước có biến đổi nhưng hầu hết chỉ nằm trong phạm vi cùng thang khoáng hóa đã phân chia.

- Nước trong các thành tạo cacbonat có loại hình chủ yếu là nước Bicacbonat.

- Trong các cation thì ion Canxi chiếm vai trò chủ yếu.

- Nước trong các thành tạo cacbonat Đông bắc Việt Nam có nồng độ các ion thứ yếu (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+}) nhìn chung rất nhỏ, nhiều mẫu nước hầu như vắng mặt các ion sắt, amon, nitorit.

- Các nguyên tố vi lượng trong nước các thành tạo cacbonat nói chung có nồng độ rất nhỏ. Mặc dù, nước trong các thành tạo cacbonat có môi trường oxy hóa rất thuận lợi cho sự di chuyển của các ion kim loại như Cu, Pb, Zn...

Từ các đặc điểm thủy địa hóa cho thấy nước trong các thành tạo cacbonat vùng Đông bắc Việt Nam có nguồn gốc rửa lũa, khí hậu, địa hình (độ cao, mức độ phân cắt), thành phần và tính chất của đất đá có vai trò chủ yếu trong sự hình thành thành phần hóa học của nước.

5. Trữ lượng nước ngầm vùng karst

Để đánh giá tiềm năng trữ lượng nước ngầm vùng karst Đông bắc phục vụ quy hoạch khai thác sử dụng nước và phát triển kinh tế của các địa phương. Đề tài đã tiến hành đánh giá trữ lượng nước ngầm vùng karst riêng cho từng tỉnh [4]. Các đại lượng tính toán là trữ lượng tĩnh, trữ lượng động tự nhiên và trữ lượng khai thác tiềm năng.

Bảng 1. Kết quả tính trữ lượng 11 tỉnh vùng karst Đông bắc

TT	Khu vực	Trữ lượng tĩnh		Trữ lượng động tự nhiên		Trữ lượng tiềm năng ($\text{m}^3/\text{ngày}$)
		($\text{m}^3/\text{ngày}$)	(%)	($\text{m}^3/\text{ngày}$)	(%)	
1	Hà Giang	240.205	20,60	925.602	79,40	1.165.807
2	Cao Bằng	260.946	21,52	951.836	78,48	1.212.782
3	Lào Cai	84.002	10,16	743.167	89,84	827.168
4	Yên Bái	150.372	8,94	1.530.861	91,06	1.681.234
5	Phú Thọ	117.258	18,35	521.823	81,65	639.081
6	Tuyên Quang	450.398	16,86	2.221.144	83,14	2.671.542
7	Thái Nguyên	147.164	35,36	269.015	64,64	416.179
8	Bắc Cạn	146.447	16,46	743.488	83,54	889.934
9	Lạng Sơn	139.087	22,05	491.625	77,95	630.713
10	Bắc Giang	6.040	14,17	36.574	85,83	42.614
11	Quảng Ninh	26.096	27,72	68.060	72,28	94.156
Tổng		1.768.016	19,29	8.503.194	80,71	10.271.210

6. Phân vùng nước ngầm vùng karst Đông bắc Việt Nam

Trên cơ sở thống kê các kết quả điều tra, thăm dò, khai thác nước đã tiến hành trên vùng Đông bắc. Các đặc điểm tầng trữ, vận động, động thái, thành phần hóa học nước trong các thành tạo cacbonat và trên cơ sở kết quả nghiên cứu đặc điểm địa hình địa mạo, cấu trúc địa chất, các tác giả phân vùng nước ngầm karst vùng Đông bắc Việt Nam (hình 4), chi tiết cho các vùng như sau [5]:

6.1. Vùng nước karst Quảng Ninh (vùng 1)

Nước karst chủ yếu tồn tại trong các thành tạo carbonat tuổi C-P, có diện phân bố không liên tục, dọc theo các đứt gãy địa phương hình cánh cung kéo dài từ Uông Bí đến Đông Triều. Các dải đá vôi C - P có mức độ phát triển karst rất mạnh. Chiều sâu phát triển karst đạt đến 120m. Thành phần hoá học của nước chủ yếu là Bicacbonat với $M < 0,5g/l$. Ở một số lỗ khoan ven biển gặp nước Clorua - Natri, với $M = 3 \div 18g/l$.

6.2. Vùng nước karst Bắc Sơn (vùng 2)

Vùng này cấu tạo chủ yếu bởi các đá có tuổi Cacbon - Pecmi, Pecmi. Các đá này có cấu tạo khối hoặc phân lớp dày, đá chứa ít tạp chất nên thuận lợi cho quá trình hòa tan. Tại các khu vực này quá trình hòa tan xảy ra mạnh tại các khe nứt và đứt gãy phương TB - ĐN, Đông bắc - TN. Các hang động cổ tại đây đều nằm trên những độ cao khá lớn và khô cạn không có nước. Các hang động trẻ nằm ở gần mặt đáy thung lũng và nhiều hang có chứa nước. Chiều sâu phân bố nước ngầm karst đạt đến 100m. Nước karst trong vùng Bắc Sơn chủ yếu vận động và tồn tại trong khe nứt hang hốc karst của đá vôi tuổi C-P, phân bố rất rộng ở Bắc Sơn, Hữu Lũng, thành phố Lạng Sơn kéo sang La Hiên, Võ Nhai, Thái Nguyên. Nước karst ở khu vực này có tổng khoáng hoá nhỏ, hầu hết các mẫu nước cho $M < 0,5g/l$, loại hình Bicacbonat Canxi. Modul dòng ngầm của các thành tạo C-P đạt $6 \div 9 l/s.km^2$.

6.3. Vùng nước karst Đông Khê - Trùng Khánh (vùng 3)

Đây là khu vực phát triển các đá vôi có tuổi D, C - P, P₂. Các đá vôi này cấu tạo phân lớp và có sự xen lẫn với các lớp silic, sét vôi. Đá vôi

chứa nhiều tạp chất sét nên quá trình hòa tan xảy ra yếu hơn. Nước karst ở vùng Đông Khê - Trùng Khánh vận động, tồn tại trong các khe nứt hang hốc karst của các thành tạo cacbonat có tuổi C-P, P₂, phân bố rộng rãi ở Đông Khê, Trùng Khánh, Hòa An, Hạ Lang,... tỉnh Cao Bằng, thuộc lưu vực sông Bằng. Các tài liệu thăm dò cho thấy, ở vùng Cao Bằng karst phát triển mạnh đến độ sâu 80 m. Ở các độ sâu $40 \div 45$ m nước khá phong phú. Khu vực Hà Quảng, chiều sâu phân bố nước ngầm rất lớn và thuộc dạng khan hiếm nước. Các lỗ khoan cho tỷ lưu lượng $0,1 \div 0,3l/s.m$. Nước nhạt ($M < 0,5l/s$), loại hình chủ yếu là Bicacbonat Canxi. Nước karst ở vùng này chủ yếu được bổ cập từ nước mưa.

6.4. Vùng nước karst Đồng Văn - Mèo Vạc (vùng 4)

Đây là khu vực phân bố chủ yếu của các đá vôi Cacbon - Pecmi, đôi chỗ xen lẫn ít đá vôi Devon, Cambri giữa (ϵ_2). Các đá này có cấu tạo khối, thành phần đồng nhất và chứa ít tạp chất sét, nhiều nơi đã bị hoa hóa phân bố rộng rãi trên địa bàn huyện Mèo Vạc và Đồng Văn, tỉnh Hà Giang và thuộc lưu vực sông Nho Quế. Đây là loại đá rất thuận lợi cho quá trình hòa tan nên tại vùng Đồng Văn, Mèo Vạc tạo thành những địa hình carur kích thước lớn và phân bố trên diện khá rộng. Ở vùng này nước dưới đất nằm khá sâu, các hang hốc không chỉ thu hút nước mưa, mà ngay cả nước mặt cũng bị hút xuống. Nước ngầm karst trong vùng nhìn chung có chất lượng tốt, các mạch nước xuất lộ không nhiều, chủ yếu dọc sông Nho Quế, lưu lượng nhỏ, trừ một số mạch nước ở khu vực Đồng Văn. Do địa hình vùng phân cắt mạnh nên karst phát triển theo phương thẳng đứng rất sâu ($300 \div 450m$), các lỗ khoan khoan sâu đến 160 m chỉ có thể gặp hang không chứa nước hoặc chỉ gặp được nước karst treo.

6.5. Vùng nước karst Yên Minh - Quản Bạ (vùng 5)

Trong vùng này phát triển các đá vôi tuổi Devon. Trong các đá này có các lớp kẹp silic. Nước karst ở đây chủ yếu chứa và vận động trong các thành tạo cacbonat có tuổi Devon (D₁ hệ tầng Bản Thẳng, D₁₋₂ hệ tầng Khao Lộc). Nước karst phân bố trong các đới nứt nẻ, hang

karst ở độ sâu 40 ÷ 80m, mực nước trong các lỗ khoan tùy thuộc vào điều kiện địa hình và dao động trong khoảng từ 1 đến 7m. Nước có độ khoáng hóa nhỏ (<0,4g/l). Loại hình chủ yếu là Bicacbonat Canxi, chất lượng nước đáp ứng nhu cầu cấp nước cho sinh.

6.6. Vùng nước karst Lào Cai - Phú Thọ (vùng 6)

Vùng nước karst này không phân bố tập trung như các vùng nước karst nêu trên mà chúng nằm rải rác từ Lào Cai (Sa Pa, Cam Đường), Yên Bái (Tú Lệ, Suối Ràng) đến Phú Thọ (Thanh Sơn) và thường bị các trầm tích trẻ hơn phủ lên trên, chỉ bắt gặp trong các lỗ khoan. Các thành tạo cacbonat ở đây chủ yếu là các tập đá vôi hoa hóa có tuổi cổ (PR₂) trong hệ tầng sông Hồng và các hệ tầng khác mức độ phát triển karst kém.

Mức độ chứa nước trong các thành tạo cacbonat trong vùng karst này kém hơn các vùng khác. Lưu lượng các mạch nước không lớn chỉ vài l/s. Hiện đã có nhiều lỗ khoan gặp nước ngầm karst ở độ sâu từ 80 đến 130m. Nước có chất lượng tốt, tổng khoáng hóa của nước từ 0,06g/l đến 0,27g/l. Nước chủ yếu thuộc loại hình Bicacbonat có thể sử dụng phục vụ cấp nước sinh hoạt.

Kết luận

- Các thành tạo cacbonat ở Đông bắc Việt Nam phân bố trên diện tích 21.052 km², phát triển tập trung trong 3 giai đoạn địa chất chính là Paleozoic sớm, Paleozoic giữa và Paleozoic muộn - Mezozoic sớm. Các thành tạo này có đặc điểm phân bố không gian và khối lượng cũng như thành phần khác nhau và được xếp vào các phân vị địa tầng chính: Hệ Cambri, hệ Ocdovic - Silua, hệ Devon, hệ Cacbon - Pecmi, hệ Triat và hệ Kreta.

- Các thành tạo cacbonat có thành phần cacbonat chiếm ưu thế có mức độ chứa nước phong phú hơn đối với các đá cacbonat xen kẹp các thành tạo lục nguyên hoặc các đá khác. Các đá cacbonat tuổi Cacbon - Pecmi phát triển karst mạnh mẽ hơn các đá có tuổi cổ hơn. Dọc các đới phá hủy kiến tạo, các đới tiếp xúc với các đá khác, mạng xâm thực, các phần địa hình thấp thường nước ngầm karst phong phú hơn.

- Mưa là yếu tố quyết định đến sự hình thành, vận động và động thái của nước ngầm vùng karst Đông bắc Việt Nam, hay nói cách khác là quy luật vận động của nước ngầm vùng karst gắn chặt với yếu tố khí hậu, thậm chí là thời tiết của từng vùng. Miền thoát của nước ngầm vùng karst Đông bắc Việt Nam là mạng xâm thực của các địa phương và cuối cùng là Vịnh Bắc Bộ. Chiều sâu phân bố của nước ngầm vùng karst có liên quan chặt chẽ đến mạng xâm thực địa phương và quá trình phát triển karst. Nước ngầm karst vùng Đông bắc Việt Nam được phân thành 6 vùng có các đặc điểm riêng về khả năng tàng trữ, vận động, động thái, thành phần hóa học nước...

- Sự hình thành và vận động của nước ngầm vùng karst có liên quan chặt chẽ với thành phần thạch học, cấu trúc địa chất và các hoạt động kiến tạo. Nước ngầm Karst trong các thành tạo cacbonat diễn ra quá trình hòa tan mạnh mẽ hơn trong các thành tạo xen kẹp các đá khác. Nước ngầm trong các thành tạo cacbonat có tuổi Cacbon - Pecmi có độ tổng khoáng hóa lớn hơn độ tổng khoáng hóa của nước ngầm trong các thành tạo cacbonat tuổi Devon và lớn hơn trong nước ngầm ở các thành tạo cacbonat tuổi Cambri - Ocdovic. Độ tổng khoáng hóa của nước ngầm ở các mạch lộ nhỏ hơn ở các lỗ khoan.

- Nước ngầm vùng karst Đông bắc Việt Nam có nguồn gốc từ nước mưa. Khí hậu, địa hình, tuổi và thành phần thạch học của các đá hòa tan có vai trò chủ yếu trong sự hình thành thành phần hóa học của nước. Trong các thành tạo cacbonat hàm lượng HCO₃⁻ trong nước ngầm có xu hướng giảm dần từ Lào Cai đến Quảng Ninh; hàm lượng SO₄⁻ và Cl⁻ lại có xu hướng tăng dần. Hàm lượng của các nguyên tố vi lượng trong nước ngầm vùng karst nhỏ hơn trong các thành tạo khác.

- Nước ngầm vùng karst Đông bắc Việt Nam có trữ lượng động tự nhiên đóng vai trò chủ yếu, đạt 8.503.194 m³/ngày (chiếm 80,71% trữ lượng khai thác tiềm năng); trữ lượng tĩnh đạt 1.768.016 m³/ngày (chiếm 19,29% trữ lượng khai thác tiềm năng); nhưng phân bố không đều, khu vực tỉnh Tuyên Quang có trữ lượng khai thác tiềm năng lớn nhất, đạt

2.671.542 m³/ngày, khu vực tỉnh Bắc Giang trữ lượng khai thác tiềm năng chỉ đạt 42.614 m³/ngày.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Dang Duc Nhan, Nguyen Van Lam, Ha Chu Ha Long, Dao Dinh Thuan, Dang Anh Minh, Vo Thi Anh, 2011: Hydrological characteristics of karstic groundwater in the northeast Viet Nam as studied by isotopic techniques. *Environmental Earth Sciences Journal*, DOI 10.1007/s12665-011-0943-x.
- [2]. Ezatollah raeisi, 2008: ground-water storage calculation in karst Aquifers with alluvium or no-flow boundaries. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 70, no. 1, p. 62-70.
- [3]. Hạ Văn Hải, 1992: Đặc điểm địa mạo và lịch sử phát triển tân kiến tạo vùng Đông bắc Bộ Việt Nam. Luận án phó tiến sĩ khoa học Địa lý - Địa chất. Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
- [4]. Nguyễn Văn Lâm và nkk, 2011: Nghiên cứu sự hình thành, phân bố và đề xuất hệ phương pháp đánh giá và sử dụng tài nguyên nước ngầm vùng karst Đông bắc Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp

Nhà nước, mã số KC08-19/06-10. Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

[5]. Lam Van Nguyen, Ngoc Kim Nguyen, Hoan Van Hoang, Tuan Quang Tran, Nga Trong Vu, 2012: Characteristics of groundwater in karstic region in northeastern Vietnam. *Environmental Earth Sciences Journal*, DOI 10.1007/s12665-012-1548-8.

[6]. Orndorff, R.C., Weary D.J., Mcdowell,R.C., Harrison R.W., Weems,R.E., 1999: A geologic framework in karst; US Geological Survey contributions to the hydrogeology of the Ozarks of Missouri. *Hydrogeology and Engineering Geology of Sinkholes and Karst*, 57-62.

[7]. Tran Thanh Hai, Dang Van Bat, Ngo Kim Chi, Hoang Dinh Que, Nguyen Minh Quyen, 2011: Structural controls on the occurrence and morphology of karstified assemblages in Northeastern Vietnam: a regional perspective. *Environmental Earth Sciences Journal*, DOI: 10.1007/s12665-011-1057-1.

[8]. Vũ Ngọc Kỳ và nkk, 1985: Nước dưới đất CHXHCN Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học 44-04-01-01, Hà Nội.

ABSTRACT

Formation and distribution of karstic water in northeastern Vietnam
Nguyen Van Lam, Hoan Van Hoan, Hanoi University of Mining and Geology
Ha Chu Ha Long, Phuc Yen Colleege of Industry

Based on the studies of geological structure, hydrogeology, topology, geomorphology and meteorology; this article presents the characteristics of the formation, distribution of karst and karstic water in Northeast Vietnam. Characteristics and formation of karst conditions of the study area consists of the conditions such as the presence soluble rocks, faults, water and the movement of water; combined with climatic conditions favorable for the formation and development of karst. Through these features storage, movement, dynamics, chemical composition of water in carbonate formations and on the basis of research results topographical features geomorphological, geological structure, the authors have divided karstic water in Northeast into 6 regions. Karst groundwater Northeast Vietnam has the potential exploitable reserves are relatively large (approximately 10.271.210 million m³/d), but not evenly distributed. Type of groundwater chemistry is mainly related to the dissolution process, driftwood, karstic water in Northeast is recharged by rain water and surface water. Drainage areas are the network domain local erosions.