

**BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM**

**BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC CÔNG NGHỆ CẤP BỘ
NĂM 2004-2005**

**NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ NHIỄM BẮN
NƯỚC NGẦM HÀ NỘI DO ARSEN VÀ
CÁC KIM LOẠI NẶNG GÂY RA**

(Mã số: BO/04/03-10)

**Cơ quan chủ trì: Viện Công nghệ Xạ Hiếm
Chủ nhiệm đề tài: TS. NCVC. Nguyễn Thị Kim Dung**

HÀ NỘI, THÁNG 9 NĂM 2006

6226

6/12/06

DANH SÁCH
NHỮNG NGƯỜI THAM GIA THỰC HIỆN ĐỀ TÀI

1. Nguyễn Thị Kim Dung	TS, NCVC	Trung tâm Phân tích Viện Công nghệ Xạ Hiểm
2. Chu Văn Vĩnh	TS, NCVC	Trung tâm Phân tích Viện Công nghệ Xạ Hiểm
3. Trần Thị Ngọc Diệp	CN, NCV	Trung tâm Phân tích Viện Công nghệ Xạ Hiểm
4. Phạm Ngọc Khải	CN, NCV	Trung tâm Phân tích Viện Công nghệ Xạ Hiểm
5. Trần Đức Hiên	CN, KSC	Trung tâm Phân tích Viện Công nghệ Xạ Hiểm
6. Lương Anh Dũng	TS, NCV	Trung tâm Phân tích Viện Công nghệ Xạ Hiểm
7. Đỗ Văn Thuận	KTV	Trung tâm Phân tích Viện Công nghệ Xạ Hiểm
8. Huỳnh Văn Trung	PGS TS, NCVCC	Viện Công nghệ Xạ Hiểm

CÁC CƠ QUAN, ĐƠN VỊ PHỐI HỢP THỰC HIỆN ĐỀ TÀI

Công ty Kinh doanh nước sạch Hà Nội (số 44 Đường Yên phụ, Ba Đình, Hà Nội)

MỤC LỤC

	Trang
Mở đầu	1
Phần A-Tổng quan nghiên cứu về Arsen trong môi trường, nước ngầm bị ô nhiễm arsen và kim loại nặng	3
I. Một số đặc tính của nguyên tố arsen	4
II. Tổng quan các nghiên cứu về ô nhiễm arsen trên thế giới	4
II.1 Tình hình điều tra về ô nhiễm arsen trong nước ngầm tại một số nước	4
II.2 Nguồn gốc, sự hình thành nguồn arsen trong môi trường	7
II.2.1 Arsen và một số kim loại nặng tồn tại trong nước tự nhiên	7
II.2.2 Sự phân bố của arsen trong môi trường	9
II.2.3 Các dạng arsen phân bố trong các nguồn nước	11
II.2.4 Những khoáng vật chủ yếu chứa arsen	13
II.3 Môi trường nước dưới đất và sự hình thành nguồn ô nhiễm arsen	17
II.3.1 Sự phân bố nguồn ô nhiễm arsen trong nước ngầm	17
II.3.2 Arsen trong môi trường khử	18
II.3.3 Arsen trong môi trường oxi hoá khô cằn	20
II.3.4 Arsen trong môi trường oxi hoá và khử hỗn hợp	21
II.3.5 Arsen trong các nguồn địa nhiệt	22
II.3.6 Arsen trong khoáng hoá sunphua và các vấn đề liên quan đến khai mỏ	22
II.4 Ảnh hưởng của việc sử dụng nguồn nước bị ô nhiễm arsen đến sức khoẻ và biện pháp loại bỏ arsen khỏi nước	23
III. Tổng quan các nghiên cứu về ô nhiễm arsen ở Việt Nam	25
III.1 Tình hình điều tra về arsen trong nước ngầm	25
III.2 Tình hình nghiên cứu về arsen trong nước ngầm Hà Nội	29
III.3 Tình hình ô nhiễm arsen trong nước ngầm trên phạm vi toàn quốc	32
III.4 Tình hình ô nhiễm arsen trong các nguồn nước ở Hà Nội	32
III.5 Hiện trạng ô nhiễm trong các tầng chứa nước của khu vực Hà Nội	35
IV. Các phương pháp định lượng arsen và các kim loại nặng trong nước ngầm	36
IV.1 Phương pháp phân tích arsen tại hiện trường	36
IV.2 Phương pháp trắc quang	37
IV.3 Phương pháp phân tích dòng chảy	37
IV.4 Phương pháp quang phổ huỳnh quang	38
IV.5 Phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử	38
IV.6 Phương pháp quang phổ ICP-AES	38
IV.7 Phương pháp quang phổ ICP-MS	38
IV.8 Phương pháp Von-Ampe hoà tan	39
IV.9 Phương pháp huỳnh quang tia X (ED-XRF)	39
IV.10 Phương pháp sắc ký ion (IC) và sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC)	39

IV.11	Các phương pháp phân tích hiện đại khác	39
Phần B- Nghiên cứu đánh giá hiện trạng ô nhiễm nước ngầm khu vực Đông-Nam Hà Nội do arsen và kim loại nặng gây ra		40
I.	Phương pháp và địa điểm thu thập mẫu	41
I.1	Phương pháp thu thập mẫu	41
I.2	Địa điểm thu thập mẫu	41
II.	Phân tích định lượng As và các kim loại nặng trong nghiên cứu khảo sát	42
II.1	Thành phần hoá học của nước ngầm bề mặt và nước ngầm	42
II.2	Tiêu chuẩn chất lượng nước ngầm Việt Nam	42
II.3	Giới hạn hàm lượng As của các tiêu chuẩn thế giới cho nước sinh hoạt	43
II.4	Lựa chọn phương pháp phân tích	43
II.5	Phân tích so sánh quốc tế và phân tích kiểm tra	44
III.	Nghiên cứu khảo sát đánh giá mức độ nhiễm bẩn nguồn nước ngầm tại khu vực Đông-Nam Hà Nội	45
III.1	Nghiên cứu khảo sát theo địa lý hành chính	45
III.2	Nghiên cứu phân bố hàm lượng các nguyên tố theo mùa	52
III.3	Nghiên cứu mối tương quan hàm lượng giữa As và một số kim loại	55
III.4	Nghiên cứu tỉ lệ hàm lượng As(III) và AsT trong các mẫu nước ngầm	65
IV.	Kết luận về các nghiên cứu đánh giá và những đề xuất	67
IV.1	Kết luận về các nghiên cứu đánh giá	67
IV.2	Những đề xuất dựa trên kết quả nghiên cứu đánh giá	68
Phần C- Bộ số liệu phân tích “Thành phần nước ngầm” khu vực Đông-Nam Hà Nội		69
I.	Bộ số liệu mùa khô	70
II.	Bộ số liệu mùa mưa	79
Phần D- Bộ quy trình định lượng As và các kim loại nặng trong mẫu nước ngầm		90
Định lượng các nguyên tố trong mẫu nước ngầm bằng phương pháp ICP-MS		91
Định lượng Arsen tổng số và As(III) trong mẫu nước ngầm bằng phương pháp Hydrua hoá - quang phổ Hấp thụ nguyên tử		96
Định lượng các nguyên tố đa lượng trong mẫu nước ngầm bằng phương pháp quang phổ Hấp thụ nguyên tử ngọn lửa		100
Định lượng một số nguyên tố vi lượng trong mẫu nước ngầm bằng phương pháp quang phổ Hấp thụ nguyên tử không ngọn lửa		103
Kết luận chung		106
Tài liệu tham khảo		107
Phần Phụ lục		

ABSTRACT

Study on the assessment of the contamination of groundwater in Hanoi region due to arsenic and several heavy metal-ions was performed for the South-East area of Hanoi city. By means of the quantitative determination of arsenic and other heavy metals contents in the groundwater samples, which were collected from the deeper wells over 60m depth (according to Vietnamese National Standards TCVN-6000-1995) and from those at shallower aquifers, the investigation into the distribution of As and other heavy elements against the administratively geographic place and the seasons was done, and their distribution principles were thus withdrawn preliminarily. According to Vietnamese National Standards on the limit of metal ions presented in drinking water, which was issued in 2003 the conclusions about the contamination of groundwater resources due to As or heavy metal ions were drawn. On the basis of the comparison between the As and heavy metal contents at a certain surveyed well from deeper aquifer and those from surrounding shallower wells at its closed coordinates, the conclusion whether there existed the transportation of contaminants from the ground surface to the deeper aquifers was conducted. The correlation of concentration between arsenic and various metal elements such as Fe, Mn, oxoanion formed elements, and others were performed for each studied area. The proportion of As(III) and total arsenic content for the first time in Vietnam was calculated for whole groundwater samples at dry season and at rainy season. These values covered the range of 0.1-0.8, which were similar to that obtained for the groundwater environment of some regions in the world, such as Bangladesh, West Bengal (India), Northern parts of China, etc.

The review of study on the contamination of groundwater caused by arsenic and other metal ions was given. The series of analytical data on several metal ions concentration, which contained in 120 groundwater samples for all studied areas were reported. A set of analytical procedures for the major and minor element containing in groundwater samples was thus established using the advanced analytical techniques (ICP-MS, ETA-AAS, CV-AAS,...).

TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá mức độ ô nhiễm nước ngầm Hà Nội do arsen và các kim loại nặng gây ra đã được thực hiện tại khu vực Đông-Nam Hà Nội. Thông qua việc nghiên cứu định lượng thành phần Arsen và nhiều kim loại nặng trong các mẫu nước ngầm thu ở độ sâu trên 60 m (TCVN-6000-1995) và các mẫu nước ở các tầng nông hơn, các khảo sát theo địa lý hành chính, theo mùa đã được tiến hành và các quy luật phân bố được bước đầu rút ra. Căn cứ vào tiêu chuẩn Việt Nam năm 2003 về giới hạn các nguyên tố có mặt trong nước sinh hoạt, các kết luận về mức độ nhiễm bẩn nguồn nước ngầm do As hoặc các kim loại nặng được đưa ra. Dựa trên so sánh hàm lượng của Arsen và các nguyên tố kim loại nặng tại các vị trí có tọa độ gần nhau, nhưng khác nhau về độ sâu của giếng khoan, các kết luận sự vận chuyển chất gây nhiễm bẩn môi trường từ mặt đất xuống các tầng chứa nước sâu hơn được đưa ra. Tương quan hàm lượng giữa arsen và các nguyên tố Fe, Mn, các nguyên tố tạo oxo-anion, và nhiều nguyên tố kim loại nặng khác đã được nghiên cứu theo từng địa điểm khảo sát. Tỷ lệ hàm lượng As(III)/AsT của tất cả các mẫu nước dưới đất thu được theo mùa lần đầu tiên được tính toán và kết quả cho thấy tỷ lệ này nằm trong giới hạn 0,1-0,8 tương tự với môi trường nước ngầm của một số nơi trên thế giới như Bangladesh, Tây Bengal, Trung quốc,...

Tổng quan các nghiên cứu về ô nhiễm nguồn nước dưới đất do As và các kim loại nặng gây ra đã được báo cáo; Bộ số liệu phân tích của 120 mẫu nước dưới đất và bộ các quy trình phân tích các nguyên tố đa lượng và vi lượng trong các mẫu nước bằng các phương pháp phân tích hiện đại (ICP-MS, ETA-AAS, CV-AAS,...) cũng đã được xây dựng.

Bảng các từ viết tắt, ký hiệu và thuật ngữ

ICP-AES	<i>Inductive Couple Plasma Atomic Emission Spectrometry, Phương pháp quang phổ plasma phát xạ nguyên tử;</i>
ICP-MS	<i>Inductive Couple Plasma Mass Spectrometry, Phương pháp quang phổ plasma cảm ứng khối phổ;</i>
ED-XRF	<i>Energy Dispersive-X Ray Fluorescence, Phương pháp Huỳnh quang tia X phân giải theo năng lượng;</i>
IC	<i>Ion Chromatography, Phương pháp Sắc ký Ion;</i>
HPLC	<i>High Performent Liquid Chromatography, Phương pháp Sắc ký lỏng hiệu năng cao;</i>
ETA-AAS	<i>Electrothermal Atomization-Atomic Absorption Spectrometry, Phương pháp Quang phổ Hấp thụ Nguyên Tử dùng kỹ thuật nguyên tử hoá không ngọn lửa;</i>
CV-AAS	<i>Cold Vapour-Atomic Absorption Spectrometry, Phương pháp Quang phổ Hấp thụ Nguyên Tử dùng kỹ thuật hoá hơi lạnh;</i>
HG-AAS	<i>Hydride Generation- Atomic Absorption Spectrometry, Phương pháp Quang phổ Hấp thụ Nguyên Tử dùng kỹ thuật hydrua hoá;</i>
WHO	<i>World Health Organization, Tổ chức Y tế Thế giới;</i>
EA-WAG	<i>Das Wasserforschungs-Institut ETH-Bereichs, Viện Khoa học và Công nghệ Nước Liên bang Thụy Sĩ;</i>
GEMS	<i>Global Environmental Monitoring System, Hệ thống quan trắc Môi trường Toàn cầu;</i>
AsT	<i>Arsen tổng số;</i>

MỞ ĐẦU

Nước là nguồn tài nguyên thiên nhiên quan trọng và quý giá của con người, nước góp phần quyết định sự tồn tại của loài người. Nước uống được khai thác từ nhiều nguồn khác nhau, tùy thuộc vào từng vùng miền sẵn có như nước bề mặt (sông, suối, hồ, ao, bể chứa), nước ngầm (các tầng chứa nước), nước mưa. Nước ngầm hiện là nguồn nước uống chủ yếu ở hầu khắp các nơi trên thế giới. Nước ngầm được bảo vệ tốt thì an toàn hơn về mặt chất lượng sinh học so với nước lấy từ các ao hồ hoặc giếng đào hời. Tuy nhiên, nước ngầm lại dễ bị nhiễm bẩn các dạng khác nhau từ các nguồn tự nhiên hay do hoạt động của con người.[1] So với các nguồn nước khác, arsen thường xuất hiện với nồng độ cao chủ yếu trong nước ngầm.

Hiện tượng nước ngầm chứa arsen vượt quá giới hạn cho phép của tổ chức y tế thế giới -WHO (hoặc vượt quá tiêu chuẩn hiện hành của các quốc gia) xuất hiện ở nhiều quốc gia, nhiều vùng đất trên thế giới: Argentina, Australia, Bangladesh, Canada, Chile, Ấn Độ, Đài Loan, Trung Quốc, Hungary, Mexico, Nepal, Peru, Hợp chủng quốc Hoa Kỳ và một số nước ở vùng Đông Nam Á như: Myanmar, Thái Lan, Việt Nam. Tuy nhiên sau quá trình sử dụng hàng thập kỷ các nguồn nước ngầm này, sự phơi nhiễm arsen và ảnh hưởng của nó đến sức khỏe con người mới được biết trong những năm 90 của thế kỷ trước. Theo điều tra của các tổ chức quốc tế và quốc gia, người ta đã thống kê được hàng chục triệu người bị nhiễm độc arsen mạn tính, nhiều người đã phát bệnh nghiêm trọng và chết. Trong số các nước kể trên, những ảnh hưởng bất lợi của arsen trong nước ngầm (được sử dụng làm nước uống) đến sức khỏe con người đã được nghiên cứu và xác nhận khá đầy đủ tại Bangladesh, Trung Quốc, Ấn Độ, và Hoa Kỳ.[1] Do có số người sử dụng nước ngầm nhiều nhất và số người bị nhiễm độc arsen cũng nhiều nhất, hiện tượng ô nhiễm nước ngầm do arsen gây ra ở Bangladesh được coi như một mối hiểm họa đối với con người và vấn đề ô nhiễm arsen trong nước ngầm đã trở thành vấn đề toàn cầu.

Việt Nam cũng là một nước có những nguồn nước ngầm chứa hàm lượng arsen cao. Trong một chục năm trở lại đây, các nhà khoa học nước ta, cùng với sự giúp đỡ của nhiều tổ chức quốc tế đã tiến hành nghiên cứu điều tra, xác định và bước đầu đã chỉ ra được một số khu vực của đồng bằng châu thổ sông Hồng như Hà Nội, Hà Tây, Hà Nam, Vĩnh Phúc,... và một vài khu vực đồng ở bằng sông Mê Kông có những nguồn nước dưới đất có hàm lượng arsen vượt giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn Việt Nam về nước sinh hoạt năm 2003 (0,01 mg As/l). [2]

Với hy vọng đóng góp vào các nghiên cứu chung của nước ta trong vấn đề điều tra khảo sát sự nhiễm bẩn nguồn nước ngầm do arsen và các kim loại nặng có thể gây ra tại khu vực Đông-Nam Hà Nội, chúng tôi đã tiến hành xây dựng đề tài "*Nghiên cứu đánh giá mức độ nhiễm bẩn nước ngầm Hà Nội do Asen và các kim loại nặng gây ra*" với mục tiêu và nội dung nghiên cứu như sau.

Mục tiêu đề tài:

- Chuẩn hoá số liệu phân tích, thu được các kết quả chính xác phục vụ việc đánh giá mức độ ô nhiễm ở một số địa điểm thuộc vùng Đông-Nam Hà Nội;
- Có báo cáo đánh giá về mức độ nhiễm bẩn do As và một số kim loại nặng gây ra tại các địa điểm khảo sát, tìm sự liên hệ với nguồn gốc ô nhiễm và đưa ra đề xuất với các cơ quan quản lý;

Nội dung đề tài:

1. Tổng quan các nghiên cứu đánh giá trước đây về ô nhiễm nước ngầm Hà Nội

- Tập hợp các tài liệu về khảo sát, điều tra nghiên cứu về nhiễm bẩn nước ngầm vùng Hà Nội, thu thập thông tin liên quan đến địa tầng nước ngầm khu vực Hà Nội;
- Viết báo cáo tổng quan về các nghiên cứu đánh giá mức độ nhiễm bẩn của nguồn nước ngầm Hà Nội;
- Trên cơ sở tổng quan tài liệu, tiến hành khảo sát một vài địa điểm có nguy cơ bị ô nhiễm do kim loại nặng gây ra trong nước ngầm (vùng Đông-Nam Hà Nội);

2. Nghiên cứu khảo sát các vùng nước ngầm có khả năng bị ô nhiễm

- Tiến hành khảo sát ảnh hưởng của môi trường tại các địa điểm có nguy cơ bị ô nhiễm cao (trước đây, và hiện nay là khu công nghiệp của Hà Nội: Lương Yên-Mai Động, Văn Điển), lấy các mẫu nước ngầm từ bề mặt tại xung quanh khu vực đang khảo sát;
- Tiến hành lấy mẫu thực địa thông qua các giếng khoan tại các địa điểm đã khai thác nước ngầm (các nhà máy nước Lương Yên, Tương Mai, Pháp Vân, Nam Dư...) ở tầng nước sâu trên 60 m, và các mẫu nước giếng khoan dân sinh xung quanh các nhà máy nước ở tầng nước khoảng 30 m, với tần số lấy mẫu trong năm theo mùa và mật độ giếng khoan theo quy định của TCVN 6000-1995;

3. Áp dụng các phương pháp phân tích hiện đại để định lượng chính xác hàm lượng các nguyên tố trong mẫu nước

- Phân tích bán định lượng toàn bộ các nguyên tố kim loại nặng có mặt trong các mẫu môi trường và các mẫu nước ngầm sau khi thu mẫu tại thực địa bằng các phương pháp phân tích hiện đại như ICP-MS, ETA-AAS,...;
- Phân tích định lượng As và một số kim loại nặng như Pb, Cd, Fe, Mn, Tl,... trong các mẫu nước ngầm bề mặt (tầng nước với độ sâu dưới 20m);
- Phân tích định lượng chính xác hàm lượng As và các độc tố kim loại nặng: Pb, Cd, Fe, Mn, Tl,... trong các mẫu nước ngầm với độ lệch chuẩn $\pm 20\%$;
- Phân tích đối chứng tại một số phòng thí nghiệm hợp chuẩn và kiểm tra độ đúng của số liệu thu được thông qua việc phân tích các mẫu chuẩn;
- Tham gia phân tích các mẫu nước so sánh quốc tế (do Viện Khoa học Công nghệ và Môi trường (EAWAG) Thụy Sĩ chủ trì);

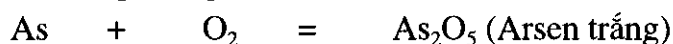
4. Đánh giá mức độ nhiễm bẩn từ kết quả phân tích khảo nghiệm

- Xử lý thống kê kết quả phân tích tại các địa điểm khảo sát nghiên cứu và tổng hợp thành bộ số liệu cần thiết phục vụ công tác đánh giá;
- Đánh giá độ nhiễm bẩn do As và một số kim loại nặng gây ra trong nước ngầm khu vực Đông-Nam Hà Nội thông qua bộ số liệu thu được;
- Tìm hiểu mối liên hệ giữa độ nhiễm bẩn môi trường (thông qua số liệu của tầng nước ngầm từ bề mặt) và nước ngầm tại cùng địa điểm khảo sát;
- Đánh giá tương quan nguồn gốc gây ô nhiễm và đưa ra các đề xuất với các cơ quan quản lý;
- Tổng kết các bước nghiên cứu và báo cáo kết quả nghiên cứu;

PHẦN A -TỔNG QUAN
NGHIÊN CỨU VỀ ARSEN TRONG MÔI TRƯỜNG,
NƯỚC NGẦM BỊ Ô NHIỄM ARSEN VÀ
KIM LOẠI NẶNG

I. Một số đặc tính của nguyên tố arsen [3]

Arsen (As) là nguyên tố hoá học phổ biến trong vỏ trái đất. Nó cũng là một trong những chất gây độc được loài người biết đến lâu đời nhất. Trong bảng hệ thống tuần hoàn, arsen có số thứ tự 33, thuộc phân nhóm 5, khối lượng nguyên tử 74,91. Ở nhiệt độ 25°C nó có tỷ trọng 5,73g/cm³. Đây là nguyên tố trong dãy chuyển tiếp gần giống photpho, nhưng mang tính kim loại mạnh hơn tính á kim. Arsen có 2 đồng vị: ⁷⁵As (đồng vị bền) và ⁷⁸As (đồng vị phóng xạ với chu kỳ bán rã T_{1/2}=26,8 giờ). Thông thường arsen tồn tại ở 4 dạng biến thể : 2 biến thể kết tinh và 2 biến thể ẩn tinh, trong đó bền vững là các biến thể kết tinh, còn gọi là arsen kim loại hay arsen xám. Arsen kim loại khi bị đốt nóng đến 615,5°C thì thăng hoa mà không qua giai đoạn nóng chảy. Tuy nhiên nó có thể bị nóng chảy ở nhiệt độ 817-868°C dưới áp suất rất cao (35,8 at). Trong không khí, arsen kim loại dễ bị oxi hoá tạo thành anhydrit arsenic theo phương trình



As trắng tồn tại dạng bột màu trắng, có mùi tỏi, có tính độc cao đối với cơ thể sống.

Dạng hợp chất axit arsenic H₃AsO₄ được dùng trong y học với một liều lượng nhất định làm thuốc trị bệnh. Nhưng ở dạng hydro arsenua, AsH₃ (arsin) thể khí không màu, không mùi vị, lại là một chất cực độc đối với sự sống. Arsenic và arsenat canxi là những chất bột màu trắng hay xám chứa từ 40 đến 62 % As₂O₃ gần như không tan trong nước, cũng là những chất độc cực mạnh, thường được dùng trong thuốc diệt côn trùng. Chì arsenat có trong thành phần thuốc bảo vệ thực vật. Arsen thường tồn tại ở dạng hợp chất trong tự nhiên. Hiện nay người ta đã tìm được hơn 1500 hợp chất có chứa arsen, trong đó khoảng hơn 400 hợp chất khá bền trong tự nhiên. Trong các hợp chất arsen thể hiện hoá trị từ -3 cho đến 0, +2, +3 và +5.

II. Tổng quan các nghiên cứu về ô nhiễm arsen trên thế giới

II.1 Tình hình điều tra về ô nhiễm arsen trong nước ngầm tại một số nước

Vùng bờ biển Tây Nam Đài Loan có lẽ là nơi đầu tiên được xác nhận có hiện tượng nhiễm độc arsen mạn tính ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Các khảo sát về arsen cũng được ghi nhận ở vùng Đông Bắc đảo Đài Loan bắt đầu trong những năm 1960. Tuy nhiên phải đến năm 1991, lần đầu tiên phát hiện ra hiện tượng nước dưới đất (nước ngầm) ở Đài Loan chứa hàm lượng arsen cao hơn tiêu chuẩn quốc gia hiện hành và số người bị ảnh hưởng bởi các nguồn nước chứa arsen này lên đến con số 100.000 người thì các quốc gia, các nhà khoa học thế giới mới đồng loạt đầu tư nhiều công sức, tiền của để nghiên cứu sâu về vấn đề ô nhiễm arsen cũng như đề ra các biện pháp ngăn chặn thảm họa này.

Theo sau việc thu thập các bằng chứng về ảnh hưởng độc hại lâu dài của arsen trong nước uống đối với sức khỏe con người, giới hạn hàm lượng arsen trong nước uống do nhiều quốc gia khuyến cáo và quy định đã giảm xuống. Giá trị cho phép của WHO (tổ chức y tế thế giới) đối với As trong nước uống giảm từ 0,05 mg/l

(năm 1993) xuống 0,01 mg/l, căn cứ vào khả năng định lượng của các phương pháp phân tích hiện đại có thể áp dụng rộng rãi. Hoa Kỳ cũng đã giảm giới hạn của As trong nước uống từ 0,05 mg/l xuống 0,01 mg/l vào tháng Giêng năm 2001. Nồng độ As được chấp nhận tối đa trong nước uống ở châu Âu và Nhật Bản là 0,01 mg/l, còn nồng độ tối đa tạm thời chấp nhận cho nước uống ở Canada là 0,025 mg/l. Sự hạ thấp giới hạn cho phép của arsen trong tiêu chuẩn nước uống ở nhiều quốc gia ngay lập tức đưa đến sự đánh giá lại các tình huống đã xảy ra. [4]

Trong khi nhiều quốc gia phát triển đang tìm cách giảm các giới hạn tiêu chuẩn của họ theo kịp với giá trị của WHO, thì nhiều nước đang phát triển bị ảnh hưởng bởi nước ngầm chứa arsen, lại muốn giữ tiêu chuẩn hiện hành là 0,05 mg/l.

Cho đến nay ở vùng Đông Nam Á, sự nhiễm bẩn nước ngầm bởi arsen đã được khảo sát khá đầy đủ ở Bangladesh, Ấn Độ, và Thái Lan, nhưng còn hạn chế ở Nepal và Myanmar. Ở Ấn Độ và Bangladesh, arsen trong nước ngầm có nguồn gốc địa chất từ các tầng chứa nước tự nhiên với nồng độ trong nhiều mẫu từ 0,06 đến 1,86 mg/l, vượt xa giá trị cho phép của WHO về nồng độ arsen trong nước uống (0,01 mg/l). Tuy nhiên ở Thái Lan, sự nhiễm bẩn arsen trong nguồn nước do hoạt động của con người từ việc khai mỏ.

Các nghiên cứu ở bang Tây Bengal (Ấn Độ) cho thấy dân số thực tế dùng nước giàu arsen (hàm lượng As cao hơn 0,05mg/l theo tiêu chuẩn quốc gia) là hơn 1 triệu, và 1,3 triệu người dùng nước chứa As cao hơn 0,01 mg/l. Thông báo mới đây cho biết có mặt arsen trong nước uống ở bang Tamil Nadu và một số bang khác của Ấn Độ, quy kết sự nhiễm bẩn nước ngầm là do các hoạt động công nghiệp. Tại Ấn Độ, ước tính khoảng 220.000 người trong số 5 triệu dân bị phơi nhiễm đã có những dấu hiệu của bệnh ngộ độc arsen mạn tính.

Hiện tượng ô nhiễm arsen trong nước ngầm Bangladesh được mô tả là một trong những trường hợp tồi tệ nhất với số lượng người bị ngộ độc khổng lồ trong lịch sử thế giới: có tới 90% dân số (khoảng 130 triệu người) dùng nước từ 8-12 triệu giếng khoan nông phân bố ở 61 trong số 64 quận của nước này. Cho đến khi phát hiện ra arsen trong nước ngầm vào năm 1993, nước giếng khoan vẫn được coi là nguồn nước uống an toàn ở đây. Năm 1999 đã xác định được khoảng 28-35 triệu dân bị phơi nhiễm nguồn As cao hơn 0,05 mg/l và khoảng 46-57 triệu dân bị phơi nhiễm As trên 0,01 mg/l, khoảng 100.000 đối tượng đã có biểu hiện của bệnh ngộ độc arsen mạn tính. [5] Sự khám phá về nhiễm bẩn arsen quy mô lớn ở Bangladesh đã báo động sự cần thiết đối với việc đánh giá nhanh tình trạng của các tầng chứa nước sa bồi ở khắp thế giới.[4]

Tại Hoa Kỳ đã xác định được khoảng 13 triệu dân, hầu hết ở các bang phía Tây bị phơi nhiễm As từ nguồn nước uống với hàm lượng cao hơn 0,01 mg/l, mặc dù nồng độ As này thấp hơn nhiều so với liều lượng gây ngộ độc ở một số khu vực như Bangladesh và Tây Bengal.[6]

Nhiễm bẩn As ở Ronphibun, Thái Lan bắt nguồn từ việc khai mỏ thiếc chứa arsenic và arsenat hoạt động hơn 50 năm trước đây. Hiện nay các vùng mỏ này đã trở thành những ao chứa nước mưa tự nhiên, As sa lắng theo dòng chảy gây ô nhiễm các giếng khoan nông mà dân địa phương dùng để khai thác nước cho sinh hoạt.[5]

Tiểu ban quan trắc nước của Thái Lan đã tiến hành các khảo sát từ năm 1993 để xác lập quy mô nhiễm bẩn arsen trong nước ngầm ở quận Ronphibun, thuộc tỉnh Nakorn Si Thammarat. Hàm lượng arsen cao hơn mức cho phép của tiêu chuẩn nước sạch Thái Lan (0,05mg/l) có ở hơn 90% số giếng khoan nông và cũng có những “điểm nóng” trong đất với hàm lượng arsen cao hơn 1.000 mg/kg đất. Khảo sát mới đây trong khuôn khổ hợp tác với JICA (Nhật Bản) đã xác nhận sáu vùng có “điểm nóng” vẫn còn phải duy trì những đo đạc kiểm soát ô nhiễm. Khảo sát về sức khỏe tháng 8 năm 2000 ước tính khoảng 6.120 người trong số 24.566 đối tượng bị phơi nhiễm arsen đã có những dấu hiệu của bệnh nhiễm độc arsen mạn tính.[6]

Đánh giá nhiễm bẩn arsen cũng đã được tiến hành ở Nepal do nền địa chất ở nước này chung với đồng bằng sông Hằng của Ấn Độ và Bangladesh. Ban quản lý cấp thoát nước Nepal với sự hỗ trợ của WHO đã tiến hành nghiên cứu có hệ thống vào năm 1999 về nhiễm bẩn nước ngầm do As gây ra ở các quận Jhapa, Morang và Sunsari cho biết hầu hết các mẫu bị nhiễm bẩn As đều được tìm thấy xung quanh vùng đồng bằng sông Koshi thường bị ngập lụt. Kiểm tra các mẫu nước ngầm tại 17 quận cho thấy nồng độ As cao trong nước ngầm có ở các quận Nawalparasi, Rautahat, Bara và Bardia. Một số giếng khoan khác thuộc dự án cấp nước sạch và vệ sinh đô thị FINNIDA (Phần Lan) được kiểm tra và khoảng 3% số giếng cho nồng độ As lên tới 0,17 mg/l. Một cuộc khảo sát độc lập cũng cho biết khoảng 3% trong số 1.142 người được kiểm tra đã có dấu hiệu nhiễm độc arsen ở thể thương tổn da.

Cơ quan sử dụng nguồn nước thuộc Bộ Nông nghiệp và Tưới tiêu Myanmar đã tiến hành kiểm tra As trong nước uống từ giữa năm 1999. Các mẫu lấy từ vùng Lower Myanmar chỉ cho kết quả vết arsen. Quỹ cứu trợ Trẻ em thuộc Anh tiến hành khảo sát ở các thành phố nhỏ Thabaung, Laymyethan và Hethada trong tháng 3-5 năm 2000 đã phát hiện ra 35% trong số 125 giếng khoan bị ngập nước có nồng độ As vượt quá 0,05 mg/l. Hiện nay cơ quan này đã tiến hành một chương trình quan trắc chất lượng nước ở năm thành phố nhỏ Magway, Sittway, Kawmu, Kyaungkone và Henthada và đã quan sát được sự phân bố ngẫu nhiên cục bộ nồng độ arsen ở các mức độ nghiêm trọng khác nhau.[5]

Cho đến nay các nhà nghiên cứu đều nhất trí cho rằng sự nhiễm bẩn arsen trong nước ngầm ở Bangladesh có nguồn gốc từ các vỉa địa chất nằm trong lòng đất. Còn những bùng nổ về nhiễm độc arsen tại Tây Bengal và Bangladesh, cũng như ở nhiều vùng thuộc Trung Quốc, Đài Loan và Thái Lan là hậu quả của việc sử dụng nước ngầm bị nhiễm bẩn làm nước uống. Tuy nhiên, ở vùng Guizhou của Trung Quốc, ngộ độc arsen có nguyên nhân từ việc đốt than chứa hàm lượng arsen cao;

Hiện tượng ngộ độc arsen tại Nhật Bản có nguồn gốc từ việc khai mỏ, còn ở Philippin thì có căn nguyên từ việc vận hành các nhà máy địa nhiệt điện.[6]

II.2 Nguồn gốc, sự hình thành nguồn arsen trong môi trường [4]

Arsen là một nguyên tố hoá học phân bố rộng rãi trong thiên nhiên, có mặt trong không khí, đất, đá, nước tự nhiên và các sinh vật. Arsen di chuyển trong môi trường thông qua sự tổ hợp các quá trình tự nhiên như các phản ứng phong hoá, hoạt động sinh học và phun trào của núi lửa, cũng như các hoạt động của con người. Các hợp chất arsen vô cơ sinh ra có thể do kết quả của quá trình di chuyển As dưới các điều kiện tự nhiên, nhưng con người có ảnh hưởng quan trọng thông qua các hoạt động khai thác mỏ, xây các nhà máy địa nhiệt điện, đốt cháy các nhiên liệu hoá thạch, thải ra rác thải công nghiệp, hoá chất, dùng thuốc bảo vệ thực vật, thuốc trừ sâu chứa arsen, thuốc diệt cỏ, phụ gia làm khô lương thực, và dùng arsen làm phụ gia cho thức ăn gia súc, đặc biệt cho gia cầm. Mặc dù việc dùng các chế phẩm arsen như thuốc trừ sâu, thuốc diệt cỏ đã bị giảm đáng kể trong vài thập kỷ qua, nhưng việc dùng các chế phẩm chứa arsen để bảo quản gỗ vẫn còn rất phổ biến.

II.2.1 Arsen và một số kim loại nặng tồn tại trong nước tự nhiên [4]

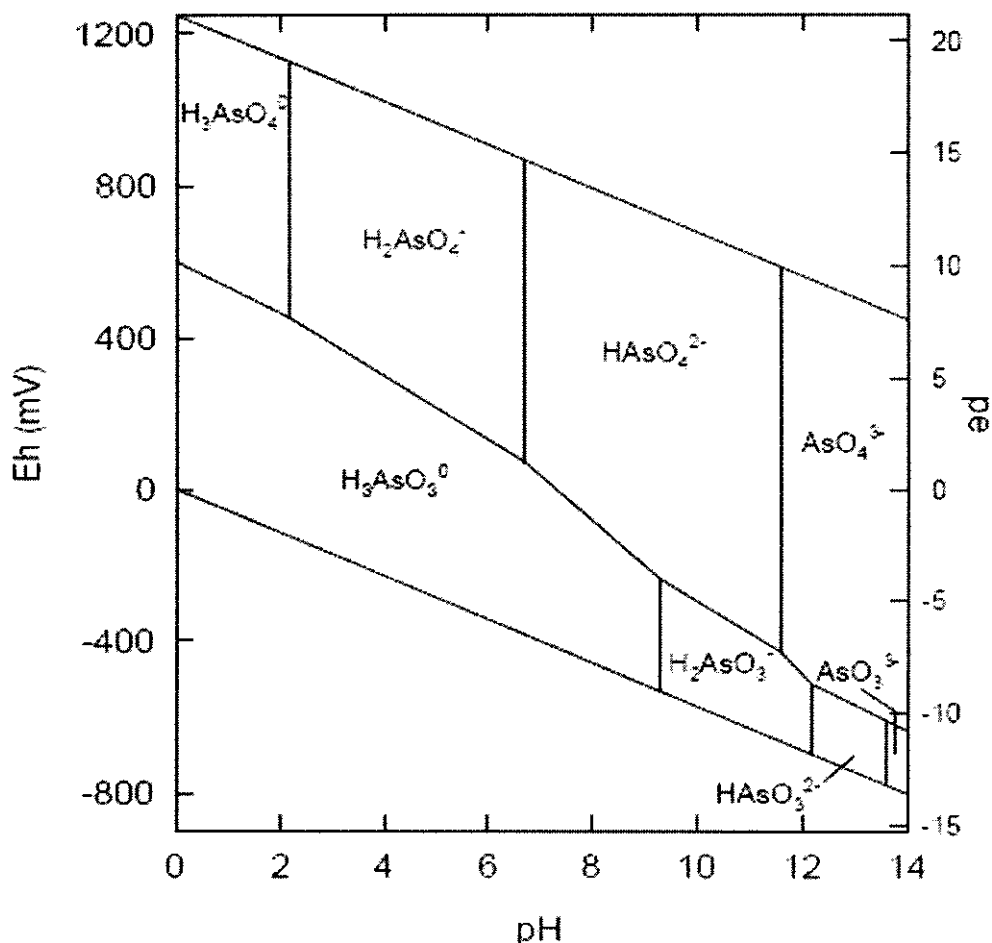
Arsen có lẽ là nguyên tố duy nhất trong số các kim loại nặng và các nguyên tố tạo oxo-anion (arsen, selen, antimon, molybden, vanadi, crom, uran, rheni) dễ chuyển hoá theo từng giá trị pH trong nước ngầm (pH 6,5 - 8,5) dưới cả điều kiện oxi hoá lẫn điều kiện khử. Arsen xuất hiện trong môi trường ở các dạng oxi hoá khác nhau (-3, 0, +3 and +5) nhưng trong nước tự nhiên chủ yếu tồn tại dạng vô cơ oxo-anion arsenic hoá trị 3 hoặc hoá trị 5. Các dạng arsen hữu cơ có thể được tạo ra nhờ các hoạt động sinh học, hầu hết trong nước bề mặt, còn trong nước ngầm chúng chỉ xuất hiện khi nguồn nước bị ô nhiễm chủ yếu do công nghiệp.

Các nguyên tố kim loại vết có độc tính xuất hiện trong dung dịch dưới dạng các cation (Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+}) ít tan hơn khi pH của dung dịch tăng lên. Ở pH gần trung tính - đặc trưng của hầu hết vùng nước ngầm, độ tan của các vết cation thường bị hạn chế do bị kết tủa hoặc đồng kết tủa ở các dạng oxit, hydroxit, carbonat hay photphat, hoặc có thể do hấp phụ mạnh lên các oxit-hydroxit kim loại, các lớp đất sét hay các vi vật thể hữu cơ. Ngược lại, hầu hết các oxo-anion bao gồm cả arsenat lại kém hấp phụ khi pH tăng lên. Trong cùng điều kiện, các anion này có thể tồn tại trong dung dịch với nồng độ tương đối cao (hàng chục $\mu\text{g/l}$) ngay cả ở pH gần trung tính. Vì vậy, các nguyên tố tạo dạng oxo-anion như Cr, As, U và Se là những chất gây nhiễm bẩn chủ yếu nguồn nước ngầm.

Selen biến đổi thành oxo-anion selenat (SeO_4^{3-}) dưới các điều kiện oxi hoá nhưng lại bị khử dưới điều kiện khử do dạng khử selenic (SeO_3^{3-}) hấp thụ mạnh hơn, hoặc do bị khử về kim loại. Crom có thể biến đổi tương tự thành dạng oxo-anion bền Cr(VI) dưới điều kiện oxi hoá, nhưng lại tạo thành dạng cation Cr(III) trong môi trường khử, và vì vậy tương đối thụ động ở pH gần trung tính. Các oxo-

anion khác như molybdat, vanadat, uranat và rhenat cũng xuất hiện ở dạng ít biến đổi hơn dưới điều kiện khử.

Arsen - một nguyên tố tạo oxo-anion lại gây ra nhiều vấn đề khó giải quyết nhất trong môi trường bởi vì sự di chuyển của nó trên một phạm vi rộng dưới các điều kiện oxi hoá khử. Trong môi trường khử giàu sunphua, nhiều vết kim loại tạo thành các sunphua không tan. Ngược lại arsen là nguyên tố duy nhất dễ biến đổi dưới điều kiện khử. Có thể thấy nồng độ As trong giới hạn cỡ mg/l trong khi các nguyên tố tạo oxo-anion chỉ có mặt cỡ microgam/l.



Hình 1. Sự phân bố các dạng Arsen trong dung dịch theo pH

Thế oxi hoá khử (Eh) và pH là các yếu tố điều khiển sự phân bố các dạng biến đổi của arsen. Trong điều kiện oxi hoá, chủ yếu $\text{H}_2\text{AsO}_4^{2-}$ chiếm ưu thế ở pH thấp ($\text{pH} < 6,9$), trong khi ở pH cao hơn, HAsO_4^{2-} chiếm ưu thế, còn H_3AsO_4^0 có thể tồn tại trong môi trường axit và AsO_4^{3-} lại chiếm ưu thế trong môi trường kiềm. Dưới điều kiện khử ở pH ít nhất khoảng 9,2 các tiểu phân arsen trung hoà, H_3AsO_3^0 sẽ chiếm ưu thế. Sự phân bố của các tiểu phân là hàm của pH được chỉ ra trên Hình 1. Khi có mặt sunphua khử với nồng độ rất cao, có thể các tiểu phân sunphua arsen bị hoà tan là chủ yếu. Khi khử, điều kiện axit dễ tạo kết tủa Orpiment (thư hoàng- As_2S_3), Realgar (hùng hoàng- AsS) hoặc các khoáng sunphua khác chứa arsen đồng kết tủa. Vì thế, nước chứa arsen cao sẽ không thể tồn tại nếu ở đó nồng độ sunphua

tự do cao. Thioarsen là tiểu phân chính ở pH trung tính và pH hơi kiềm khi có mặt nồng độ sunphua rất cao.

II.2.2 Sự phân bố của arsen trong môi trường

Nồng độ arsen trong nước sạch khác nhau đến 4 cấp hàm lượng, phụ thuộc vào nguồn arsen, vào khối lượng sẵn có và vào môi trường địa hoá tại chỗ. Trong tự nhiên, giới hạn rộng nhất và nồng độ cao nhất của arsen trong nước ngầm là kết quả của các tương tác của đá chứa nước và khuynh hướng di chuyển và tích tụ của arsen trong các tầng chứa nước dưới điều kiện vật lý và địa hoá thuận lợi.

Arsen lắng kết trong không khí

Arsen vào khí quyển qua gió xoáy, phát thải núi lửa, chất dễ bay hơi từ đất ở nhiệt độ thấp, sol khí đại dương và do ô nhiễm, và chúng trở lại bề mặt trái đất theo cách tích tụ ướt và khô. Hoạt động của con người đóng góp đáng kể như luyện kim, đốt nhiên liệu hoá thạch. Arsen xuất hiện chủ yếu là dạng hạt bụi $\text{As(III)}_2\text{O}_3$. Nriagu và Pacyna xác định nguồn đóng góp arsen vào khí quyển của con người khoảng 18,800 tấn/năm, chiếm tới 30% các dạng arsen trong khí quyển trái đất. Trừ những vùng khí quyển có dấu hiệu ô nhiễm do các hoạt động công nghiệp, sự đóng góp của arsen trong khí quyển vào các nguồn nước bề mặt và nước ngầm là khá nhỏ.

Arsen trong nước sông

Nồng độ As trong nước sông không bị ô nhiễm rất thấp, chỉ từ 0,1 -0,8 $\mu\text{g/l}$ đến 2 $\mu\text{g/l}$ tùy theo từng vùng. Nồng độ ở cuối dòng trong các dòng sông có lớp sỏi đáy nghèo Arsen, trung bình khoảng 0,13 $\mu\text{g/l}$ (vùng Krka thuộc Nam Tư), hoặc 0,25 $\mu\text{g/l}$ (dòng sông ở Na Uy), hay có thể trong vòng 0,15–0,45 $\mu\text{g/l}$ (các sông chảy theo hướng Đông-Nam Hoa Kỳ).

Hàm lượng As tương đối cao xuất hiện trong nước sông một số khu vực do nguồn thuỷ địa nhiệt hoặc nước ngầm đổ vào. Nồng độ As trong nước sông vùng thuỷ địa nhiệt thường vào khoảng 10–70 $\mu\text{g/l}$ (Tây Hoa Kỳ và New Zealand), có nơi cao hơn: gần 0,37mg/l trong nước sông Madison (Wyoming và Montana), khoảng 85–153 $\mu\text{g/l}$ trong Hot Creek (nhánh phụ của sông Owens, California).

Nồng độ As cao trong một số dòng sông bị bao quanh bởi các dãy núi đá, nước ở đây có độ pH cao (bồn trũng sông Loa ở bắc Chile), hàm lượng As trong nước tự nhiên khá cao (0,19–21,8 mg/l, Corceres (1992)). Nồng độ As cao tới 114 $\mu\text{g/l}$ tìm thấy ở nước sông miền trung Argentina nơi nồng độ As trong nước ngầm cao (có độ pH cao, hơi kiềm). Nhưng trong những con sông có nồng độ arsen cao do đá nền ảnh hưởng, thì nước ngầm với thành phần pH 5-7 và nồng độ kiềm tính theo HCO_3^- (dưới 100 mg/l), không phát hiện được nồng độ As cao, do cơ chế oxi hoá và hấp phụ của arsen vào trầm tích sông hay bị pha loãng do bổ cấp nước bề mặt vào dòng chảy. Nồng độ As trong các mẫu nước sông của Bangladesh từ < 0,5 đến 2,7 $\mu\text{g/l}$, có mẫu cao tới 29 $\mu\text{g/l}$ (năm 2001). So với giá trị cao nhất trong các mẫu nước sông, các số liệu thu được từ các mẫu nước ngầm vẫn cao hơn rất nhiều.

Hàm lượng As cao trong nước sông chủ yếu do ô nhiễm, nồng độ As lên tới 0,03 mg/l (sông Zenne, Bỉ) trong khi nồng độ nước sông không bị ô nhiễm thường chỉ khoảng 0,75–3,8 µg/l. Nồng độ As trong nước sông bị ô nhiễm do thải của các tổ hợp công nghiệp (Sugar Creek, South Carolina, Hoa Kỳ), lớn nhất là 1,1 mg/l nhưng 79% số mẫu phân tích lại cho kết quả thấp dưới 10 µg/l. Nước thải từ khai mỏ (mỏ vàng ở bên sông Moira, Ontario) làm cho hàm lượng As lên đến 23 µg/l trong khi mẫu đối chứng chỉ có 0,7–1 µg/l As, hoặc nồng độ As có thể lên tới 556 µg/l ở phần lưu vực sông cạnh một vùng mỏ thiếc ở British Columbia.

Arsen trong nước hồ

Nồng độ As trong nước hồ thường gần bằng hoặc thấp hơn so với nước sông. Hàm lượng As của các mẫu nước hồ không bị ô nhiễm dưới 1 µg/l (Canada). Khi bị ảnh hưởng của thủy địa nhiệt hay khai mỏ, nồng độ As lên tới 0,1–0,5 mg/l, có nơi lên tới 1,0 mg/l. Trong một vài hồ kín với độ kiềm hơi cao (hồ Mono thuộc California, USA) hàm lượng As hoà tan lên đến 10–20 mg/l, ở pH 9.5–10. Nguyên do là nước các suối địa nhiệt chảy vào hồ và phong hoá bào mòn đá núi lửa, sau đó nước hồ bị bốc hơi bớt theo thời gian. Nồng độ As cũng tăng lên theo chiều sâu của hồ (ở Ontario), có lẽ do tăng tỉ lệ As(III)/As(V) theo chiều sâu và lớp trầm tích bị nhiễm bản từ vùng mỏ bên cạnh. Nồng độ As cao hơn vào mùa hè khi tỉ lệ As(III) cao hơn. Các lớp trầm tích ở đáy hồ nghèo oxi do sự tăng trưởng sinh học trong những tháng mùa hè có lẽ đã tạo ra nồng độ arsen cao hơn ở những lớp nước sâu hơn.

Arsen trong nước biển và nước cửa sông

Nồng độ arsen trong nước biển và nước cửa sông thường thấp, trung bình chỉ 1,5 µg/l. Tuy nhiên cũng đo được nồng độ As từ 1,2–2,5 µg/l (Saanich Inlet, British Columbia) hay 2 µg/l ở Oslofjord, Na Uy. Không giống như vết kim loại B, việc dẫn nước mặn vào một tầng chứa nước không làm tăng nồng độ As tại các vùng nước ngầm bên dưới. Arsenat có những đặc tính hoá học gần với photphat nên trong nước vùng cửa sông và nước biển giàu oxy, photphat giảm trong nước bề mặt cũng sẽ đưa đến arsenat bị nghèo đi. Tại cửa sông không bị ô nhiễm (Krka, Nam Tư), sự tăng As tổng số tuyến tính với độ mặn, từ 0,13 µg/l trong vùng nước ngọt đến 1,8 µg/l khi ra xa bờ. Nhiều nghiên cứu khác chỉ ra rằng nhờ sự bông tụ của oxit sắt mà arsen bị hấp phụ làm giảm đáng kể hàm lượng arsen khi sông đổ nước ra biển.

Arsen trong nước ngầm

Nồng độ As trong nước ngầm ở hầu khắp các quốc gia thấp hơn 10 µg/l và ở đôi nơi còn thấp hơn nữa. Theo các tài liệu đã công bố, giới hạn nồng độ As rất rộng, từ <0,5–5.000 µg/l. Hàm lượng arsen cao được biết trong nước ngầm ở nhiều môi trường khác nhau, bao gồm trong các tầng chứa nước bị oxi hoá (dưới điều kiện pH cao), và tầng bị khử và trong vùng bị ảnh hưởng của các hoạt động khai mỏ, công nghiệp, và thủy địa nhiệt. Tăng tốc độ bay hơi nước cũng có thể dẫn đến tăng hàm lượng As. Hầu hết các vùng có nguồn nước ngầm chứa hàm lượng arsen cao

đều là hệ quả từ nguồn gốc arsen tự nhiên. Còn các trường hợp do ô nhiễm từ khai mỏ hay hoạt động công nghiệp thường mang tính cục bộ và không nhiều.

Arsen trong kênh thoát nước vùng mỏ

Dưới điều kiện rất axit của những kênh thoát nước vùng mỏ, (có thể cho các giá trị pH âm), những chất tan gồm cả sắt, arsen với nồng độ cao và trong giới hạn rộng. Nồng độ arsen cao nhất đến 850 mg/l (vùng nước thấm ra của khu mỏ Richmond tại Iron Mountain, California). Trong khoảng 180 mẫu của các kênh thoát nước Hoa Kỳ, Plumlee (1999) đã đo được nồng độ As trong khoảng từ giới hạn phát hiện ($<1 \mu\text{g/l}$ hoặc nhỏ hơn) cho đến 340 mg/l hoặc 400 mg/l (tại Ural Mountains). Arsen hoà tan trong nước chứa axit nhanh chóng bị loại bớt do hấp phụ trên sắt bị oxi hoá và kết tủa. Tại Iron Mountain, đã có nhà máy xử lý có hiệu quả bằng cách trung hoà để loại bỏ arsen và các kim loại khác đảm bảo an toàn cho nước thải ra.

Arsen trong nước khe nứt trầm tích

Hàm lượng arsen cao đã được phát hiện trong nước khe nứt trầm tích bờ rời, nhưng chúng lại thấp ở các lớp nước bề mặt nằm phía trên: nồng độ As 1,3–166 $\mu\text{g/l}$ trong nước khe nứt trầm tích vùng cửa sông Kalix, miền Bắc Thụy Điển (Widerlund và Ingri (1995)); Nồng độ As trong khoảng 3,2–99 μl được xác định từ nước khe nứt trầm tích đất sét ở vùng Saskatchewan, Canada. Trầm tích bị nhiễm bẩn bởi khai mỏ cho nồng độ As cao hơn nhiều: nồng độ As lên tới 100 mg/l trong nước khe nứt trầm tích từ vùng bã quặng Ontario. Nồng độ arsen cao trong nước khe nứt trầm tích liên quan chặt chẽ với quá trình oxi hoá khử theo bậc rất mạnh xuất hiện ngay dưới bề mặt tiếp xúc của nước với trầm tích, thường chỉ cách vài cm theo chiều sâu. Các vật thể hữu cơ bị chôn vùi và sự khuếch tán oxy chậm qua lớp trầm tích dẫn đến môi trường khử ngay dưới bề mặt tiếp xúc trầm tích - nước, làm thuận lợi quá trình khử As(V) và đẩy ra khỏi các oxit sắt và mangan, cũng như làm tan các khoáng khử này.

Arsen trong nước vùng khai thác dầu và trong các vùng nước mặn khác

Các nghiên cứu về arsen trong các vùng khai thác dầu và các vùng nước mặn khác tuy còn hạn chế, nhưng các số liệu đã công bố cho thấy hàm lượng As cũng rất cao: nồng độ arsen hoà tan là 230 μl tìm được trong nước ngầm chứa natri bicarbonat từ độ sâu 1000 m của giếng dầu ở Ellis Pool, Alberta, Canada, nồng độ As là 5,8 mg/l trong vùng nước mặn chủ yếu là natri clorua tại Tisakürt, Hungary. Các vùng nước mặn pha trộn từ khe các mỏ muối tại hồ Searles, California, có nồng độ arsen tới 243 mg/l (Na 119 g/l).

II.2.3 Các dạng arsen phân bố trong các nguồn nước

Nghiên cứu về các dạng arsen trong nước tự nhiên người ta đều tách riêng các dạng vô cơ thành As(III) và As(V) (nhờ sắc ký hoặc dựa trên việc khử chậm As(V) bằng natri borohyđrua). Một số nghiên cứu khác đo các dạng arsen hữu cơ.

Trong **nước mưa**, các trạng thái oxi hoá phân biệt nhờ nguồn gốc arsen. Chủ yếu là As(III)₂O₃ khi nguồn gốc As từ nấu chảy kim loại, đốt than và núi lửa phun trào; các tiểu phân As hữu cơ có từ những chất dễ bay hơi từ đất; arsin (As(III)H₃)

có thể từ đất xây nhà, than bùn; và arsenat có thể từ sol khí trên biển. Các dạng khử tham gia quá trình oxi hoá bởi oxy trong không khí, phản ứng với SO_2 hoặc O_3 .

Trong **nước biển** giàu oxy, As chủ yếu tồn tại ở dạng As(V), một ít As(III) không cố định và tăng lên trong vùng nước đáy thiếu oxy. Tỷ lệ As(V)/As(III) khoảng 10–100 trong các vùng biển hở. Arsen(V) tồn tại chủ yếu ở dạng HAsO_4^{2-} và H_2AsO_4^- khi pH của nước biển khoảng 8,2 và As(III) chủ yếu ở dạng các tiểu phân trung hoà H_3AsO_3 . Trong nước mặt tỷ lệ thành phần H_3AsO_3 tương đối cao. Sự có mặt các tiểu phân arsen hữu cơ cũng đã được ghi nhận như là sản phẩm của các phản ứng methyl hoá nhờ các sinh vật trôi nổi trên biển.

Tỷ lệ các dạng arsen rất khác nhau trong **nước cửa sông** do các phản ứng oxi hoá khử, độ muối khác nhau và đất bị đưa vào. As(V) vẫn chiếm ưu thế. Tỷ lệ As(V)/As(III) khác nhau từ 5 đến 50 lần (vùng cửa sông Schelde của Bỉ), tỷ lệ thấp nhất ở vùng thiếu oxy, khi đầu nguồn là chất thải công nghiệp gây ảnh hưởng. Tỷ lệ As(III) cao còn là hệ quả từ nguồn đầu vào của nước thải vùng mỏ. Các dạng hữu cơ thường tồn tại ít hơn trong nước cửa sông và nồng độ của chúng phụ thuộc vào độ tập trung các tiểu phân sinh học có mặt và nhiệt độ.

Trong **nước hồ và nước sông** As(V) thường chiếm ưu thế. Nồng độ và tỷ lệ As(V)/As(III) khác nhau do sự thay đổi trong nguồn đầu vào, điều kiện oxi hoá khử và các hoạt động sinh học. Sự có mặt của As(III) có thể được duy trì trong nước giàu oxy bởi quá trình khử sinh học của As(V), đặc biệt trong những tháng mùa hè. Tỷ lệ As(III)/As(V) đặc biệt khác nhau trong những hồ phân tầng có các bậc oxi hoá khử lớn và thay đổi theo mùa. Trong hồ Mono phân tầng, quá mặn và quá kiềm (California, USA), As(V) chiếm ưu thế trong lớp giàu oxy ở trên còn As(III) trong phần khử. As(III) bị oxi hoá nhanh do hoạt động vi khuẩn trước khi oxi hoá Fe(II) trong giai đoạn mới hình thành hồ.

Các dạng hữu cơ của arsen thường là thiểu số trong **nước bề mặt**. Nồng độ As(III) đo được là 7-75 μl , còn As(V) là 19-58 μl và chỉ có 0,01-1,5 μl As hữu cơ (nước hồ ở Ontario, 1995). Tỷ lệ của dạng arsen hữu cơ có thể tăng lên do phản ứng methyl hoá được xúc tác bởi hoạt động vi khuẩn. Các dạng hữu cơ chiếm ưu thế là axit dimethylarsinic(DMAA; $(\text{CH}_3)_2\text{AsO}(\text{OH})$) và axit monomethylarsonic (MMAA; $\text{CH}_3\text{AsO}(\text{OH})_2$) trong đó As luôn ở trạng thái hoá trị 5. Tỷ lệ của hai dạng này tăng lên trong mùa hè do hoạt động của vi khuẩn tăng lên. Các dạng As hữu cơ cũng có thể ở hoá trị thấp hơn khi nằm gần với bề mặt phân cách giữa trầm tích và nước.

Trong **nước ngầm**, tỷ lệ As(III) so với As(V) có thể rất khác nhau do các điều kiện oxi hoá khử trong các tầng chứa nước khác nhau, các bậc oxi hoá khử và nguồn gốc của chúng khác nhau. Trong các giếng khử mạnh(tác nhân khử Fe và sunphat), As(III) chiếm ưu thế chủ yếu. Nước ngầm khử giàu arsen ở Bangladesh có tỷ lệ As(III)/AsT trong vòng 0,1- 0,9 nhưng giá trị đặc trưng là 0,5- 0,6. Tỷ lệ trong nước ngầm khử của vùng Nội đồng trong khoảng 0.7- 0.9. Nồng độ arsen dạng hữu cơ trong nước ngầm nói chung rất thấp hoặc gần như không phát hiện được.

II.2.4 Những khoáng vật chủ yếu chứa arsen

Các khoáng chính của arsen : Arsen chiếm thành phần chính trong hơn 200 khoáng, gồm cả arsen nguyên tố, arsenua, sunphua, oxit, arsenat và arsenic. Tuy nhiên các khoáng này tương đối hiếm trong tự nhiên, chủ yếu xuất hiện trong những vùng khoáng hoá và được tìm thấy cùng với các kim loại chuyển tiếp như Cd, Pb, Ag, Au, Sb, P, W và Mo. Khoáng chứa arsen giàu nhất là arsenopyrit, FeAsS . Thông thường arsenopyrit cùng với các khoáng sunphua arsen khác như hùng hoàng hay thư hoàng chỉ được tạo thành dưới điều kiện nhiệt độ cao trong vỏ trái đất. Tuy vậy, arsenopyrit nguyên sinh đã được tìm thấy trong trầm tích. Mặc dù arsenopyrit thường có mặt trong vùng quặng nhưng không nhiều như arsenian pyrit ($\text{Fe}(\text{S},\text{As})_2$) (khoáng giàu arsen), đây chính là nguồn quan trọng nhất của arsen trong các vỉa quặng.

Arsenopyrit có trong quặng sunphua ở các mỏ vàng (là trầm tích mẹ), có lẽ là khoáng được tạo thành sớm nhất xuất xứ từ các dung dịch thủy nhiệt và ở nhiệt độ đặc trưng cao hơn 100°C . Theo sau là sự tạo thành arsen tự nhiên hiếm hơn và khoáng giàu arsen. Hùng hoàng và thư hoàng thường tạo thành muộn hơn. Các khoáng phụ này sinh ra nhờ quá trình khoáng hoá các khoáng sunphua với khoáng lõi arsenopyrit, bên ngoài là arsenian pyrit và hùng hoàng-thư hoàng ở rìa. Oxit và sunphat tạo thành ở những giai đoạn muộn nhất của sự khoáng hoá quặng.

Bảng 1. Các loại khoáng arsen trong tự nhiên

Tên khoáng chất	Công thức khoáng vật	Nguồn xuất hiện
Arsen tự nhiên	As	Các mạch thủy địa nhiệt
Niccolit	NiAs	Mạch khoáng và norit
Realgar (Hùng hoàng)	AsS	Mạch khoáng, thường kết hợp với thư hoàng, sét hoặc đá vôi, cũng như vùng suối nước nóng
Orpiment (Thư hoàng)	As_2S_3	Mạch thủy nhiệt, suối nước nóng, sản phẩm thăng hoa từ núi lửa
Cobaltit	CoAsS	Các tích tụ nhiệt độ cao, đá biến chất
Arsenopyrit	FeAsS	Khoáng vật giàu As nhất, các mạch khoáng chiếm ưu thế
Tennantit	$(\text{Cu},\text{Fe})_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$	Mạch thủy địa nhiệt
Enargit	Cu_3AsS_4	Mạch thủy địa nhiệt
Arsenolit	As_2O_3	Khoáng thứ sinh tạo thành từ sự oxi hoá Arsenopyrit, arsen tự nhiên và các khoáng As khác
Claudetit	As_2O_3	Khoáng thứ sinh tạo thành từ sự oxi hoá hùng hoàng, Arsenopyrit, và các khoáng As khác
Scorodit	$\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Khoáng vật thứ sinh
Annabergit	$(\text{Ni},\text{Co})_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Khoáng vật thứ sinh
Hoernesit	$\text{Mg}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Khoáng vật thứ sinh, các chất thải nấu chảy
Haematolit	$(\text{Mn},\text{Mg})_4\text{Al}(\text{AsO}_4)(\text{OH})_8$	
Conichalcit	$\text{CaCu}(\text{AsO}_4)(\text{OH})$	Khoáng vật thứ sinh
Pharmacosiderit	$\text{Fe}_3(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Sản phẩm oxi hoá của arsenopyrit và các khoáng As khác

Các khoáng tạo đá : Arsen có hàm lượng rất khác nhau trong các khoáng tạo đá. Hoá học của arsen cũng gắn với S (có hàm lượng lớn nhất trong khoáng sunphua), As có mặt trong cấu trúc tinh thể của khoáng sunphua như một chất thay thế cho S.

Hàm lượng arsen cao còn có trong nhiều khoáng oxit và oxit hydroxit kim loại. Các sản phẩm oxi hoá khoáng sunphua sắt nguyên sinh là nguồn cung cấp As lớn nhất. Arsenat hấp phụ vào oxit sắt hydrat đặc biệt mạnh ngay cả khi nồng độ As rất thấp trong dung dịch. Sự hấp phụ vào oxit nhôm và mangan oxit hydroxit cũng khá mạnh nếu các oxit này có mặt với một lượng lớn. Arsen có thể cũng bị hấp thụ lên rìa lớp đất sét và lên bề mặt calcit (khoáng phổ biến trong nhiều trầm tích).

Bảng 2. Hàm lượng arsen trong một số khoáng đá phổ biến

Tên khoáng vật	Hàm lượng As (mg/kg)
Khoáng Sunphua:	
Pyrite	100–77.000
Pyrrhotite	5–100
Marcasite	20–126.000
Galena	5–10.000
Sphalerite	5–17.000
Chalcopyrite	10–5000
Khoáng Oxit:	
Haematite	đến 160
Fe oxide (vô định hình)	đến 2000
Fe(III) oxyhydroxide	đến 76.000
Magnetite	2,7–41
Ilmenite	<1
Khoáng Silicat:	
Quartz	0,4–1,3
Feldspar	<0,1–2,1
Biotite	1,4
Amphibole	1,1–2,3
Olivine	0,08–0,17
Pyroxene	0,05–0,8
Khoáng Carbonat:	
Calcite	1–8
Dolomite	< 3
Siderite	< 3
Khoáng Sulphat:	
Gypsum/anhydrite	<1–6
Barite	<1–12
Jarosite	34–1000
Các khoáng khác:	
Apatite	<1–1000
Halite	<3–30
Fluorite	<2

Nồng độ arsen trong khoáng photphat cũng khá cao, tới 1000 mg/kg trong apatit. Arsen có thể cũng thay thế cho Si^{4+} , Al^{3+} , Fe^{3+} và Ti^{4+} trong nhiều cấu trúc khoáng và vì thế có mặt trong nhiều khoáng đá, mặc dù hàm lượng thấp hơn nhiều. Hầu hết khoáng silicat phổ biến chứa khoảng 1mg/kg hoặc thấp hơn. Khoáng carbonat thường chứa dưới 10mg/kg (Bảng 2).

Đá, trầm tích và đất

Vỏ trái đất: Arsen có mặt trong vỏ trái đất nhưng hàm lượng rất thấp. Hàm lượng trung bình của arsen trong thạch quyển khoảng 2 mg/kg (số liệu năm 1955).

Đá Mac ma: Nồng độ arsen trong đá mac ma hoàn toàn tương tự như tìm thấy trong vỏ trái đất, trung bình 1,5 mg/kg cho tất cả các loại đá. Đá núi lửa nói chung, đặc biệt là tro thường có ảnh hưởng đến sự tạo ra nước có As cao.

Đá biến chất: Hàm lượng arsen trong đá biến chất khoảng 5mg/kg hoặc thấp hơn. Đá Pelitic(đá đen, phyllit) chứa hàm lượng cao nhất, cỡ 18 mg/kg.

Đá trầm tích: Hàm lượng As trong đá trầm tích khoảng 5-10 mg/kg, hơi cao hơn nguồn phân bố trên mặt đất. Hàm lượng As trong cát và cát kết thấp hơn. Hàm lượng As trung bình trong cát kết vào khoảng 4 mg/kg. Các điểm tích tụ đất sét có hàm lượng As trung bình cao hơn trong cát kết, khoảng 13 mg/kg. Đá phiến đen có hàm lượng arsen cao bởi hàm lượng pyrit cao.

Hàm lượng As đặc biệt cao trong đá Mid-Atlantic Ridge, trung bình 174 mg/kg. Các mẫu đá giàu hữu cơ (Kupferschiefer) ở Đức cho hàm lượng As 100–900 mg/kg. Một số mẫu than có hàm lượng tới 35.000 mg/kg. Đá carbonat có hàm lượng thấp (cỡ 3mg/kg). Hàm lượng As cao cỡ nhiều nghìn mg/kg được thấy trong sắt kết và đá giàu sắt. Photphorit cũng khá giàu As, khoảng 400mg/kg (Bảng 3).

Trầm tích bờ rời

Hàm lượng As trong trầm tích bờ rời tương tự với thể cứng, bùn hay sét có hàm lượng cao hơn cát và carbonat. Hàm lượng As trung bình trong các trầm tích suối ở Anh và xứ Wale cỡ 5–8 mg/kg. Hàm lượng As trong trầm tích sông Hằng trung bình 2,0 mg/kg, sông Brahmaputra cỡ 2,8 mg/kg và sông Meghnon là 3,5 mg/kg. Cook (1995) tìm được hàm lượng As trong trầm tích hồ trong khoảng 0,9–44 mg/kg. Legeleux (1994) cho biết hàm lượng As tăng lên theo chiều sâu (đến 30 cm) trong trầm tích lục địa, do quá trình tái tạo các điều kiện khử không ngừng tăng.

Đất

Hàm lượng As trong đất cỡ 5–10 mg/kg, theo Boyle và Jonasson (1973) giá trị trung bình trong đất của thế giới là 7,2 mg/kg trong khi As trong đất của Hoa Kỳ là 7.4 mg/kg. Đất than bùn và đầm lầy có hàm lượng As cao hơn (13 mg/kg). Hàm lượng As lên tới 45 mg/kg trong tầng B của đất sunphat axit do sự phong hoá đá giàu pyrit ở Canada. Gustafsson và Tin (1994) đã tìm thấy hàm lượng As cao tới 41 mg/kg trong đất sunphat axit từ đồng bằng sông Mekong, Việt nam. Ure và Berrow (1982) cho biết nồng độ arsen trong khoảng 366–732 mg/kg trong đất vườn trồng cây ăn quả, là kết quả của việc dùng thuốc trừ sâu chứa arsen bảo vệ các cây ăn quả.

Nguồn tích tụ bề mặt bị nhiễm bẩn

Hàm lượng arsen trong bã thải và đất lẫn rác thải có thể đạt đến nhiều nghìn mg/kg. Scorodit ($\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) là sản phẩm oxi hoá sunphua phổ biến và độ tan của nó điều khiển hàm lượng arsen. Scorodit là khoáng siêu bền trong hầu hết các điều kiện nước ngầm và có thể bị hoà tan chọn lọc tạo thành oxit sắt và giải phóng arsen vào dung dịch. Arsenolit (As_2O_3) cũng khá dễ tan. Arsen bám vào oxit sắt tương đối khó di chuyển đặc biệt dưới các điều kiện oxi hoá.

Bảng 3. Hàm lượng arsen trong đá, trầm tích, đất và các tích tụ bề mặt khác[4]

Loại đá và trầm tích	Hàm lượng As (mg/kg)	Số mẫu phân tích
Đá mac ma		
Đá xâm nhập sâu (peridotite, dunite, kimberlite)	1,5 (0,03–15,8)	40
Đá xâm nhập nông (basalt)	2,3 (0,18–113)	78
Đá xâm nhập nông (gabbro, dolerite)	1,5 (0,06–28)	112
Đá trung gian (andesite, trachyte, latite)	2,7 (0,5–5,8)	30
Đá trung gian (diorite, granodiorite, syenite)	1,0 (0,09–13,4)	39
Đá axit (rhyolite)	4,3 (3,2–5,4)	2
Đá axit (granite, aplite)	1,3 (0,2–15)	116
Đá axit (pitchstone)	1,7 (0,5–3,3)	
Dung nham núi lửa	5,9 (2,2–12,2)	12
Đá biến chất		
Quartzite	5,5 (2,2–7,6)	4
Hornfels	5,5 (0,7–11) 2	
Phyllite/slate	18 (0,5–143) 75	
Schist/gneiss	1,1 (<0,1–18,5)	16
Amphibolit và đá xanh	6,3 (0,4–45) 45	
Đá trầm tích		
Đá phiến nguồn gốc biển /mudstone	3–15 (đến 490)	
Đá phiến (Mid-Atlantic Ridge)	174 (48–361)	
Đá phiến nguồn gốc khác biển/mudstone	3,0–12	
Cát kết	4,1 (0,6–120)	15
Đá vôi/dolomit	2,6 (0,1–20,1)	40
Phosphorit	21 (0,4–188)	205
Tạo sắt và trầm tích giàu sắt	1–2900	45
Evaporites (gypsum/anhydrite)	3,5 (0,1–10)	5
Than đá	0,3–35.000	
Đá phiến Bituminous(Kupferschiefer, Germany)	100–900	
Trầm tích bờ rời		
Hỗn hợp	3 (0,6–50)	
Cát sông (Bangladesh)	2,9 (1,0–6,2)	13
Bùn/sét sông (Bangladesh)	6,5 (2,7–14,7)	23
Trầm tích thêm sông (Bangladesh)	1,2–5,9	
Trầm tích hồ, Lake Superior	2,0 (0,5–8,0)	
Trầm tích hồ, British Colombia	5,5 (0,9–44)	119
Sét băng, British Colombia	9,2 (1,9–170)	
Cát sông trung bình của thế giới	5	
Phù sa suối và phù sa hồ (Canada)	6 (<1–72)	310
Phù sa Loess, Argentina	5,4–18	
Trầm tích mép lục địa (đất sét, thiếu oxy)	2,3–8,2	
Đất		
Hỗn hợp	7,2 (0,1–55)	327
Đất bùn và đất đầm lầy	13 (2–36)	14
Đất sunphat axit (Vietnam)	6–41	25
Đất sunphat axit (Canada)	1,5–45	18
Đất gần điểm tích tụ sunphua	126 (2–8000)	193
Nguồn tích tụ bề mặt bị nhiễm bẩn		
Trầm tích hồ ô nhiễm của mỏ, British Colombia	342 (80–1104)	
Trầm tích bể chứa nước ô nhiễm của mỏ, Montana	100–800	
Bãi thải mỏ, British Colombia	903 (396–2000)	
Đất và đất bị nhiễm bẩn bãi thải mỏ, UK	120–52.600	
Đất nhiễm bẩn bãi thải mỏ, Montana	đến 1100	86
Trầm tích thủy triều bị ô nhiễm công nghiệp, USA	0,38–1260	
Đất dưới nhà máy hoá chất, USA	1,3–4770	
Bùn cống	9,8 (2,4–39,6)	

II.3 Môi trường nước dưới đất và sự hình thành nguồn ô nhiễm arsen [4]

II.3.1 Sự phân bố nguồn ô nhiễm arsen trong nước ngầm

Số lớn các tầng chứa nước ở khắp nơi trên thế giới được xác nhận là có arsen xuất hiện cao hơn 0,05 mg/l. Đáng ghi nhớ nhất là ở các quốc gia Argentina, Bangladesh, Chile, Trung Quốc (miền Bắc), Hungary, Ấn Độ (Tây Bengal), Mexico, Romania, Đài Loan và nhiều khu vực thuộc phía Tây Nam Hoa Kỳ. Các nguồn nhiễm bản gồm nhiễm bản tự nhiên và nhân tạo do khai mỏ (Bảng 4).

Bảng 4. Một số nguồn As xuất hiện tự nhiên trong nước ngầm thế giới [4]

Quốc gia/ Vùng	Diện tích (km ²)	Hàm lượng (µg/l)	Tầng chứa nước (Aquifer)	Tình trạng môi trường nước ngầm
Bangladesh	150.000	<0,5 - 2500	Trầm tích sông thể Holocene/trầm tích châu thổ; Nguồn vật thể hữu cơ rắn	Khử mạnh, pH trung tính, tính kiềm cao, tốc độ dòng nước ngầm chậm
Tây Bengal	23.000	<10 - 3200	Như Bangladesh	Như Bangladesh
Đài Loan	4000	10 - 1820	Trầm tích, gồm cả đá phiến đen	Khử mạnh, tình trạng phun trào, một số giếng chứa axit humic
Nội mông, Trung Quốc (Huhhot Basin (HB), Bayingao, Hexi, Ba Meng, Tumet Plain)	4300 (HB)	<1 - 2400	Trầm tích sông thể Holocene, và trầm tích hồ	Tình trạng khử mạnh, pH trung tính, tính kiềm cao. Nước ngầm phun trào, một số có hàm lượng axit humic cao
Xinjiang (Tianshan Plain)	38.000	40 - 750	Đồng bằng đất sa bồi thể Holocene	Tính khử, các giếng sâu (đến 660 m) phun trào
Shanxi			Đồng bằng đất sa bồi	Tính khử
Hungary, Romania (Danube Basin)	110.000	< 2 - 176	Đồng bằng đất bồi kỷ Đệ tứ	Nước ngầm khử, một số phun trào, một số chứa axit humic hàm lượng cao
Argentina (đồng bằng Chaco - Pampean)	106	<1 - 5300 (7800 trong nước khe)	Thể Holocene và Hoàng thổ trẻ với tro núi lửa rhyolitic	Tính oxi hoá, pH trung tính đến cao, tính kiềm cao. Nước ngầm thường nhiễm mặn. As(V) kèm theo B, V, Mo, U nồng độ cao. Hàm lượng As cao trong một số vùng nước sông
Miền Bắc Chile (Antofagasta)	125.000	100 - 1000	Trầm tích núi lửa kỷ Đệ tứ	Tính oxi hoá; Tình trạng khô cạn, độ mặn cao, hàm lượng B cao. Hàm lượng As cao trong nước sông
Tây-Nam USA: Basin & Range, Arizona	200.000	đến 1300	Bồn trũng sa bồi, một số khô cạn	Tính oxi hoá, pH cao. Chủ yếu là As(V), tương quan "dương" với Mo, Se, V, F
Tulare Basin, San Joaquin Valley, California	5000	<1 - 2600	Trầm tích thể Holocene và lấp đầy lòng chảo già; Bồn trũng khô kiệt	Tình trạng oxi hoá khử hỗn hợp. Tỷ lệ As(III) tăng theo chiều sâu của giếng. Tính kiềm cao trong nước ngầm nông. Hàm lượng Se, U, B, Mo cao
Southern Carson Desert, Nevada	1300	đến 2600	Trầm tích sông, hồ hỗn hợp thể Holocene thông gió, một số dải tro núi lửa mỏng	Tính khử, pH có thể cao. Một số giếng có độ mặn cao do bốc hơi. Hàm lượng U, P, Mn, DOC gắn kết cao (Fe thấp)
Salton Sea Basin				Một số giếng nước ngầm nhiễm mặn, nồng độ U cao
Mexico (Lagunera)	32.000	8 - 620	Trầm tích núi lửa	Tính oxi hoá, pH trung tính đến cao, chủ yếu là As(V)

Một số vùng có liên quan đến hoạt động khai mỏ và các vùng khoáng hoá				
Quốc gia/ Vùng	Diện tích (km ²)	Hàm lượng (µg/l)	Tầng chứa nước (Aquifer)	Tình trạng môi trường nước ngầm
Thailand (Ron Phibun)	100	1 - 5000	Đất bồi kỷ Đệ tứ đã nạo vét (có vấn đề về đá vôi); Bãi thải	Oxi hoá arsenopyrit phổ biến do khôi phục bể chứa nước ngầm từ mỏ thiếc cũ
Greece (Lavrion)			Bãi thải mỏ	Khai mỏ
Fairbanks, Alaska, USA		đến 10.000	Đá phiến, đất bồi và bãi thải mỏ	Mỏ vàng, arsenopyrit, và có lẽ cả scorodit
Moir Lake, Ontario, Canada	100	50 - 3000	Bãi thải mỏ	Mỏ quặng (vàng, haematit magnetit, chì, cobalt)
Coeur d'Alene, Idaho, USA		đến 1400	Tích tụ chất đầy thung lũng	Nước sông và nước ngầm bị ảnh hưởng do khai mỏ chì-thiếc-bạc
Lake Oahe, South Dakota, USA		đến 2000	Trầm tích hồ	Aãctong nước khe trầm tích từ mỏ vàng Black Hills
Bowen Island, British Colombia	50	0,5 - 580	Mạch khoáng sunphua trong đá vùng núi lửa	Nước ngầm có pH trung tính đến cao (đến 8.9), As tương quan với B, F

Hàm lượng arsen cao gắn liền với nguồn thủy địa nhiệt (nước khoáng nóng) xuất hiện ở nhiều khu vực các suối nước nóng của Argentina, Nhật Bản, New Zealand, Chile, Kamchatka, Iceland, Pháp, Dominica và Hoa Kỳ. Ô nhiễm As trong nước liên quan đến khai mỏ có ở nhiều quốc gia trên thế giới: Áo, Ghana, Hy Lạp, Ấn Độ (Madhya Pradesh), Nam Phi, Thái Lan và Hoa Kỳ.

Nguồn nước ngầm chứa hàm lượng arsen cao tự nhiên (nồng độ As cao hơn tiêu chuẩn nước uống) không phổ biến, chỉ tồn tại dưới những hoàn cảnh đặc biệt, không đại diện cho hầu hết các tầng chứa nước. Điều này liên quan đến môi trường địa-hóa và địa chất thủy văn hiện nay và trước đây. Nước ngầm chứa As cao không nhất thiết liên quan đến những khu vực có hàm lượng As cao trong đá nguồn. As trong nước ngầm là sự cố xuất hiện dưới cả hai tình trạng nước ngầm khử và oxi hoá, trong cả hai môi trường ướt và khô. Các dạng môi trường ở nhiều vùng đất thế giới được tóm tắt ở Bảng 4 và đề cập chi tiết theo dạng môi trường ở những mục sau.

II.3.2 Arsen trong môi trường khử

Hàm lượng arsen cao trong nước ngầm ở Bangladesh và Tây Bengal đại diện cho sự cố nghiêm trọng nhất được xác định trên toàn cầu theo khía cạnh dân số bị phơi nhiễm. Nồng độ arsen trong nước ngầm từ những khu vực bị ảnh hưởng có giới hạn khá rộng từ <0,5 µg/l đến khoảng 3.200 µg/l. Các tầng chứa nước bị As ảnh hưởng ở đây thường nông (sâu cỡ 100-150 m) thuộc tầng Holocene gồm một hỗn hợp cát mica, bùn phù sa và đất sét tích tụ ở hệ thống sông Hằng, Brahmaputra và Meghna, xuất phát từ sườn cao Himalaya và từ nền móng phức hợp của phần Bắc và Tây của bang Tây Bengal. Trong các vùng bị ảnh hưởng, trầm tích bị lớp sét hoặc bùn phù sa bịt kín, ngăn cản không khí lọt vào các tầng chứa nước, và một lượng lớn các vật thể hữu cơ rắn được tích tụ dẫn đến sự tạo ra *tình trạng khử* cho các tầng chứa nước, thích hợp cho việc di chuyển arsen. Sự di chuyển có lẽ diễn ra nhờ tổ hợp các biến đổi oxi hoá khử gồm cả việc khử As pha rắn thành As(III), giải hấp As từ

oxit sắt, hoà tan-khử các oxit,... Các giếng với chiều sâu rút nước lớn hơn 150-200 m luôn có hàm lượng arsen thấp hơn 5 $\mu\text{g/l}$ (phổ biến thấp hơn 0,5 $\mu\text{g/l}$). Các giếng khoan từ trầm tích Plio-Pleistocene già hơn của Barind và Madhupur Tracts cũng cho hàm lượng arsen thấp.

Thành phần hoá học đặc thù của nước ngầm có arsen cao là nồng độ sắt >0,2 mg/l, mangan >0,5 mg/l, bicarbonat >500 mg/l và photpho >0,5 mg/l; nồng độ clorua thấp (<60 mg/l), sunphat <1 mg/l, nitrat và florua <1 mg/l với pH gần bằng hoặc lớn hơn 7. Thế oxi hoá khử thường thấp hơn 100 mV.

Hàm lượng As trong nước ngầm khu vực Tây Nam Đài Loan từ 10 $\mu\text{g/l}$ đến 1.800 $\mu\text{g/l}$ từ những giếng phun sâu (100-280 m) tách ra từ trầm tích gồm cả cát mịn, bùn và đá đen, và một nửa số mẫu được phân tích có nồng độ giữa 400 $\mu\text{g/l}$ và 700 $\mu\text{g/l}$. Ở vùng Đông Bắc, nồng độ As trong nước ngầm được rút ra từ những giếng phun nông hơn (khoảng 16–40 m) trong giới hạn từ <10 đến >600 $\mu\text{g/l}$. Trong mỗi khu vực, nước ngầm ở trong tình trạng khử mạnh và vì vậy có thể tương tự với nước ngầm trong vùng bị ảnh hưởng của Bangladesh và Ấn Độ (Tây Bengal). Nước ngầm từ những giếng đào hở trong vùng có nồng độ arsen thấp.

Nồng độ As cao hơn tiêu chuẩn quốc gia Trung quốc (0,05 mg/l) trong nước ngầm của khu vực Nội Mông, tỉnh Xinjiang và Shanxi. Những trường hợp ngộ độc As đầu tiên được biết tại tỉnh Xinjiang từ những năm 1980 khi nồng độ As trong nước ngầm ở đây tới 1,2 mg/l. Nồng độ As từ 40 $\mu\text{g/l}$ đến 750 $\mu\text{g/l}$ trong nước ngầm phun sâu trong lòng đất (tới 660 m) tăng lên theo chiều sâu ở bồn trũng Dzungaria trên sườn Bắc dãy núi Tianshan. Nước ngầm nông có nồng độ As giữa <10 $\mu\text{g/l}$ và 68 $\mu\text{g/l}$. Nước ngầm phun trào được sử dụng làm nước uống trong vùng từ những năm 1960 và vấn đề nhiễm As mạn tính đã được ghi nhận. Trong khu Nội Mông nồng độ As cao hơn 0,05 mg/l được xác nhận trong nước ngầm từ các tầng chứa nước trong bồn trũng Huhhot, vùng Ba Meng, và bình nguyên Tumet bao gồm cả thành phố Boutou và Togto. Trong Bồn trũng Huhhot nước ngầm của tầng chứa nước phù sa Holocene dưới trạng thái khử cao. Nồng độ As trong nước ngầm lên tới 1,5 mg/l, với tỉ lệ chủ yếu là dạng As(III). Một số giếng đào nông cũng có nước ngầm với nồng độ As tương đối cao (tới 556 $\mu\text{g/l}$).

Các tầng chứa nước của đồng bằng sông Mekong và sông Hồng được khai thác rộng rãi với ước chừng khoảng trên một triệu giếng, 150.000 trong vùng đồng bằng sông Hồng và chủ yếu là giếng khoan gia đình. Nước được khai thác ở cả tầng Holocene và Pleistocene. Trong vùng đồng bằng sông Hồng, trầm tích Holocene tạo thành tầng chứa nước nông nhất, chỉ sâu từ 10-15 m. Không giống như Bangladesh, trầm tích Holocene không có lớp bùn-sét mịn ở trên bề mặt, mà thông thường nó tách ra từ trầm tích Pleistocene nằm bên dưới bởi lớp sét dày hàng mét mặc dù các cửa sổ trong lớp sét này có sự kết nối thuỷ lực giữa 2 tầng chứa nước. Nước ngầm ở dạng khử mạnh với nồng độ sắt, mangan, và amoni cao. Nhiều tầng chứa nước nông

ở một vài vùng thuộc đồng bằng sông Mekong bị nhiễm mặn và không thể dùng lấy nước uống được. Những kết quả ban đầu của M.Berg về vùng Hà Nội cho thấy những giếng khoan nông ở thành phố đặc biệt là khu vực phía Nam bị ô nhiễm arsen nghiêm trọng.[7] Ở đó xuất hiện công thức theo mùa với *mùa mưa có nồng độ cao hơn*. Điều này có lẽ liên quan đến thủy văn khu vực vì có các tương tác giữa tầng chứa nước và sông Hồng bên cạnh. Cũng còn ít biết về nồng độ arsen trong nước ngầm từ vùng trung và thượng lưu sông Mekong (và Campuchia, Lào) và những tầng chứa nước phù sa nhỏ hơn nhưng việc nghiên cứu hiện nay vẫn đang tiến hành.[8]

Nồng độ As trên 0,05 mg/l đã được xác nhận trong nước ngầm từ các trầm tích phù sa gần với sông Danube ở phía Nam của bình nguyên Hungary rộng lớn. Nồng độ lên tới 150 $\mu\text{g/l}$ được tìm thấy bởi Varsányi (1991). Vùng bình nguyên diện tích cỡ 110.000 km^2 gồm lớp dày của trầm tích kỷ Đệ tứ. Nước ngầm có dạng Ca-Mg-HCO_3^- trong vùng bờ cấp của các mép bồn trũng và dạng Na-HCO_3^- trong các vùng tháo nước nằm thấp, ở đó trầm tích là dạng hạt mịn. Nước ngầm ở những phần sâu của bồn trũng (80–560 m chiều sâu) với nồng độ As giảm theo nồng độ Fe và NH_4 , và nồng độ axit humic cao (lên tới 20 mg/l).

II.3.3 Arsen trong môi trường oxi hoá khô cằn

Vùng Lagunera của miền Bắc trung phần Mexico được biết đến do arsen trong nước ngầm ảnh hưởng đến sức khỏe. Vùng này khô cằn, nước ngầm là nguồn cung cấp nước uống chính. Nước ngầm trong vùng chủ yếu là oxi hoá với pH trung tính đến hơi kiềm (pH từ 6,3 đến 8,9- theo Del Razo 1990). Hàm lượng As từ 8 đến 624 $\mu\text{g/l}$. Trên 90% các mẫu nước ngầm được nghiên cứu có As ở dạng As(V) chiếm ưu thế. Del Razo (1994) đã xác định nồng độ trung bình của As trong nước uống ở thị trấn Santa Ana trong vùng là 404 $\mu\text{g/l}$. Nước ngầm vùng này cũng có hàm lượng florua cao (cho đến 3,7 mg/l; Cebrián 1994). Nồng độ As cao cũng tìm được trong nước ngầm của bang Sonora vùng Tây Bắc với khoảng nồng độ 2-305 $\mu\text{g/l}$. Nồng độ As cao nhất trong vùng tới 7,4 mg/l và cũng tương thích với nồng độ F^- .

Các vấn đề sức khỏe gắn với As trong nước uống được biết đến ở miền Bắc Chile trong năm 1962. Nồng độ As cao tìm được trong nước bề mặt và nước ngầm từ Vùng hành chính II thuộc miền Bắc, là vùng khô cằn (sa mạc Atacama), các nguồn nước bị hạn chế. Nồng độ As cao kèm theo với độ mặn cao (do bốc hơi) và nồng độ B cao. Nồng độ arsen dưới 0,1 mg/l trong nước bề mặt và nước ngầm khá hiếm, đôi nơi nồng độ lên tới 21mg/l. Karcher (1999) cho biết giới hạn As từ 0,1 mg/l đến 1 mg/l trong nước thô. Nước ngầm ở trạng thái oxi hoá là chủ yếu (với sự có mặt của oxy hoà tan), As trong nước ở dạng arsenat (Thornton và Farago, 1997). Các tầng chứa nước được tạo nên từ trầm tích núi lửa có hàm lượng As tổng trong trầm tích vào khoảng 3,2 mg/kg (vùng Antofagasta).

Bình nguyên Chaco-Pampean của Argentina là vùng rộng lớn, chiếm diện tích khoảng một triệu km^2 với nước ngầm giàu As xuất xứ từ các tích tụ kỷ Đệ tứ (bùn là chủ yếu) cùng với tro Riolit hoặc tro núi lửa dacit trộn lẫn. Nồng độ arsen

trong nước ngầm tỉnh Córdoba từ 6 -11.500µg/l. Nicolli và Merino (2001) khi nghiên cứu bồn trũng sông Carcarañá (tỉnh Córdoba và Santa Fe) đã tìm thấy nồng độ As trong giới hạn <10-720 µg/l và Smedley (1998) đã tìm được nồng độ As trong nước ngầm ở tỉnh La Pampa trong giới hạn <4-5.280 µg/l. Nước ngầm thường có độ mặn cao và nồng độ arsen rất tương thích với các anion và nguyên tố tạo oxo-anion (F, V, HCO₃, B, Mo). Nồng độ Fe và Mn hoà tan thấp, dưới các điều kiện liên quan đến khô cằn cùng với các phản ứng phong hoá silicat và carbonat ở pH cao (7,0-8,7), arsen chủ yếu là As(V) (Smedley, 1998). Các oxit kim loại trong trầm tích (đặc biệt oxit và hydroxit của Fe và Mn) được cho là nguồn chính của arsen hoà tan gây ra bởi giải hấp dưới các điều kiện pH (Nicolli và Merino, 2001).

II.3.4 Arsen trong môi trường oxi hoá và khử hỗn hợp

Các bang Tây Nam Hoa Kỳ (Nevada, California, Arizona) được xác nhận có vấn đề As trong nước ngầm. Trong thập kỷ trước các tầng chứa nước ở Maine, Michigan, Minnesota, South Dakota, Oklahoma và Wisconsin đã được biết với nồng độ arsen cao hơn 10 µg/l và các vùng nước ngầm nhỏ hơn ở nhiều bang cũng có arsen cao. Một báo cáo mới đây cho biết trong gần 17.000 mẫu nước được phân tích As đã có khoảng 40% vượt quá 1 µg/l và khoảng 5% vượt quá 20 µg/l (Welch, 1999). As xuất hiện từ các nguồn khác nhau: các phản ứng hoà tan/giải hấp, thuỷ địa nhiệt và các hoạt động khai mỏ. Sự xuất hiện tự nhiên của arsen trong nước ngầm xảy ra dưới cả các tình trạng khử và oxi hoá trong các khu vực khác nhau.

Nồng độ As cao vượt quá 100 µg/l, đặc biệt có mẫu tới 2.600 µg/l trong các nguồn nước ngầm nông từ phía nam sa mạc Carson, với trạng thái khử, có nồng độ oxy hoà tan thấp và nồng độ carbon hữu cơ, Mn, và Fe cao (Welch và Lico 1998). Nước ngầm cũng gắn liền với pH cao >8 và nồng độ P cao cá biệt > 4 mg/l và U >100 µg/l. Hàm lượng As và U cao do nước ngầm bốc hơi, kết hợp với sự oxi hoá khử và các quá trình giải hấp từ những oxit kim loại. Các trạng thái oxi hoá khử trong các tầng chứa nước hiện diện rất khác nhau. Tỷ lệ As ở dạng As(III) tăng lên trong nước ngầm cùng với sự tăng chiều sâu giếng, và nước ngầm từ bồn trũng Tulare (San Joaquin, California) với nồng độ As từ <1µg/l đến 2.600 µg/l thường bị ảnh hưởng mạnh bởi sự bốc hơi. Nhiều mẫu có nồng độ Se tới 1.000 µg/l, U tới 5.400 µg/l, B lên tới 73.000 µg/l và Mo tới 15.000 µg/l (Fujii và Swain, 1995). Nồng độ As và oxo-anion cao là đặc trưng của các bồn trũng dưới các trạng thái oxi hoá ở các tầng chứa nước sa bồi (tỉnh Range, Arizona). Nồng độ oxy hoà tan nằm trong khoảng 3-7 mg/l, As(V) chiếm ưu thế. As hoà tan rất tương thích với Mo, Se, V, F và pH trong khoảng 6,9-9,3. Trong số 467 mẫu đã phân tích, 7% có nồng độ As lớn hơn 0,05 mg/l. Nồng độ As trong trầm tích khoảng 2-88 mg/kg. Các trạng thái oxi hoá tồn tại trong các tầng chứa nước với chiều sâu đáng kể (600 m) mặc dù tuổi nước ngầm rất cao (tới 10.000 năm). Nồng độ arsen và các oxo-anion cao là đặc trưng của các bồn trũng ở đây.

II.3.5 Arsen trong các nguồn địa nhiệt

Arsen nồng độ cao gắn liền với các nguồn địa nhiệt đã được biết đến gồm các suối nước nóng ở nhiều nơi: Hoa Kỳ, Nhật Bản, New Zealand, Iceland, Kamchatka, Pháp và Dominica, một phần của tỉnh Salta và Jujuy ở Tây Bắc Argentina.

Sự kiện As liên quan đến các nguồn nước nóng ở Hoa kỳ được Welch (1988) đề cập gồm bốn trũng hồ Honey, California (As tới 2,6 mg/l), suối nước nóng Coso, California (tới 7,5 mg/l), Imperial Valley, California (tới 15,000 mg/l), Long Valley, California (2,5 mg/l) và Steamboat Springs, Nevada (2,7 mg/l). Nước nóng trong công viên quốc gia Yellowstone cũng chứa hàm lượng As cao ($<1-7.800 \mu\text{g/l}$ trong các mạch nước phun và suối nước nóng; Ball, 1998). As lên tới 370 $\mu\text{g/l}$ trong nước sông Madison (Nimick, 1998). Nước nóng ở công viên Lassen, California có nồng độ arsen tới 27mg/l (Thompson, 1985). Nồng độ arsen 3,8 mg/l cũng đo được ở mạch nước phun Geyser Bight, Umnak Island, Alaska. Nguồn địa nhiệt đầu vào từ Long Valley, California có nồng độ As khá cao (20 $\mu\text{g/l}$) tại điểm xuất phát trong vùng Los Angeles Aqueduct (Wilkie và Hering, 1998). Các nguồn địa nhiệt cũng đóng góp đáng kể vào nồng độ As hoà tan (tới 20 mg/l) trong hồ Mono, California.

Welch (1988) cho rằng có mối quan hệ nói chung giữa As và độ mặn trong thuỷ địa nhiệt Hoa Kỳ, nước giếng với nồng độ As lớn hơn 1mg/l, có nồng độ Cl cỡ 800 mg/l hay cao hơn. Wilkie và Hering (1998) ghi nhận độ kiềm và giá trị pH cao cỡ 8,3 cũng như nồng độ Cl và B của nước nóng giàu As ở Long Valley.

Trong 26 mẫu nước nóng từ 5 vùng nước khoáng nóng ở Kyushu, Japan, nồng độ As tìm được trong giới hạn 500 - 4600 $\mu\text{g/l}$. Nước đặc trưng dạng Na-Cl và As có mặt trong một mẫu dạng As(III) (Yokoyama, 1993).

Robinson (1995) tìm thấy hàm lượng As trong nước ngầm từ nền địa nhiệt Wairakei của New Zealand là 3,8 mg/l, nước hồ và nước sông nhận nguồn vào của nước nóng từ nền Wairakei, Broadlands, Orakei Korako và Atiamuri có nồng độ lên tới 121 $\mu\text{g/l}$, nhưng nồng độ bị giảm đáng kể ở cuối nguồn ra khỏi vùng địa nhiệt.

Nồng độ As cao cũng được thấy trong thuỷ địa nhiệt từ hệ thống El Tatio của vùng Antofagasta-Chile nằm trong bồn trũng giữa các dãy núi lửa Andes và Serrania de Tucle. Nước nóng có độ mặn cao (dung dịch NaCl với nồng độ Na trong khoảng 2000–5000 mg/l). Nồng độ As của nước trong giới hạn 45-50 mg/l.

White (1963) đã cho biết khoảng nồng độ As 50-120 $\mu\text{g/l}$ đối với nước nóng từ Iceland và khoảng 100-5.900 $\mu\text{g/l}$ đối với nước nóng vùng Kamchatka.

II.3.6 Arsen trong khoáng hoá sunphua và các vấn đề liên quan đến khai mỏ

Trường hợp ô nhiễm As điển hình liên quan đến hoạt động khai mỏ là ở quận Ron Phibun, tỉnh Nakhon Si Thammarat của Nam Thái lan. Vùng bị ảnh hưởng nằm trong vành đai Thiếc Đông Nam Á. Hàm lượng arsen lên tới 5.000 $\mu\text{g/l}$ trong các nguồn nước ngầm nông từ các trầm tích phù sa kỷ Đệ tứ được nạo vét cấp tập trong khi xử lý mỏ thiếc. Nước ngầm sâu hơn từ các tầng chứa nước đá vôi già hơn ít bị

nhiễm bẩn hơn (Williams, 1996), chỉ vài mẫu có nồng độ As cao. Sự di chuyển As có nguyên nhân từ quá trình oxi hoá arsenopyrit, đã tăng lên bởi các hoạt động của mỏ thiếc trước đó (Williams, 1997).

Khai thác mỏ vàng ở Ghana (hoạt động từ cuối thế kỷ 19) luôn gắn kết với ảnh hưởng của quá trình khoáng hoá sunphua, đặc biệt do oxi hoá arsenopyrit gây ra làm As di chuyển trong môi trường. Nồng độ As cao được ghi nhận trong đất cạnh khu mỏ và các công trình xử lý quặng (Amasa, 1975; Howell, 1992; 1993). Hàm lượng As cao cũng tìm được trong một vài mẫu nước sông gần với các hoạt động khai mỏ (Smedley, 1996). Mặc dù có nồng độ As cao trong đất ô nhiễm và trong đá nền gần với các mỏ, nhiều nguồn nước ngầm ở vùng Obuasi có nồng độ arsen thấp, trung bình trong nước giếng khoan chỉ 2 $\mu\text{g/l}$. Hàm lượng As cao tới 64 $\mu\text{g/l}$ không nằm trong phạm vi của các khu mỏ hoặc trực tiếp liên quan đến các hoạt động khai mỏ. Nồng độ As cao nhất trong các nguồn nước ngầm có tính khử (Eh 220-250 mV). Nước ngầm có tính oxi hoá từ các giếng đào nông có nồng độ As thấp do As hấp phụ lên oxit hydroxit sắt dưới điều kiện pH thấp của nước ngầm (5,4 trong giếng đào; 5,8 trong giếng khoan; Smedley, 1996).

Nước ngầm nhiễm bẩn As từ các hoạt động khai mỏ ở một số vùng của Hoa Kỳ có nồng độ rất cao, cục bộ lên tới 48.000 $\mu\text{g/l}$, gồm quận khai thác vàng Fairbanks của Alaska (Wilson và Hawkins, 1978; Welch, 1988), vùng mỏ Pb-Zn-Ag ở Coeur d'Alene của Idaho, (Mok và Wai, 1990), mỏ Leviathan, California (Webster, 1994), thung lũng Kelly Creek, Nevada (Grimes, 1995), sông Clark Fork, Montana (Welch, 2000) và hồ Oahe ở South Dakota (Ficklin và Callender, 1989). Trong những kênh thoát nước mỏ chứa axit, giá trị pH có thể cực kỳ thấp, oxit sắt hoà tan và giải phóng lượng lớn As. As và các nguyên tố vết khác xuất hiện do quá trình oxi hoá khoáng sunphua (pyrit và marcasit) trong tầng chứa nước cát kết. Nồng độ As lên tới 12mg/l trong nước giếng (ở Ordovician, Wisconsin) (Schreiber, 2000).

Nhiều vùng khác cũng phát hiện hàm lượng arsen cao trong đất, trầm tích và nước do các hoạt động khai mỏ, bao gồm vùng Lavrion của Hy Lạp gần với hoạt động khai mỏ chì và mỏ bạc (Komnitsas, 1995), thung lũng Zimapán của Mexico, khu vực Tây Nam nước Anh (Thornton và Farago, 1997), Nam Phi, Zimbabwe và Bowen Island, British Columbia (Boyle, 1998). Mặc dù ô nhiễm môi trường được cảnh báo nhưng ảnh hưởng arsen đến nước ngầm, là nguồn cung cấp nước uống thường không đáng kể ở những vùng này.

II.4 Ảnh hưởng của việc sử dụng nguồn nước bị ô nhiễm arsen đến sức khoẻ và biện pháp loại bỏ arsen khỏi nước

Cho đến nay ảnh hưởng của As đến sức khoẻ con người đã được khẳng định tương đối rõ ràng. Giới hạn của các biểu hiện nhiễm độc arsen mạn tính cũng rất rộng, từ những thương tổn trên da (đổi màu sắc tố da, sừng hoá,...phổ biến ở Bangladesh, Đài Loan, Tây Bengal) cho tới các ảnh hưởng nặng nề khác liên quan tới thần kinh, tim mạch, tổn thương gan, phổi, tiểu đường,...xuất hiện ở Trung Quốc,

Hoa Kỳ, Bangladesh, Đài Loan, Tây Bengal, Argentina,...Và nghiêm trọng nhất là gây ung thư da, phổi, các nội tạng khác như thận, bàng quang,...Các căn bệnh này phát triển chậm qua nhiều năm người bệnh dùng nguồn nước chứa As cao (Smith, 1997; 1998). Nghiên cứu từ nhiều nước cho thấy tỉ lệ số người mắc bệnh do dùng nước chứa As là khá cao (một phần mười), và số ca tử vong do ung thư có nguồn gốc từ uống nước bị nhiễm độc As có xu hướng tăng lên đáng báo động tại Đài Loan, Chile và Argentina.[9]

Các công nghệ hiện có để xử lý loại bỏ arsen phụ thuộc vào nồng độ arsen trong nước, vào thành phần hoá học của nước, bao gồm cả những hợp phần gây ảnh hưởng và lượng nước cần xử lý. Thông thường nhất là các biện pháp lý học: keo tụ, làm mềm hoá, trao đổi ion, xử lý bằng màng alumina hoạt hoá và thẩm tách bằng điện với quy mô lớn. Giá thành của các công nghệ này cao, khiến người ta phải tìm cách thay thế như hứng nước mưa, thu gom và xử lý nước mặt để có nước sạch không chứa arsen.[1]

Các kỹ thuật xử lý loại bỏ As khỏi nước [10] thường rơi vào 10 loại sau:

Oxi hoá: sục oxi hoặc không khí vào nước sau khi bơm từ giếng lên tạo kết tủa FeAsO_4 ; Có thể dùng ánh sáng mặt trời tạo phản ứng oxi hoá-quang hoá;

Kết tủa hoặc sa lắng thụ động với sắt nguồn gốc tự nhiên;

Keo tụ: thường phải thêm hoá chất tạo keo vào nước nhằm keo tụ các hạt lơ lửng, và arsen có mặt sẽ bị hấp phụ trên lớp đông tụ này;

Sa lắng: tạo trọng lực để tách các hạt rắn trong nước, thường kết hợp biện pháp này với kết tủa hoặc hấp phụ;

Lọc qua cát, than hoạt tính, vải lọc;

Hấp phụ: dùng chất hấp phụ dạng hạt như sét, cao lanh, bentonit, than xương;

Trao đổi ion: dùng nhựa trao đổi ion hoặc gôm vô cơ có khả năng tách ion;

Thẩm thấu qua màng hoặc thẩm thấu ngược;

Sinh học: dùng vi khuẩn thích hợp để loại bỏ As;

Và các phương pháp khác thường kết hợp các kỹ thuật vừa nêu;

Murcott (2001) đã xác định 32 kỹ thuật riêng biệt cho nguồn cung cấp thay thế hoặc loại bỏ As. Đối với các nước đang phát triển, có thể cân nhắc chọn một số kỹ thuật thích hợp, đáp ứng được các yêu cầu: đủ rẻ để sử dụng rộng rãi mà không cần đến mức độ huy động vốn và nhập khẩu; Kỹ thuật tương đối dễ vận hành và bảo dưỡng; Quá trình sản xuất sử dụng chủ yếu vật liệu tại chỗ; Các kỹ thuật này chủ yếu áp dụng cho các giếng khoan công nghiệp hoặc hộ gia đình.

Khi sử dụng rộng rãi nguồn nước tưới bị nhiễm bản As sẽ dẫn đến hậu quả tích tụ As trong chuỗi dinh dưỡng, gây độc vật nuôi, cây trồng, và cũng sẽ gián tiếp gây độc đối với con người. Giải pháp cho vấn đề này là sử dụng và phát triển nguồn nước mặt một cách an toàn.

III. Tổng quan các nghiên cứu về ô nhiễm arsen ở Việt nam

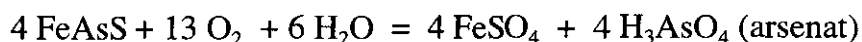
III.1 Tình hình điều tra về ô nhiễm arsen trong nước ngầm [11]

Việt nam cũng như nhiều nước trên thế giới, tại các đô thị lớn nước ngầm là nguồn cung cấp chủ yếu cho sản xuất và sinh hoạt. Nghiên cứu về arsen trong nước ngầm hay còn gọi là nước dưới đất ở Việt nam đã được đề cập trong các báo cáo địa chất, địa chất thuỷ văn, địa hoá cũng như thuỷ địa hoá. Tuy nhiên vào đầu những năm 90 của thế kỷ trước, việc nghiên cứu As chỉ mang tính khái quát và kết hợp khi nghiên cứu chung với các nguyên tố khác. Các mẫu phân tích As chỉ có tính chất đơn lẻ và rải rác, chưa có hệ thống. Kể từ khi arsen trở nên nổi cộm với thế giới thì việc nghiên cứu về chúng mới được chú ý. Nghiên cứu arsen có hệ thống và quy mô ở Việt nam mới thực sự được bắt đầu từ khoảng năm 1998 nhưng việc nghiên cứu cũng đã cho thấy bức tranh tổng quát về tình hình ô nhiễm arsen trong toàn quốc.

Trong gần một thập kỷ qua, sau khi có những kết quả phân tích mẫu nước dưới đất đơn lẻ có hàm lượng As cao hơn Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) năm 1995 (0,05 mg/l), các nhà khoa học và quản lý ở nước ta đã bắt đầu chú ý đến vấn đề ô nhiễm As trong nước dưới đất. Từ khi có những thông tin về ô nhiễm As trong nước ngầm ở Bangladesh trên diện rộng và đặc điểm các tầng chứa nước giống như ở khu vực đồng bằng Việt Nam, nhiều nhà khoa học trong nước và ngoài nước cùng bắt tay vào nghiên cứu vấn đề có hay không nước ngầm của Việt nam chịu ảnh hưởng ô nhiễm do arsen và kim loại nặng gây ra. Từ năm 2000 đến nay, đã có nhiều công trình nghiên cứu về As trong các nguồn nước. Các kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy trên lãnh thổ nước ta nguồn nước ngầm ở nhiều địa phương có dấu hiệu bị ô nhiễm As ở mức độ khá cao. Đã có khá nhiều công trình nghiên cứu của các tác giả trong và ngoài nước công bố trên nhiều diễn đàn Hội nghị, Hội thảo, báo chí chuyên ngành, trên các phương tiện thông tin đại chúng, gần đây là trên các mạng internet quốc gia và quốc tế về sự hình thành, phân bố ô nhiễm As trong nước và các giải pháp xử lý, phòng ngừa việc ô nhiễm As ở Việt nam. Có thể tóm lược tình hình nghiên cứu về arsen tại Việt nam thông qua các công trình sau.

Vào năm 1997, nhóm tác giả Hồ Vương Bính, Đặng Văn Can, Phạm Văn Thanh, Bùi Hữu Việt đã nghiên cứu về “Địa hoá arsen và sức khoẻ cộng đồng”. Các tác giả cho rằng As là một nguyên tố có nồng độ thấp trong địa quyển. Những nơi có hàm lượng As cao thường liên quan đến khoáng vật sunphua đa kim như ở các vùng mỏ antimon, thuỷ ngân, cobalt, molybden, đồng và chì-kẽm. Arsen trong đất và nước có hàm lượng cao tại những khu vực mỏ than, than bùn, sét giàu vật chất hữu cơ, các tích tụ nguồn gốc đầm hồ và trong các chất thải, nước thải.

Khi khai thác khoáng sản thì đất đá bị phá vỡ và các khoáng vật nguyên sinh bị phơi lộ, quá trình phong hoá phát triển với mức độ cao hơn. Arsenopyrit được tách khỏi các khoáng vật đó và có điều kiện tiếp xúc mạnh với không khí. Arsenopyrit bị rửa lũa, dẫn đến một lượng lớn arsen được đưa vào trong môi trường. Quá trình đó được biểu diễn theo phương trình sau.



Arsenat trong môi trường tự nhiên dễ dàng chuyển hoá thành $\text{H}_2\text{AsO}_4^{2-}$ và HAsO_3^- di chuyển tốt trong nước, hấp phụ vào đất, bùn và thực vật.

Trên cơ sở nghiên cứu, các tác giả đã liên hệ với các dị thường arsen ở Đầm Hồng (Tuyên Quang), Bản Phúng (Sơn La). Với cơ sở lý thuyết đã nêu trên và dựa vào kết quả nghiên cứu cụ thể của từng địa phương có hàm lượng arsen trong nước cao để đề xuất nghiên cứu ảnh hưởng của As đến đời sống của người sử dụng nước. Kết quả thấy rằng hàm lượng As trong nước sinh hoạt (là nước suối) bản Hin Hụ và Bang Mon khá cao, lên đến 0,43-0,72mg/l, vượt xa TCVN năm 1995. Với kết quả điều tra bệnh học ban đầu về lâm sàng, cận lâm sàng, huyết học, dịch tễ học,...với 51 chứng bệnh liên quan, các tác giả cho rằng nhân dân trong vùng bản Hin Hụ và Bang Mon đã bị nhiễm độc arsen mạn tính.

Năm 2000, tác giả Đỗ Văn Ái và các cộng sự đã nghiên cứu về “Một số đặc điểm phân bố arsen trong tự nhiên và vấn đề ô nhiễm arsen trong môi trường Việt Nam”. Các tác giả đã công bố số liệu về hàm lượng arsen trong các thân quặng và đá. Một số kết quả về hàm lượng arsen trong các loại đá được tổng hợp ở Bảng 5.

Bảng 5 . Hàm lượng As trong một số loại đá ở Việt nam

TT	Loại đá	Hàm lượng As (ppm)
1	Mac ma	0,5-2,8
2	Cacbonat	2,0
3	Cát kết	1,2
4	Trầm tích	6,6

Các tác giả cũng đã nghiên cứu sự phân bố của arsen theo chiều sâu. Theo đó thấy rằng trong vỏ phong hoá, hàm lượng As tập trung cao ở độ sâu từ 0 đến 2 m. Hàm lượng As có xu hướng giảm theo chiều sâu. Hàm lượng As trong các trầm tích Đệ tứ Hà nội là khoảng 6-63 mg/kg (ppm). Một số kết quả nghiên cứu về hàm lượng As trong các lớp đất đá trầm tích ở khu vực Hà nội được thống kê trong Bảng 6.

Bảng 6. Hàm lượng arsen trong một số loại đất đá trầm tích ở Hà nội

TT	Loại đất	Hàm lượng As (ppm)
1	Sét nâu	6-63
2	Sét màu xám	2-12
3	Cát vàng-nâu xám	0,5-5

Hàm lượng của arsen trong đất đá có quan hệ tuyến tính với hàm lượng $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ với hệ số tương quan $R=0,94$.

Năm 2000, tác giả Đặng Văn Căn đã có công trình nghiên cứu “Nhận định bước đầu về quy luật phân bố, di chuyển và tích lũy arsen ở vùng mỏ nhiệt dịch có hàm lượng As cao”. Tác giả cho rằng hàm lượng As trong đá gốc tươi ở vùng biến

đổi nhiệt dịch cao hơn trị số Clack. Cư dân sống ở các khu vực đó có thể bị nhiễm độc arsen nên cần có biện pháp khắc phục.

Ngoài các công bố nêu trên còn có nhiều công trình nghiên cứu As ở nhiều khu vực trên phạm vi toàn quốc. Từ năm 1999 đến nay, Cục quản lý nước và công trình thủy lợi (nay là Cục Thủy lợi) thuộc Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, tổ chức UNICEF Việt nam đã tiến hành nhiều hoạt động, nghiên cứu liên quan đến tình hình ô nhiễm As trên toàn quốc. Tháng 9 năm 2003, UNICEF Việt nam phối hợp với Viện Y học Lao động và Vệ sinh Môi trường tiến hành “Đánh giá mức độ ô nhiễm As trong nguồn nước ngầm, tình hình sử dụng nước giếng khoan cho ăn uống và sinh hoạt của nhân dân ở 3 xã Hoà Hậu, Vĩnh Trụ và Bồ Đề, tỉnh Hà Nam”. [12] Cũng trong năm 2003, tác giả Tống Ngọc Thanh (Liên đoàn Địa chất Thủy văn-Địa chất Công trình khu vực miền Bắc) đã công bố công trình nghiên cứu về “Sự ô nhiễm arsen trong nước ngầm vùng châu thổ sông Hồng” với việc đánh giá mức độ nước ngầm bị ô nhiễm ở từng địa phương (Hà Nội, Nam Định, Ninh Bình, Thái Bình), theo vùng và theo mùa. Trong báo cáo này, tác giả cũng đề cập đến sự có mặt của một số kim loại nặng (Ni, Cr, Cd, Mn, Be) cao hơn TCVN năm 1991. [13]

Ngoài những công trình nghiên cứu trong khuôn khổ hoạt động chính của các tổ chức quản lý và bảo vệ nguồn nước, còn nhiều công trình khoa học đã được báo cáo và đăng tải trong các Hội nghị và Hội thảo khoa học chuyên đề.

Hội thảo quốc tế về ô nhiễm arsen trong nguồn nước dưới đất được tổ chức tháng 10 năm 2000 tại Hà nội với hàng chục báo cáo tập trung vào lĩnh vực cảnh báo ô nhiễm arsen trong các nguồn nước ngầm ở nhiều địa phương và các biện pháp loại trừ hoặc giảm thiểu.

Hội nghị về arsen trong nước sinh hoạt và chương trình hành động tháng 10 năm 2001 do Cục quản lý nước và công trình thủy lợi tổ chức với nhiều bài báo cáo, tham luận và một tài liệu kỹ yếu khoa học thu thập báo cáo của các chuyên gia trong và ngoài nước quan tâm nghiên cứu ô nhiễm arsen.

Một số hội thảo, seminar khoa học, hội nghị có liên quan đến tình hình ô nhiễm arsen trong nước sinh hoạt và giải pháp khắc phục ở cấp bộ, ngành đã được tiến hành liên tục trong các năm 2002-2005.

Một số phương tiện thông tin đại chúng ở Trung ương như Đài truyền hình, Đài tiếng nói Việt Nam, một số báo đã đưa tin cảnh báo về tình hình ô nhiễm arsen trong nguồn nước dưới đất, đặc biệt là ở khu vực Hà Nội, và mối nguy hại đến sức khoẻ cộng đồng. Gần đây nhất là các bài phóng sự trên báo Lao động về “Hành trình nhận diện arsen”, “Giải pháp khắc phục ô nhiễm do arsen gây ra”, “Thạch tín, cái chết chậm”,.... Có một thực tế là nhiều vùng, nhiều khu vực trong nước ta phát hiện thấy những dấu hiệu của một loại bệnh do dùng nước bị nhiễm độc arsen lâu ngày. Do đó hàng loạt các hoạt động điều tra, nghiên cứu xác định hàm lượng arsen trong đất, nước dưới đất đã được tiến hành ở nhiều tỉnh, thành trên toàn quốc. Trong đó một số kết quả chính được tóm lược như sau.[11]

Năm 1999, 1228 mẫu nước dưới đất ở Hà Nội, Hà Tây, Phú Thọ, Hải Phòng, Quảng Ninh, Thái Bình, và Thanh Hoá đã được phân tích hàm lượng arsen. Kết quả có 17,1% số mẫu (210/1228) có hàm lượng As cao hơn 0,05mg/l (TCVN năm 1995). Riêng tại Hà Nội, tỉ lệ này là 34% (178/525 mẫu), cao nhất trong các địa phương được điều tra.

Vào thời điểm 2000 - 2001, 498 mẫu nước của Hà Nội được phân tích arsen. Trong số đó có 470 mẫu nước dưới đất trong các tầng *qh* và *qp*, 28 mẫu nước mặt, nước thải. Kết quả cho thấy 138/470 mẫu nước ngầm (29,3%) có hàm lượng arsen vượt quá TCVN (1995). Ngoài ra ở các tỉnh Nam Định, Thái Bình, Ninh Bình cũng đã có 325 mẫu nước ngầm được phân tích As, kết quả có 5,8% số mẫu (19/325) vượt TCVN năm 1995.

Cuối năm 2001, trong khuôn khổ của đề tài “Ứng dụng mô hình dòng ngầm ba chiều, nghiên cứu đánh giá hiện trạng ô nhiễm nguồn nước và dự báo sự di chuyển của một số nguồn ô nhiễm tại khu vực phía nam Hà Nội” do Cục Quản lý nước và Công trình thuỷ lợi tiến hành, 107 mẫu nước và 20 mẫu đất khu vực phía Nam Hà Nội đã được phân tích hàm lượng As. Kết quả cho thấy : đối với nước ngầm tỉ lệ số mẫu có hàm lượng As vượt quá TCVN (1995) là 18,6% (16/86 mẫu); đối với mẫu đất hàm lượng As cao nhất đạt 71,5ppm, thấp nhất 2,7ppm, trung bình 18,8 ppm. Ngoài ra, trong 52 mẫu nước ở khu vực Quỳnh Lôi-Thanh Nhàn đã được phân tích arsen 19,1% số mẫu (9/47 mẫu) có hàm lượng arsen vượt quá TCVN (1995).

Bảng 7. Khối lượng mẫu tại một số địa phương và Hàm lượng As

TT	Địa phương	Số mẫu phân tích As	< 0,01 mg/l % số mẫu	0,01 - 0,05mg/l % số mẫu	> 0,05 mg/l % số mẫu
1	Bình Dương	30	-	-	-
2	Bắc Ninh	1	-	-	-
3	Cao Bằng	15	100	0	0
4	Gia Lai	189	23	76	1
5	Hà Nội	1076	23	33	31
6	Hà Tây	1	-	-	-
7	Hải Phòng	49	0	98	2
8	Phú Thọ	80	18	73	5
9	Quảng Nam	91	85	14	0
10	Quảng Ninh	175	1	87	2
11	Sơn La	24	-	-	-
12	Tây Ninh	160	88	12	0
13	Thái Bình	196	10	84	0
14	Thanh Hoá	201	29	56	11
15	Vĩnh Phúc	129	47	46	4

(Số liệu do Cục quản lý nước và Công trình thuỷ lợi, tổ chức UNICEF Việt nam thực hiện năm 1999-2001)

Đầu năm 2002 kết quả phân tích arsen trong 734 giếng khoan do UNICEF tài trợ ở 7 tỉnh đã được công bố, trong đó chỉ có 0,95% số mẫu vượt TCVN (0,05mg/l).

Nhìn chung phần lớn các nghiên cứu trong thời gian gần đây thường quan tâm nhiều hơn tới việc xác định hàm lượng arsen trong nguồn nước dưới đất. Theo số liệu tổng hợp sơ bộ ban đầu, đến nay trên phạm vi toàn quốc đã có khoảng vài nghìn giếng khoan các loại được phân tích hàm lượng arsen, phân bố ở gần 20 tỉnh, thành phố trong cả nước, trong đó tập trung hơn cả ở khu vực đồng bằng sông Hồng. Địa phương được nghiên cứu nhiều nhất là Hà Nội, sau đó đến Thanh Hoá, Thái Bình, Gia Lai, Quảng Ninh, Bắc Ninh và Hà Tây.

Tuy nhiên với số lượng mẫu ít, phạm vi phân bố của các giếng chỉ tập trung tại một số xã, một số khu vực nên các kết quả nghiên cứu mới chỉ có tính chất sơ bộ, mang tính phát hiện là chính (Bảng 7).

III.2 Tình hình nghiên cứu về arsen trong nước ngầm Hà nội

Hà Nội là thủ đô, là trung tâm chính trị, văn hoá, kinh tế, xã hội của cả nước. Đảm bảo cung cấp nguồn nước sạch cho thành phố là một nhiệm vụ quan trọng. Hà Nội là một trong số ít thành phố của cả nước hiện đang sử dụng nguồn nước dưới đất để cấp nước cho đô thị. Mỗi ngày Hà Nội tiêu thụ khoảng trên 400.000 m³ nước. Trong gần mười năm trở lại đây việc nghiên cứu arsen trong nước dưới đất ở Hà nội đang thu hút sự quan tâm của nhiều nhà khoa học, chuyên môn và quản lý.[14]

Nghiên cứu về ô nhiễm arsen ở Hà nội đã được tiến hành từ cách đây khoảng 15 năm. Năm 1991-1993, khi thực hiện đề tài “Đánh giá độ nhiễm bẩn và đề xuất các biện pháp bảo vệ nguồn nước dưới đất ở một số khu vực trọng điểm thuộc đồng bằng Bắc bộ”, tác giả Đỗ Trọng Sự (Viện Địa chất và Khoáng sản) đã lấy mẫu và phát hiện hàm lượng As và các tác nhân gây nhiễm bẩn khác như NH₄⁺, NO₂⁻/NO₃⁻, Hg trong nước ngầm tăng cao theo mùa khô, giảm xuống vào mùa mưa. Năm 1995, tác giả Nguyễn Văn Dần trong “Báo cáo kết quả nghiên cứu địa chất thuỷ văn vùng Hà nội năm 1995” đã tổng kết các kết quả nghiên cứu trong các năm 1992-1995, và nhận định “nước ngầm bị nhiễm bẩn tăng trên nhiều hơn tầng dưới, đặc biệt là nito (NH₄⁺ là chủ yếu), tốc độ nhiễm bẩn và diện tích vùng nhiễm bẩn cũng bị tăng lên. Tuy nhiên khi đó As chưa xuất hiện thành vấn đề thời sự nên việc hàm lượng As cao trong nước ngầm chưa được các nhà chuyên môn cũng như quản lý chú ý.[15]

Trong các năm 1999-2000, với sự tài trợ kinh phí nghiên cứu của một dự án của Thụy sỹ, M.Berg (Viện Khoa học và Công nghệ Nước Liên bang Thụy sỹ-EAWAG) và nhóm của Phạm Hùng Việt (Đại Học Khoa học Tự nhiên, Đại Học Quốc gia Hà Nội) đã thực hiện đề tài “Bước đầu khảo sát nhằm đánh giá hàm lượng arsen trong nước dưới đất và nước cấp khu vực Hà nội”. Trong công trình này, các tác giả đã chia vùng nghiên cứu (nội và ngoại thành Hà nội) thành 4 khu vực có mức độ ô nhiễm As khác nhau. Trong đó khu vực phía Nam Hà nội bị ô nhiễm nhiều nhất với mức độ cao hơn cả (có mẫu cho hàm lượng As tới 3 mg/l). Các tác giả còn khẳng định hàm lượng As cao không phải do tác động từ bên ngoài mà có nguồn

gốc từ bản thân địa chất của khu vực. Các tầng đất đá vùng Nam Hà Nội có một lớp than bùn do các vật chất hữu cơ bị chôn vùi lâu ngày, và arsen sinh ra từ đó. Sự di chuyển của arsen phụ thuộc chặt chẽ vào độ pH môi trường. [16].

Năm 2000, tác giả Ngô Ngọc Cát và các cộng sự đã công bố công trình nghiên cứu “Đánh giá nước nhiễm độc arsen ở phường Quỳnh Lôi, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội; Đề xuất các giải pháp làm sạch nước”. Với bài báo này tác giả đã đưa ra một số kết quả phân tích mẫu nước có hàm lượng As cao ở khu vực phía Nam Hà Nội và đề xuất một số giải pháp xử lý. Kết quả này trùng với nhiều kết quả nghiên cứu của nhiều tác giả trong thời gian trước đó.

Tại Hội thảo quốc tế về “Ô nhiễm As trong nước dưới đất” được tổ chức tại Hà Nội vào tháng 10 năm 2000, đã có 21 báo cáo được trình bày với nhiều kết quả nghiên cứu về ô nhiễm As ở Hà nội. Tiêu biểu là các bài của nhóm nghiên cứu hỗn hợp giữa Viện Khoa học và Công nghệ Nước Thuy sỹ (do M.Berg đứng đầu) và Trung tâm Nghiên cứu môi trường và phát triển bền vững thuộc Đại học Khoa học Tự nhiên (Đại học Quốc gia Hà nội, do Phạm Hùng Việt đứng đầu), nhóm của tác giả Nguyễn Văn Đản (Liên đoàn Địa chất Thủy văn và Công trình miền Bắc), của tác giả Phạm Ngọc Hồ (Khoa Môi trường, ĐHQG), Nguyễn Hữu Hoan (Viện Hoá học Công nghiệp), Đỗ Trọng Sự (Viện Địa chất và Khoáng sản Việt Nam),...

Năm 2001, nhóm các tác giả Đỗ Văn Bình, Bùi Học, Đào Đình Thuần (Trường Đại học Mỏ-Địa chất) đã tiến hành nghiên cứu “Arsen trong nước dưới đất và ảnh hưởng của chúng đến sức khoẻ cộng đồng”. Các tác giả quan tâm đến sự hình thành arsen trong quá trình hình thành cấu trúc địa hoá của cả vùng đồng bằng và dạng tồn tại của arsen trong nước dưới đất. Theo đó As hoá trị 3+ và As hoá trị 5+ luôn luôn có thể chuyển đổi trạng thái cho nhau tùy thuộc vào điều kiện môi trường của các tầng chứa nước. Tuy nhiên kết quả phân tích trong giai đoạn này chỉ khẳng định hàm lượng As tổng số, không phân biệt được hai dạng tồn tại của As, nên chưa đủ điều kiện để khẳng định *môi trường nước ngầm khu vực Nam Hà Nội là môi trường oxi hoá hay khử hay hỗn hợp oxi hoá-khử*.

Tháng 3 năm 2001 Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam và UNICEF đã công bố kết quả nghiên cứu As trong nước ngầm Hà Nội. Theo báo cáo này, các mẫu được lấy tại 115 lỗ khoan trong hệ thống quan trắc quốc gia và hệ thống quan trắc của Hà Nội với địa tầng đã được xác định rõ ràng, quá trình quan trắc nhiều năm nên thuận lợi cho nghiên cứu. Ngoài ra các tác giả cũng đã khảo sát và lấy mẫu phân tích tại các lỗ khoan lẻ trong các cơ quan, trường học, bệnh viện, xí nghiệp, đơn vị quân đội hiện đang khai thác nước. Các giếng khoan đường kính nhỏ kiểu UNICEF cũng được lựa chọn để lấy mẫu nghiên cứu. Để so sánh kết quả, các mẫu nước sông, hồ, nước thải cũng được lấy để đánh giá.

Với một lượng mẫu tương đối lớn được lấy và phân tích, các tác giả đã nhận định: cả hai tầng chứa nước *qh* và *qp* ở Hà nội đều có biểu hiện ô nhiễm arsen với

mức độ cao và diện rộng. Nguồn gốc arsen là từ tự nhiên. Sự phân bố của As có liên quan chặt chẽ với hàm lượng sắt có trong nước.

Năm 2001, Bùi Học, Đỗ Văn Bình, Nguyễn Chí Nghĩa, Đào Đình Thuận (Trường Đại học Mỏ-Địa chất) công bố công trình “Arsen trong nước dưới đất và hướng nghiên cứu chúng”. Các tác giả đã nêu lên nhiệm vụ quan trọng và những công tác cần giải quyết khi nghiên cứu arsen. Đồng thời ý kiến của các tác giả khá đồng nhất với các kết quả nghiên cứu của Cục Địa chất và UNICEF Việt Nam.

Năm 2001, Tác giả Chander Badloe và Nguyễn Quý Hoà (UNICEF Việt Nam) đã nghiên cứu đề tài “Arsen trong nước sinh hoạt-vấn đề cấp bách liên quan đến sức khoẻ con người ở Việt Nam”. Đây là một công trình nghiên cứu được đầu tư bằng nguồn kinh phí nghiên cứu của tổ chức thế giới UNICEF. Các tác giả đã phân tích đặc điểm As trong nước dưới đất Việt Nam và liên hệ với đồng bằng Bengal và Bangladesh. Theo đó các kết quả nghiên cứu ở Việt Nam cũng khá giống như đối với Bangladesh và một số khu vực khác trên thế giới.

Tháng 10 năm 2001 Hội nghị về “Arsen trong nước sinh hoạt và xây dựng kế hoạch hành động” được tổ chức tại Hà Nội, do Cục Quản lý nước và Công trình thuỷ lợi chủ trì. Các bài báo cũng đã đưa ra nhiều kết quả nghiên cứu ban đầu về arsen ở Hà Nội nói riêng và trên phạm vi toàn quốc nói chung. Hội nghị xoay quanh việc trả lời các vấn đề về nguồn gốc, sự phân bố, sự di chuyển của As trong nước và ảnh hưởng của chúng tới đời sống cũng như các biện pháp phòng tránh, xử lý nguồn nước. Hội nghị đã định hướng cho công tác điều tra, nghiên cứu arsen ở Hà Nội cũng như trên toàn quốc.

Năm 2001, Nguyễn Văn Đản và Tống Ngọc Thanh nghiên cứu về “Khả năng nhiễm bẩn arsen các nguồn nước dưới đất vùng Hà Nội” do cấu tạo địa chất cục bộ.

Năm 2002, nhóm tác giả W. Giger, M. Berg, Phạm Hùng Việt, và các cộng sự đã công bố công trình “Nghiên cứu phân tích môi trường trong khuôn khổ hợp tác Việt Nam -Thụy Sĩ về tác nhân ô nhiễm arsen và chất hữu cơ trong môi trường nước và nước uống”. Nội dung nghiên cứu không chỉ đưa ra những số liệu nhằm cảnh báo nguồn nước ngầm Hà Nội bị nhiễm bẩn As, mà còn khẳng định các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi gồm cả hợp chất cơ clo (Trihalomethane) tạo bởi sự phun khí Clo vào các nguồn cấp nước sinh hoạt cho thành phố với mục đích tẩy trùng cũng gây nên tác động có hại cho sức khoẻ người dùng nước sạch. [17]

Năm 2002-2004, Cục Quản lý nước và Công trình thuỷ lợi chủ trì thực hiện đề tài “Nghiên cứu xác định sự tồn tại, quy luật phân bố của arsen trong đất và trong nước ở thành phố Hà Nội...”. Đây là một đề tài quy mô lớn về điều tra nghiên cứu có hệ thống và chi tiết nhất từ trước tới nay. Theo đó, 450 mẫu đất trong các trầm tích bờ rời và 2200 mẫu nước được lấy nhằm phân tích hàm lượng As. Mẫu đất, mẫu nước, mẫu nước thải, nước mặt được lấy theo mùa tại những vị trí xác định. Khối lượng mẫu nhiều, phân tích bằng nhiều phương pháp cho phép có thể có tài liệu đối chứng và bổ sung cho nhau nên kết quả là đáng tin cậy. Ngoài việc điều tra, tập thể

tác giả và chủ nhiệm đề tài Phạm Xuân Sử cũng đã tiến hành thực hiện một khối lượng lớn các dạng nghiên cứu như thí nghiệm, xử lý tài liệu, lập bản đồ phân bố ô nhiễm và thực hiện nhiều công tác hỗ trợ khác (khoan, đo và phân tích các hàm lượng một số nguyên tố liên quan, điều tra xã hội về hiện trạng khai thác nước, tình hình sức khoẻ của nhân dân ở một số khu vực nghiên cứu có hàm lượng arsen cao,...). Tuy nhiên nội dung nghiên cứu của đề tài này chỉ tập trung vào nguyên tố As là chính, hàm lượng các nguyên tố kim loại nặng khác cũng chỉ được đề cập đến khi so sánh mối liên hệ tương quan giữa chúng và As, nhưng theo báo cáo tổng kết thì *chưa thấy quy luật giữa hàm lượng từng nguyên tố (Fe, Mn, Cu, Cr, Pb, Se, Cd,...) so với hàm lượng As.*

III.3 Tình hình ô nhiễm arsen trong nước ngầm trên phạm vi toàn quốc[11]

Sau khi những thông tin về ô nhiễm As ở Bangladesh được công bố rộng rãi trên mạng internet năm 1997 thì vấn đề As ở Việt Nam cũng đã bắt đầu được chú ý. Đã có nhiều tác giả và các cơ quan nghiên cứu ô nhiễm As trong các nguồn nước khai thác phục vụ sinh hoạt. Các nghiên cứu đều đưa ra kết quả là có sự nhiễm bẩn As trong các nguồn nước. Đặc biệt việc nghiên cứu các nguồn nước cấp cho sinh hoạt ở hai vùng đồng bằng châu thổ Sông Hồng và sông Mekong được chú ý hơn cả. Kết quả nghiên cứu cho thấy có hiện tượng nhiễm bẩn arsen trong nguồn nước khá rõ rệt ở Hà Nội, Phú Thọ, Hà Nam, Nam Định, Hà Tây, Vĩnh Phúc, Đồng Tháp,...

Kết quả phân tích của hơn 2300 mẫu nước ngầm được lấy từ các giếng khoan khai thác nước từ năm 1999 đến 2001 ở 12 tỉnh thành trên phạm vi toàn quốc, cho thấy tình hình ô nhiễm arsen trong nước dưới đất như sau:

Theo tiêu chuẩn TCVN năm 1995 ($As < 0,05 \text{ mg/l}$) 7/11 tỉnh (64%) đã phát hiện ô nhiễm, tỉ lệ ô nhiễm chung trong tập mẫu này là 16%. Hà Nội có tỉ lệ ô nhiễm cao nhất (31%), tiếp đó là Thanh Hoá (11%). Các tỉnh Phú Thọ, Vĩnh Phúc, Hải Phòng, Quảng Ninh và Gia Lai có tỉ lệ ô nhiễm từ 1 đến 5%.

Theo tiêu chuẩn TCVN năm 2003 về các chỉ tiêu kim loại có mặt trong nước sinh hoạt ($As < 0,01 \text{ mg/l}$) có tới 10/11 tỉnh có giếng khai thác nước bị ô nhiễm (chiếm 91%), chỉ duy nhất tỉnh Cao Bằng với 15 mẫu được phân tích đều có hàm lượng As dưới $0,01 \text{ mg/l}$. Tỉ lệ ô nhiễm chung trong tập mẫu phân tích là 71%.

Mặc dù số lượng mẫu phân tích còn ít (trừ Hà Nội) so với tổng số giếng hiện có ở các địa phương, nhưng đã phát hiện thấy mức độ ô nhiễm là đáng kể. Khu vực phía bắc có tỉ lệ ô nhiễm cao hơn so với khu vực miền Trung, Tây Nguyên và Đông Nam bộ (xem Bảng 7).

III.4 Tình hình ô nhiễm arsen trong các nguồn nước ở Hà nội[11]

Với các kết quả nghiên cứu khác nhau của nhiều tác giả, có thể thấy rằng khả năng nhiễm bẩn As trong nước dưới đất là một thực tế. Hàm lượng của arsen trong nước vượt quá giới hạn cho phép (theo TCVN năm 1995) là những cơ sở để đánh giá. Tuy nhiên còn nhiều vấn đề chưa được làm sáng tỏ như mức độ, diện phân bố, nguồn gốc ô nhiễm... là mục tiêu nhiệm vụ của những công trình điều tra nghiên cứu

tiếp theo. Kết quả nghiên cứu ở Hà Nội, nơi có khá nhiều công trình nghiên cứu chất lượng nước nói chung và tình hình ô nhiễm As nói riêng cho phép khái quát như sau.

Nguồn nước sông: đặc trưng cho vùng Hà nội là nước sông Hồng, sông Nhuệ. Trong năm 1993-1997, kết quả quan trắc chất lượng nước sông cho thấy trong tổng số 220 mẫu (sông Hồng 90 mẫu và 130 mẫu ở sông Nhuệ) đem phân tích As, 71% số mẫu (157/220: sông Hồng 62, chiếm 29%, sông Nhuệ 95, chiếm 73%) có hàm lượng As <0,01 mg/l, 27% số mẫu (59/220: sông Hồng 28, chiếm 31%, sông Nhuệ 31, chiếm 24%) có hàm lượng As từ 0,01 đến 0,05 mg/l, và chỉ có 2% số mẫu (4/220, tập trung ở sông Nhuệ, chiếm 3%) có hàm lượng As cao hơn 0,05mg/l.

Nguồn nước sông Hồng theo nhận xét là chưa có biểu hiện ô nhiễm, trong khi nguồn nước sông Nhuệ đã bắt đầu có biểu hiện ô nhiễm nhẹ (3% số mẫu) ở phía Nam thành phố, do tiếp nhận các nguồn nước thải sinh hoạt và thải công nghiệp.

Nguồn nước thải: đại diện bởi sông Kim Ngưu và sông Tô Lịch. Theo tài liệu quan trắc chất lượng nước của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn trong các năm 1993-1997, với 245 mẫu phân tích hàm lượng As (cùng các chỉ tiêu hoá lý khác) cho kết quả như sau. 98 mẫu có hàm lượng As dưới 0,01mg/l, chiếm 40% (sông Kim Ngưu 45 mẫu, chiếm 42%, sông Tô Lịch 53 mẫu chiếm 39%); 106 mẫu có hàm lượng As từ 0,01 đến dưới 0,05mg/l (chiếm 43%; Sông Kim ngưu 49 mẫu chiếm 45%, sông Tô lịch 57 mẫu chiếm 42%); số mẫu có hàm lượng As từ 0,05 mg/l trở lên là 41, chiếm 17% (sông Kim Ngưu 14 mẫu, chiếm 13%, sông Tô Lịch 27 mẫu chiếm 20%). Như vậy có thể thấy nguồn nước thải của thành phố, đại diện là sông Tô Lịch và Kim Ngưu có biểu hiện bị ô nhiễm As, mức độ chưa đáng lo ngại.

Nguồn nước mặt tại các ao hồ: Tổng hợp kết quả phân tích hàm lượng As của 42 mẫu nước ao hồ phân bố ở hầu hết các quận huyện trên địa bàn Hà Nội do tổ chức UNICEF thực hiện cho thấy kết quả chung như sau.

Số mẫu có hàm lượng As dưới 0,01mg/l gồm 22 mẫu, chiếm 52,4%;

Số mẫu có hàm lượng As từ 0,01 đến < 0,05mg/l có 19 mẫu, chiếm 45,2%;

Số mẫu có hàm lượng As \geq 0,05mg/l có 01 mẫu (mẫu nước hồ thuỷ lợi tại xã Phù Ninh, Sóc Sơn, hàm lượng As được xác định là 0,196mg/l), chiếm 2,4 %.

Như vậy, dù số lượng mẫu lấy phân tích chưa nhiều, nhưng các kết quả trên cũng cho thấy rằng tình hình ô nhiễm arsen trong nguồn nước mặt, xét theo TCVN năm 1995 là chưa đáng kể. Nếu xét theo TCVN năm 2003, thì với kết quả trên, tình hình nhiễm bản nguồn nước do As gây ra cũng bắt đầu có tín hiệu báo động.

Nguồn nước dưới đất: Kết quả phân tích hàm lượng As từ 1075 mẫu nước dưới đất từ các giếng khoan, giếng đào, trong đó chủ yếu là các giếng khoan kiểu UNICEF (856 mẫu) và một số giếng khoan công nghiệp (bao gồm các giếng thuộc hệ thống quan trắc) được tổ chức UNICEF thực hiện trong thời kỳ 1999-2001 trên địa bàn thành phố cho thấy như sau.

Số mẫu có hàm lượng As dưới 0,01mg/l gồm 246 mẫu, chiếm 22,9%;

Số mẫu có hàm lượng As từ 0,01- 0,05mg/l gồm 500 mẫu, chiếm 46,5%;

Số mẫu có hàm lượng As từ 0,05mg/l trở lên gồm 329 mẫu, chiếm 30,6%; Kết quả điều tra được tổng hợp trong Bảng 8.

Bảng 8. Kết quả phân tích hàm lượng As trong nước ngầm Hà Nội
(số liệu của UNICEF, giai đoạn 1999-2001)

TT	Khu vực	Tổng số mẫu	Dưới 0,01mg/l		Từ 0,01 đến dưới 0,05 mg/l		Từ 0,05 mg/l trở lên	
			Số mẫu	Tỉ lệ%	Số mẫu	Tỉ lệ%	Số mẫu	Tỉ lệ%
1	Ba Đình	10	6	60	2	20	2	20
2	Cầu Giấy	12	6	50	4	33,3	2	16,7
3	Đông Anh	78	49	62,8	22	28,2	7	9
4	Đống Đa	4	1	25	2	50	1	25
5	Gia Lâm	93	47	50,5	24	26,9	21	22,6
6	Hai Bà Trưng	548	11	2	344	62,8	193	35,2
7	Hoàn Kiếm	6	-	-	3	50	3	50
8	Sóc Sơn	34	31	91,2	3	8,8	-	-
9	Tây Hồ	20	8	40	8	40	4	20
10	Thanh Trì	171	48	28,1	52	30,4	71	41,5
11	Thanh Xuân	17	3	17,6	6	35,3	8	47,1
12	Từ Liêm	82	36	43,9	29	35,4	17	20,7

Có thể thấy rằng số lượng mẫu có hàm lượng As cao hơn 0,05 mg/l (TCVN năm 1995) tập trung cao nhất ở quận Hai Bà Trưng và huyện Thanh Trì. Trong đó các giếng khoan của khu vực Quỳnh Lôi cho hàm lượng As cao nhất. Các quận nội thành khác có số lượng mẫu phân tích ít và hàm lượng As trong những mẫu này cũng không cao đáng kể. Nhìn chung trừ Sóc Sơn, tất cả các quận huyện đều phát hiện thấy ô nhiễm.

Vào thời điểm 1999-2000, nhóm nghiên cứu trong dự án hợp tác Thụy Sĩ-Việt Nam đã khảo sát các giếng khai thác nước ngầm quy mô công nghiệp tại 8 nhà máy nước (Mai Dịch, Ngọc Hà, Ngõ Sỹ Liên, Yên Phụ, Lương Yên, Hạ Đình, Tương Mai, Pháp Vân). Nhóm đã tiến hành phân tích As trong nguồn nước “thô” bơm từ lòng đất lên, và trong nguồn nước sau xử lý lọc trên giàn phun. Trong 15 tháng nghiên cứu với 7 lần lấy mẫu phân tích, các tác giả cho biết: hàm lượng As trong nước ngầm “thô” khá cao, đạt tới 430 µg/l (430 ppb). Nước đã qua xử lý sau giàn phun vẫn còn chứa từ 25 đến 91 ppb As (cao hơn TCVN năm 2003), nhưng điều đáng ngạc nhiên là hàm lượng As từ nước máy của các hộ dân do các nhà máy nước này cung cấp lại rất thấp, chỉ từ 7 đến 82 ppb, trung bình 31 ppb. Các tác giả cho rằng As trong đường ống đã bị giữ lại cùng với kết tủa FeO(OH) bám dính vào bề mặt đường ống dẫn trong hệ thống cung cấp nước. Tuy nhiên, các khảo sát mới chỉ dừng lại ở đó, nên chưa có đủ cơ sở để kết luận về khía cạnh ô nhiễm As trong nguồn nước sinh hoạt ở nội thành Hà Nội. Ngoài ra, chưa có nghiên cứu thống kê về

hàm lượng As trong các mẫu nước sau khi xử lý sơ bộ (chủ yếu dùng bể lọc cát) tại các hộ gia đình sử dụng nước giếng khoan làm nước sinh hoạt, nên cũng chưa thể khẳng định chính xác được số dân bị phơi nhiễm As từ nguồn nước. [17]

III.5 Hiện trạng ô nhiễm trong các tầng chứa nước của khu vực Hà nội[11]

Theo chiều sâu từ mặt đất, dựa vào cột địa tầng của khoảng 400 giếng khoan khu vực Hà nội, địa chất thuỷ văn của vùng được phân chia thành các phân vị sau:

- Lớp cách nước trầm tích Holocene gồm sét, cát pha;
- Tầng chứa nước trầm tích Holocene (*qh*) gồm cát, sét, cát pha;
- Lớp cách nước trầm tích Pleistocene gồm sét, sét pha;
- Tầng chứa nước trầm tích Pleistocene(*qp*) gồm cát, cuội, sỏi;
- Phức hệ chứa nước khe nứt Neogene(*m₄*) gồm cuội kết, sét kết, cát kết;
- Đối chứa nước khe nứt lục nguyên phun trào Triat(*t*) gồm cát kết, bột kết;

Tầng chứa nước *qh* phân bố rộng khắp khu vực thành phố. Thạch học của tầng này gồm cát pha, sét pha, sét, bùn sét, cát có lẫn bùn hữu cơ và thực vật. Chiều dày tầng chứa nước *qh* từ 0 đến 15,5 m, trung bình 14 m. Đây là tầng giàu nước. Lớp chứa nước của tầng *qh* phân bố ở độ sâu 15 đến 25 m, nên nói chung có chất lượng tốt. Loại hình hoá học chủ yếu là bicacbonat-clorua, hàm lượng vi khuẩn nhỏ hoặc không có (trừ những khu vực bị ô nhiễm Nito và vi sinh như nghĩa trang Văn Điển, ô nhiễm Hg như khu bãi rác Tam Hiệp, Mễ Trì với hàm lượng Hg lên tới 0,4 mg/l).

Trữ lượng nước dưới đất trong tầng *qh* không lớn, nhưng có bổ cấp tự nhiên từ nước mưa, nước sông, hồ,... nên có thể đáp ứng cho khai thác quy mô nhỏ phục vụ ăn uống, sinh hoạt. Với 159 mẫu nước thuộc tầng chứa nước *qh*, có 48 mẫu cho hàm lượng As thấp hơn 0,01mg/l (30,2%), 57 mẫu (35,8%) có hàm lượng As từ 0,01 đến dưới 0,05mg/l, còn lại 54 mẫu (34%) có hàm lượng As cao hơn 0,05mg/l. Như vậy, tầng chứa nước này đã có biểu hiện ô nhiễm ở cả khu vực nội và ngoại thành.

Tầng chứa nước *qp* (tầng giữa-trên) gồm *qp₂* và *qp₁* có bề dày thay đổi trong phạm vi khá lớn, từ 9,97m đến 30,8m (khu vực bờ Bắc sông Hồng), hoặc từ 35 đến 45m, có nơi lên tới 60-70m (khu vực bờ Nam sông Hồng). Nước ngầm trong tầng này thuộc loại nửa cứng, chất lượng tốt. Loại hình hoá học là bicacbonat-canxi, bicacbonat-natri, hàm lượng các nguyên tố vi lượng nhỏ, nhưng hàm lượng sắt cao biến đổi từ 2,4 đến 26,24mg/l, hàm lượng mangan cũng khá cao trong khoảng 0,1 đến 1,15mg/l. Độ pH của tầng này nói chung ít thay đổi, khoảng 6,5 đến 8,4 (khu vực Lĩnh nam 7,6-8,0). Một số nơi trong tầng chứa nước này có dấu hiệu ô nhiễm kim loại nặng: bãi rác Bồ Đề, hàm lượng Hg cỡ 0,4 mg/l, vài khu vực khác như nam quận Hai Bà Trưng, huyện Thanh Trì có dấu hiệu ô nhiễm As và các kim loại nặng.

Kết quả khảo sát 751 mẫu nước thuộc tầng chứa nước *qp₂* (chủ yếu là giếng khoan kiểu UNICEF) cho thấy chỉ có 153 mẫu (20,4%) có hàm lượng As thấp hơn 0,01mg/l, có tới 378 mẫu, chiếm 50,3 % cho hàm lượng As từ 0,01 đến dưới 0,05 mg/l và 220 mẫu (29,3%) có hàm lượng As từ 0,05mg/l trở lên. Điều này chỉ ra rằng biểu hiện ô nhiễm của tầng chứa nước này tương đối rõ ràng, cả nội và ngoại thành.

Trên địa bàn toàn thành phố, trong 163 mẫu nước được lấy từ các giếng khoan công nghiệp khai thác nước ở tầng qp_1 (độ sâu thường trên 60 mét) thì 27,6% số mẫu (45 mẫu) có hàm lượng As dưới 0,01mg/l, 63 mẫu (38,7%) có hàm lượng As cao hơn 0,01 nhưng thấp hơn 0,05mg/l, và có tới 55 mẫu chiếm 33,7% có hàm lượng As cao hơn 0,05mg/l. Số liệu khảo sát cũng chỉ ra biểu hiện ô nhiễm do As gây ra ở tầng nước dưới này, cả vùng nội và ngoại thành.

IV. Các phương pháp định lượng As và một số kim loại nặng trong nước ngầm

Để phục vụ cho công tác điều tra, các phương pháp phân tích tại hiện trường đóng vai trò cực kỳ quan trọng. Thông thường, các thông số như độ pH, thế oxi hoá-khử Eh, nhiệt độ,... thường được xác định ngay tại nơi thu mẫu. Hàm lượng arsen cũng được xác định tại hiện trường nhờ những dụng cụ đơn giản và đủ nhạy.[4]

Thành phần của nước ngầm bề mặt và nước ngầm (gọi chung là nước dưới đất), với các nguyên tố Na, Ca, Mg, K, Ba, Fe có hàm lượng cỡ miligam/lít (mg/l hay ppm), các nguyên tố kim loại nặng khác trong giới hạn cỡ microgam/lít (μ g/l hay ppb), do đó các phương pháp để phân tích chúng thường là những phương pháp phân tích công cụ hiện đại. Hàm lượng As trong các mẫu nước sau khi chuyển về phòng thí nghiệm cũng được phân tích trên những thiết bị hiện đại. [18]

IV.1 Phương pháp phân tích arsen tại hiện trường [4]

Do yêu cầu kiểm tra hàm lượng arsen trong nước ngầm tại các vùng nhiễm bẩn, phân tích mỗi nguồn nước là cách tốt nhất. Phép thử tại hiện trường rất cần để lựa chọn nguồn mẫu cho các phép phân tích tiếp theo, làm giảm đáng kể số lượng mẫu phải chuyển về phòng thí nghiệm và giúp định hướng nhanh trong công tác điều tra mức độ nhiễm bẩn. Tuy nhiên mọi kết quả phân tích có độ bất định và sai số đi kèm với chúng và điều này được hiệu chỉnh thông qua chương trình kiểm tra chất lượng. Hầu hết dụng cụ thử hiện trường hiện nay dựa trên phương pháp Gutzeit nhờ phản ứng khử As(III) và As(V) bằng Zn để thu khí arsin tạo ra sự đổi màu của giấy HgBr₂. Khí H₂S bị loại trừ nhờ bông thuỷ tinh đã xử lý với kẽm axetat. Đã có nhiều nghiên cứu về độ nhạy và độ tin cậy của các dụng cụ này, đặc biệt ở Ấn Độ và Bangladesh. Các dụng cụ thường cho hiệu quả tốt khi phát hiện nồng độ As cao (lớn hơn 0,1mg/l) nhưng thường cho độ tin cậy kém khi nồng độ thấp hơn. Lý tưởng đối với dụng cụ thử As hiện trường là có thể định lượng trong mức 5-200 μ g/l và có độ chính xác phù hợp, chẳng hạn $\pm 20 \%$ cho khoảng nồng độ thấp hoặc $\pm 5 \mu$ g/l cho nồng độ cao; đơn giản và an toàn cho người sử dụng; Giá cả hợp lý với các nước đang phát triển,... Nhiều cải tiến được áp dụng đối với những dụng cụ trước đây và nhiều bộ dụng cụ hiện nay được sản xuất hoặc phát triển. Có lẽ lạc quan nhất là dụng cụ thử hiện trường do Giáo sư Walter Kosmus của Đại học Karl-Franzens, Graz, Austria phát triển trên logic của dụng cụ chuẩn Gutzeit, đó là: (i) thay thế kẽm

bằng NaBH_4 và vì thế loại bỏ được vấn đề thu kẽm (có As) thấp; (ii) dùng viên rắn thay cho dung dịch hoá chất và vì thế tránh được việc phải đem theo các dung dịch axit hay NaBH_4 ra hiện trường; (iii) có bộ tạo arsin đơn giản, không quá tinh vi và dễ thực hiện; (iv) gộp được toàn bộ khí arsin qua một mẫu nhỏ giấy lọc tẩm HgBr_2 đảm bảo độ nhạy và độ chính xác cao nhất; (v) dùng thiết bị dạng máy tính bỏ túi để đo sự biến đổi màu bằng phương pháp quang phổ kế; (vi) định lượng As tổng số, và (vii) tương đối bền và dễ chuẩn hoá. Các nỗ lực với những dụng cụ này là để giảm giá thành và có thể đưa chúng vào sử dụng rộng rãi ở nơi nào có nhu cầu.

Gần đây, các nhóm nghiên cứu thuộc trường Đại học Lausanne (Thụy Sĩ), Trung tâm Nghiên cứu Môi trường Leipzig (CHLB Đức), Viện Khoa học và Công nghệ Nước Liên bang Thụy Sĩ kết hợp với trường Đại học KHTN thuộc ĐHQG Hà Nội phát triển những dụng cụ thử As tại hiện trường mới dựa trên các phản ứng sinh học của một số chủng loại vi khuẩn có khả năng nhận thức As (dùng “công tắc” gen phân huỷ 2,4-D). Đưa chủng vi khuẩn chỉ thị này lên giấy để kiểm tra hàm lượng As như dùng giấy chỉ thị pH thông thường. Công nghệ mới này còn chưa được phổ biến rộng rãi do giá tương đối cao, và việc bảo quản tại hiện trường cũng khá nghiêm ngặt. Tuy nhiên nó cũng hứa hẹn một công cụ thuận tiện trong tương lai cho các nhà khảo sát điều tra môi trường.[19]

IV.2 Phương pháp trắc quang [18]

Đây là phương pháp khá kinh điển thường áp dụng để định lượng các nguyên tố dựa trên khả năng tạo phức màu với các tác nhân mang màu, như Al tạo phức với Pyrocatechol tím, Mn tạo phức với formaldoxime, Ag với p-dimethylaminobenzylidenetetrathioaniline và dithiozine, nhưng độ nhạy xác định thường ở cấp mg/l;

As(V) được định lượng gián tiếp thông qua phản ứng khử với KI, I_2 giải phóng được chiết vào CCl_4 và định lượng, sau đó suy ra hàm lượng As. Độ nhạy phát hiện của phép xác định đạt 5ppb; Ca trong nước được định lượng nhờ phản ứng tạo phức với 2-(2-(8-hydroxyquinolyl)azo-1-naphthol) trong môi trường nước/dioxan tại pH 8,5; Trong khi đó Cu được định lượng gián tiếp thông qua khả năng xúc tác các phản ứng oxi hoá hydroxylamine thành nitrit, hoặc oxi hoá axit chromotropic bằng H_2O_2 . Giới hạn xác định hàm lượng Cu trong khoảng 12-200 ppb; Fe trong nước ở dạng Fe(III) cũng thường được định lượng gián tiếp thông qua vai trò xúc tác cho các phản ứng oxi hoá o-toluidine bằng KIO_3 trong môi trường pH 4,2-5,2 khi có mặt 2,2'-bipyridyl, hoặc oxi hoá axit 3,5-diaminobenzoic bằng H_2O_2 . Có thể định lượng 0,5 ppb Fe trong nước khi hàm lượng Mn, Cr không vượt quá 30 ppb.

IV.3 Phương pháp phân tích dòng chảy (FIA) [18]

Các nguyên tố đa lượng Ca, Mg, K, Na trong nền mẫu nước ngầm (và nước đã xử lý dùng cho sinh hoạt) có thể được định lượng đồng thời khi ghép nối thiết bị dòng chảy liên tục với detector quang kế ngọn lửa và quang phổ hấp thụ nguyên tử. Khi dùng detector trắc quang, việc định lượng Ca và Mg trong các mẫu nước dựa trên nguyên tắc tạo phức màu của Ca với EDTA - Murexit và phức màu của tổng Ca

+Mg với EDTA-Eriocrom T đen. Hàm lượng Mg được tính toán từ tổng hàm lượng Ca+Mg và hàm lượng Ca.

IV.4 Phương pháp quang phổ huỳnh quang [18]

Phương pháp này dùng để phân tích đồng thời Al, Ga và Zn trong mẫu nước, có thể áp dụng cho đối tượng nước thải sau xử lý. Phương pháp dựa trên phép đo phổ đạo hàm bậc hai của các cấu tử sau khi tạo phức với salicylaldehyde thiocarbohydrazon trong môi trường nước-ethanol (52% ethanol) và ở pH 4,7. Giới hạn xác định của Al và Ga là 2 ppb, còn đối với Zn là 20 ppb.

IV.5 Phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử [18]

Đây là phương pháp thông dụng nhất cho việc định lượng khá nhiều nguyên tố có mặt trong các mẫu nước ngầm dùng kỹ thuật ngọn lửa hoặc không ngọn lửa tùy theo cấp hàm lượng của từng nguyên tố, mà không cần tách chúng ra khỏi nền mẫu. Nhóm các nguyên tố kim loại kiềm và kiềm thổ có thể được định lượng dễ dàng do hàm lượng của chúng trong các mẫu nước dưới đất thường khá cao. Fe, Mn, Zn cũng được định lượng bằng kỹ thuật nguyên tử hoá trong ngọn lửa, vì hàm lượng của chúng từ vài trăm ppb đến vài ppm. Trong khi đó, các nguyên tố kim loại nặng khác (Cu, Pb, Cd, Mo, V, Cr, Ni, Tl, Be, Ag, Al) với hàm lượng thấp chỉ từ vài ppb đến vài chục ppb, cần thiết phải dùng kỹ thuật không ngọn lửa.

Khi dùng kỹ thuật hydrua hoá trong phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử, các nguyên tố As, Se, Sb, Bi có thể được định lượng tương đối dễ dàng. Giới hạn phát hiện đối với As và Sb là 0,1ppb, và đối với Se và Bi là 1ppb.

IV.6 Phương pháp quang phổ ICP-AES [18]

Kết hợp kỹ thuật phun sương khí nén và phun sương siêu âm vào ống đốt plasma, phương pháp này cho phép định lượng đồng thời 32 nguyên tố có mặt trong các mẫu nước dưới đất. Một số nguyên tố có hàm lượng rất thấp (Hg: 0,002ppb; Cd: 0,01ppb;...) vẫn có thể định lượng với độ đúng cao.

Kết hợp với kỹ thuật hydrua hoá As và Se cũng được định lượng bằng phương pháp ICP-AES. Trong kỹ thuật ghép nối này, hơi Asin hay Seleniua hydro được khí mang Ar đẩy thẳng vào plasma không cần dùng đến bộ tạo hơi (nebulizer). Giới hạn phát hiện đối với As là 0,3 ppb còn với Se là 0,03 ppb.

IV.7 Phương pháp quang phổ ICP-MS [18]

Với độ nhạy phát hiện khá lý tưởng (10^{-12} g/ml hay ppt), nhiều vết nguyên tố trong nước ngầm có thể được định lượng một cách dễ dàng. Hg, các nguyên tố đất hiếm, Tl, các nguyên tố phóng xạ như U, Th, Tc với hàm lượng rất thấp trong nước ngầm cũng có thể được định lượng trực tiếp không cần làm giàu trước. As cũng có thể được định lượng bằng phương pháp này, nhưng do ảnh hưởng của Cl và Ar nên trong nhiều trường hợp, để định lượng vết As người ta phải dùng kỹ thuật hydrua hoá ghép với thiết bị ICP-MS, và có thể phải dùng các biện pháp đặc biệt như màng kỵ nước, đốt plasma bằng hỗn hợp khí, hay thậm chí thêm chất hữu cơ vào hỗn hợp phản ứng để loại trừ ảnh hưởng của ArCl^+ . Tuy nhiên, do đặc tính nổi trội của

detector MS, nhiều kim loại nặng với cấp hàm lượng ppb cũng thường được định lượng đồng thời với các kim loại hiếm kể trên. Ngày nay, đây là phương pháp được ưa dùng của nhiều phòng thí nghiệm phân tích môi trường.

IV.8 Phương pháp Von-Ampe hoà tan [18]

Dùng phương pháp Von-Ampe hoà tan anốt thông thường hoặc kết hợp với kỹ thuật thu góp, kỹ thuật quét, xung vi phân, quét-xung vi phân,...nhiều nguyên tố kim loại nặng như Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Co,...trong các mẫu nước sinh hoạt và nước ngầm được định lượng với độ đúng cao. Đây là phương pháp khá phổ biến trong nhiều thập kỷ cuối của thế kỷ 20. Giới hạn xác định của phương pháp đối với nhóm các kim loại nặng kể trên là ở cấp hàm lượng ppb.

IV.9 Phương pháp huỳnh quang tia X (ED-XRF) [18]

Cùng với sự trợ giúp của phương pháp tách (trao đổi ion) hoặc làm giàu trên giấy lọc cellulose bằng kỹ thuật cô bay hơi, phương pháp huỳnh quang tia X có thể cho phép định lượng được 20 nguyên tố. Gần đây, người ta thường dọi mẫu qua màng lọc chelex-100 (kỹ thuật trao đổi ion), và định lượng các nguyên tố trên màng lọc dùng phương pháp ED-XRF. Các kim loại Ca, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Hg, Cr và Se trong các mẫu nước mặt, nước ngầm, nước sinh hoạt được định lượng chính xác khi dùng XRF với ống phóng XRF phát xung. Độ nhạy phát hiện thấp nhất 0,54 ppb. Lượng mẫu nước ban đầu cần thiết cho phép định lượng không ít hơn 500 ml.

Kết hợp với kỹ thuật phản xạ toàn phần (T-XRF), có thể định lượng được 40-60ppt Hg và Pb trong các mẫu nước.

IV.10 Phương pháp sắc ký ion (IC) và sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC) [18]

Có thể định lượng đồng thời các anion Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Br^- và các cation kim loại như Na, K, Ca, và Mg trong các mẫu nước trên thiết bị sắc ký ion với cột tách cation, cột tách anion hay cột nén anion và detector điện dẫn. Đây là ưu điểm chính của phương pháp IC, chỉ với thiết bị định lượng này cũng có thể hiểu được một phần bản chất và thành phần các vùng nước.

Các nguyên tố Cu, Be, Al, Ga, Pd, và Fe trong các mẫu nước mặt, nước ngầm được cũng được định lượng trên HPLC sau khi tách các nguyên tố này ra khỏi dung dịch nước nhờ kỹ thuật chiết bằng acetylacetone.

IV.11 Các phương pháp phân tích hiện đại khác [18]

Phương pháp kích hoạt nơtron cũng được áp dụng để định lượng nhiều kim loại trong mẫu nước sau khi xử lý đông cô mẫu.

Phương pháp khối phổ kết hợp tách các kim loại Pb, Cd, Tl trên catốt sau đó dùng kỹ thuật pha loãng đồng vị (thêm Pb-206 và Cd-116) để định lượng chúng.

Phương pháp quang phổ phát xạ huỳnh quang cảm ứng proton cho phép định lượng trực tiếp tới 76 nguyên tố trong các mẫu nước với giới hạn phát hiện từ 0,1 đến 100 ppb. Giới hạn phát hiện thấp nhất là đối với Ni, Cu, V, Cr. Nguyên tắc của phương pháp là mẫu nước (75 μl) được bắn phá trong buồng chân không bởi nguồn proton 2,55 meV, và phổ tia X được ghi từ detector Si(Li) với bộ phân giải xung.

PHẦN B
NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG Ô NHIỄM
NƯỚC NGẦM KHU VỰC ĐÔNG-NAM HÀ NỘI
DO ARSEN VÀ KIM LOẠI NẶNG GÂY RA

I. Phương pháp và địa điểm thu thập mẫu

I.1 Phương pháp thu thập mẫu

Trong khuôn khổ và yêu cầu của đề tài nghiên cứu mức độ nhiễm bẩn nước ngầm, mẫu được thu thập tại các lỗ khoan công nghiệp phục vụ khai thác nước theo đúng tiêu chuẩn TCVN-6000-1995 từ độ sâu trên 70 m (chủ yếu ở tầng chứa nước qp_1 và một số giếng ở tầng m_4). Các mẫu nước giếng khoan kiểu UNICEF tại những hộ gia đình gần địa điểm giếng khai thác quy mô công nghiệp cũng được thu thập. Theo điều tra của nhóm thực hiện đề tài, phần lớn các giếng này chỉ có độ sâu dưới 30 m, như vậy nước ngầm được khai thác chủ yếu ở tầng qh và tầng qp_2 . Dùng định vị vệ tinh GPS (Global Positioning System) kết nối máy tính để ghi lại tọa độ điểm thu mẫu. Thời điểm thu mẫu là tháng 2 và tháng 7 (đặc trưng cho mùa khô và mùa mưa ở Hà Nội). Các mẫu sau khi thu góp tại hiện trường được axit hoá đến pH 1 và chuyển ngay về phòng thí nghiệm để tiếp tục xử lý, bảo quản (theo TCVN-5993-1995) và phân tích. Để đảm bảo yếu tố ngẫu nhiên khách quan, một giếng khoan được thu ba lần mẫu trong 3 tuần liên tiếp nhau của một mùa. Giá trị sau khi phân tích các mẫu này là giá trị trung bình của 3 mẫu của cùng một địa điểm.

I.2 Địa điểm thu thập mẫu

Các mẫu được thu gom tại các lỗ khoan công nghiệp khai thác nước phục vụ sinh hoạt do Công ty Kinh doanh nước sạch Hà Nội quản lý nằm ở khu vực các phường Thanh Lương, Tân Mai (Nam quận Hai Bà Trưng), phường Yên Sở, Lĩnh Nam (Đông-Nam quận Hoàng Mai), và mẫu tại các giếng khai thác nước quy mô công nghiệp phục vụ nhu cầu sản xuất ở khu vực Nam Hoàng Mai - Bắc Thanh Trì. Sự phân bố của các giếng khoan khai thác nước với quy mô công nghiệp, và những giếng nông hơn xung quanh đáp ứng được yêu cầu nghiên cứu đặt ra trong đề tài, đảm bảo thực tế khách quan khi nghiên cứu đánh giá mức độ ô nhiễm (nếu có). Tại các địa điểm ở phía nam quận Hai Bà Trưng, do có những cảnh báo từ nhiều năm trước đây về sự ô nhiễm khá nghiêm trọng nguồn nước ngầm vùng Quỳnh Lôi-Thanh Nhàn gây ra bởi As và kim loại nặng, nên hầu hết các giếng khoan kiểu UNICEF tại đa số hộ gia đình đã bị đóng hoàn toàn, không còn được người dân trong khu vực sử dụng. Điều này là một khó khăn cho nghiên cứu đánh giá tại địa điểm Lương Yên và Tương Mai thuộc quận Hai Bà Trưng. Tại các địa điểm còn lại thuộc quận Hoàng Mai, vẫn còn rải rác một số gia đình sử dụng nước giếng khoan vào mục đích làm nước rửa, nước tưới, nên cũng tạo thuận lợi cho nhóm nghiên cứu khi thu mẫu nước ngầm bề mặt. Các mẫu nước ngầm ở tầng qp này và những mẫu nước giếng khơi, giếng đào (nước ngầm bề mặt) thường có độ sâu phổ biến từ 15 đến 25 m ở khu vực phía Đông-Nam quận Hoàng Mai. Như vậy, với sự lựa chọn các điểm thu mẫu nước ngầm và nước ngầm bề mặt (tầng nông hơn), các lỗ mẫu thu thập được đáp ứng được tính đại diện của cả khu vực nghiên cứu khảo sát. Tổng số mẫu đã được thu thập là 120 mẫu trong hai mùa, mỗi tọa độ mẫu được thu 3 lần để phân tích và ghi kết quả trung bình trong báo cáo.

II. Phân tích định lượng As và các kim loại nặng trong nghiên cứu khảo sát

II.1 Thành phần hoá học của nước ngầm bề mặt và nước ngầm (nước dưới đất)

Nhiều tác giả nghiên cứu nước dưới đất thường chỉ quan tâm đến một số thông số vật lý và hoá học chủ yếu trong thành phần các mẫu nước. Ngoài độ pH, thế oxi hoá khử Eh, độ dẫn điện riêng phần, màu sắc, mùi, độ đục (nếu có), thông số sinh hoá về vi khuẩn, các anion vô cơ như HCO_3^- , SO_4^{2-} , $\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-$, Cl^- , và một số cation như Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe, Mn là những chỉ tiêu phân tích phổ biến. Tuy thuộc vào từng vùng đất và địa chất của vùng đó, thành phần hoá học của nước ngầm cũng tương đối khác nhau. Bảng sau đây là thành phần của nước ngầm (không bị ô nhiễm) tại Florida, Hoa Kỳ. [20]

Bảng 9. Thành phần hoá học của mẫu nước ngầm [20]

Thành phần	Hàm lượng mg/l	Thành phần	Hàm lượng µg/l
NH_4^+	0,02 - 0,34	As	1
Nitơ hữu cơ	0,66 - 0,96	Cd	< 1
NO_3^-	0,01	Cr	< 1
NO_2^-	< 0,01	Cu	1
Photpho (P)	< 0,01 - 0,01	Fe	170 - 470
Độ kiềm (CaCO_3)	264	Pb	< 1 - 1
Mg	2,6 - 5,7	Mn	< 10 - 30
K	0,5 - 1,1	Hg	< 0,1
Cl^-	18	Ni	< 1
Na	11	Zn	< 10

II.2 Tiêu chuẩn chất lượng nước ngầm Việt nam

Bảng 10. Giá trị giới hạn cho phép của các thông số và nồng độ các chất ô nhiễm trong nước ngầm

Thông số	Giá trị giới hạn mg/l	Thông số	Giá trị giới hạn mg/l
Độ cứng (CaCO_3)	300 - 500	Se	0,01 (0,01)
As	0,05 (0,01)	Ni	(0,02)
Cd	0,01 (0,003)	Chất rắn tổng hợp	750 - 1500
Pb	0,05 (0,01)	Cl^-	200 - 600
Cr (VI)	0,05 (0,05)	CN^-	0,01
Cu	1,0 (2,0)	F^-	1,0
Zn	5,0 (3,0)	NO_3^-	45
Mn	0,1 - 0,5 (0,5)	Phenola	0,001
Fe	1 - 5	SO_4^{2-}	200 - 400
Hg	0,001 (0,001)		

TCVN-5944 (1995) được lưu hành cho đến nay. Nhưng giới hạn hàm lượng As trong tiêu chuẩn nước sinh hoạt TCVN-5502-2003 được hạ thấp xuống, do vào thời điểm này, các phương pháp phân tích hiện đại đã khá phổ biến ở nước ta. Nhiều phòng thí nghiệm có đủ phương tiện để kiểm tra chất lượng nước. Bảng 10 thống kê các tiêu chuẩn (thành phần hoá học) quy định chất lượng nước ngầm của Việt nam. Các giá trị trong ngoặc nằm trong tiêu chuẩn do WHO quy định năm 1993.

II.3 Giới hạn hàm lượng As của các tiêu chuẩn thế giới cho nước sinh hoạt

Đây là một trong những thông số cần thiết phải xem xét khi nghiên cứu khảo sát các mẫu nước ngầm của khu vực Hà Nội. Để đánh giá nước ngầm của vùng nghiên cứu có bị ô nhiễm hay chưa, cần theo một quy chuẩn nhất định. Cùng với các nước khác, TCVN-5502 - 2003 chỉ ra giá trị hàm lượng As được phép có mặt trong nước sinh hoạt phải nhỏ hơn hoặc bằng $10\mu\text{g/l}$ (Bảng 11). Như vậy, trong mọi nghiên cứu đánh giá sẽ được áp dụng tiêu chuẩn này để đối chiếu và so sánh.

Bảng 11. Giới hạn hàm lượng As trong nước sinh hoạt [21]

TT	Quy định theo tiêu chuẩn	Hàm lượng As, $\mu\text{g/l}$ (ppb)
1	Khối Các nước EU	10
2	Tổ chức WHO	10
3	Thụy Sĩ	50
4	Bangladesh	50
5	Hoa Kỳ trước năm 2001	50
	Hoa Kỳ từ năm 2001	10
6	Việt Nam trước năm 2003	50
	Việt Nam từ năm 2003	10

II.4 Các phương pháp phân tích được sử dụng trong nghiên cứu khảo sát

Do hàm lượng của các nguyên tố đa lượng như Na, Ca, K, Mg, Fe, Mn, Ba, Sr trong nước ngầm thường ở cấp từ hàng trăm $\mu\text{g/l}$ đến mg/l , nên phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử với kỹ thuật nguyên tử hoá trong ngọn lửa được lựa chọn. Khi tiến hành định lượng các nguyên tố Ca, Sr, Ba hỗn hợp khí nguyên tử hoá là $\text{C}_2\text{H}_2\text{-N}_2\text{O}$, trong khi định lượng các nguyên tố còn lại dùng hỗn hợp $\text{C}_2\text{H}_2\text{-Không}$ khí.

Các nguyên tố kim loại nặng với hàm lượng thấp, cấp độ $\mu\text{g/l}$ (ppb) như Cu, Pb, Zn, Cr, Ni, Tl, Be, Ag, phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử dùng kỹ thuật không ngọn lửa được lựa chọn và áp dụng để định lượng.

Các nguyên tố tạo hydrua kim loại như arsen, selen, ... được định lượng với kỹ thuật hydrua hoá trong phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử. Dùng kỹ thuật hydrua hoá còn tạo thuận tiện cho việc định lượng trực tiếp As(III) trong mẫu nước, cùng với việc định lượng As tổng số. Các nghiên cứu chi tiết trong phân tích định lượng trực tiếp As(III) và As(V) là cơ sở để xây dựng quy trình phân tích chúng.

Các nguyên tố khác có mặt trong các mẫu nước ngầm với hàm lượng rất thấp được định lượng bằng phương pháp ICP-MS. Mặc dù định lượng As không phải là “sở trường” của phương pháp này, nhưng nhóm nghiên cứu đã cố gắng tìm những biện pháp thích hợp để định lượng chính xác hàm lượng As tổng số trong các mẫu nước ngầm nghiên cứu góp phần làm phong phú thêm các quy trình định lượng.

Dụng cụ dùng cho nghiên cứu phân tích các mẫu nước phải đạt được yêu cầu chuẩn xác, không đưa thêm tạp chất vào mẫu phân tích; hoá chất dùng cho nghiên cứu phân tích nước phải đảm bảo tinh khiết tuyệt đối, nước cất hai lần được tinh chế, đạt chỉ tiêu điện trở 18 MΩ mới được sử dụng để pha các dung dịch chuẩn và pha loãng hoá chất cần thiết.

II.5 Phân tích so sánh quốc tế

Đây là một nhiệm vụ của đề tài để đảm bảo độ đúng của bộ số liệu khi công bố. Trong quá trình thực hiện đề tài, nhóm nghiên cứu đã tham gia ba đợt phân tích so sánh quốc tế do chương trình Nước sạch thế giới nằm trong Hệ thống quan trắc Môi trường toàn cầu-GEMS của Liên hiệp quốc, và Viện Khoa học và Công nghệ Nước của Thụy Sĩ-EAWAG tổ chức. Kết quả phân tích của các phòng thí nghiệm của Việt Nam và của nhiều nước khác trên thế giới được các đơn vị tổ chức tổng hợp, số liệu được xử lý thống kê. Căn cứ vào chỉ số Z (Z-score) để đánh giá độ đúng của phép xác định của từng phòng thí nghiệm đối với từng nguyên tố cần phân tích. Z được tính toán theo công thức sau:

$$\text{Chỉ số Z} = \frac{\text{Giá trị báo cáo} - \text{Giá trị chuẩn}}{\text{Giá trị định chuẩn} \times \% \text{độ bất định}}$$

Bảng 12. Chỉ số Z của phòng thí nghiệm Trung tâm Phân tích, Viện Công Nghệ Xạ Hiếm

Nguyên tố phân tích	ARS-17		ARS-18		ARS-19		ARS-20		Phương pháp phân tích
	Giá trị chuẩn µg/l	Z-Score	Giá trị chuẩn µg/l	Z-Score	Giá trị chuẩn µg/l	Z-Score	Giá trị chuẩn µg/l	Z-Score	
As	17	1,2	560	- 0,3	47	0,6	190	- 0,3	ICP-MS
Fe	18700	1,0	1450	- 2,8	9200	1,2	7400	2,7	AAS
Mn	550	- 0,2	960	0,3	240	- 0,5	690	- 0,4	ICP-MS
Na	22800	1,2	16300	0,6	11800	0,1	12100	- 0,1	AAS
K	11700	3,3	5000	- 3,4	6200	0,9	3400	1,0	AAS
Ca	49000	- 2,4	97000	- 1,6	56000	- 1,3	115000	- 1,7	AAS
Mg	14500	1,7	36000	1,2	10700	1,8	40000	0,2	AAS
Ba	280	0,9	150	1,6	175	0,5	300	-0,2	ICP-MS
Cu	415	0,1	5	- 1,3	41	0,2	14	- 1,3	ICP-MS
Zn	670	0,0	355	1,0	365	0,9	460	0,7	ICP-MS

Bảng 12 là một trong các loạt kết quả đánh giá chỉ số Z do Viện EAWAG tính toán trên số liệu phân tích do nhóm thực hiện đề tài tiến hành đối với các mẫu chuẩn nước ngầm ký hiệu ARS-17, ARS-18, ARS-19, ARS-20. Mẫu do Viện EAWAG thu thập, chuẩn bị và gửi đến từ Thụy Sĩ.

So với thành phần mẫu nước ngầm (Bảng 9) và tiêu chuẩn chất lượng nước ngầm (Bảng 10), số liệu của thành phần các nguyên tố kim loại trong mẫu so sánh quốc tế phản ánh lô mẫu bị nhiễm bản As (các mẫu ARS-18 và ARS-20). Đa số kết quả phân tích cho số Z trong bảng 12 nhỏ hơn ± 2 , tức là độ lệch khỏi giá trị đúng dưới 2 khoảng tin cậy (confidential interval), biểu hiện kết quả có độ tin cậy cao. Số Z càng lớn, độ đúng càng thấp. Giá trị Z = 0 là lý tưởng, vì không có sai số giữa mẫu chuẩn và giá trị xác định. Sau các thử nghiệm với mẫu chuẩn tại phòng thí nghiệm, nhóm thực hiện đề tài áp dụng các quy trình đã nghiên cứu trên mẫu chuẩn so sánh quốc tế để tiến hành phân tích hàng loạt các mẫu nước nghiên cứu.

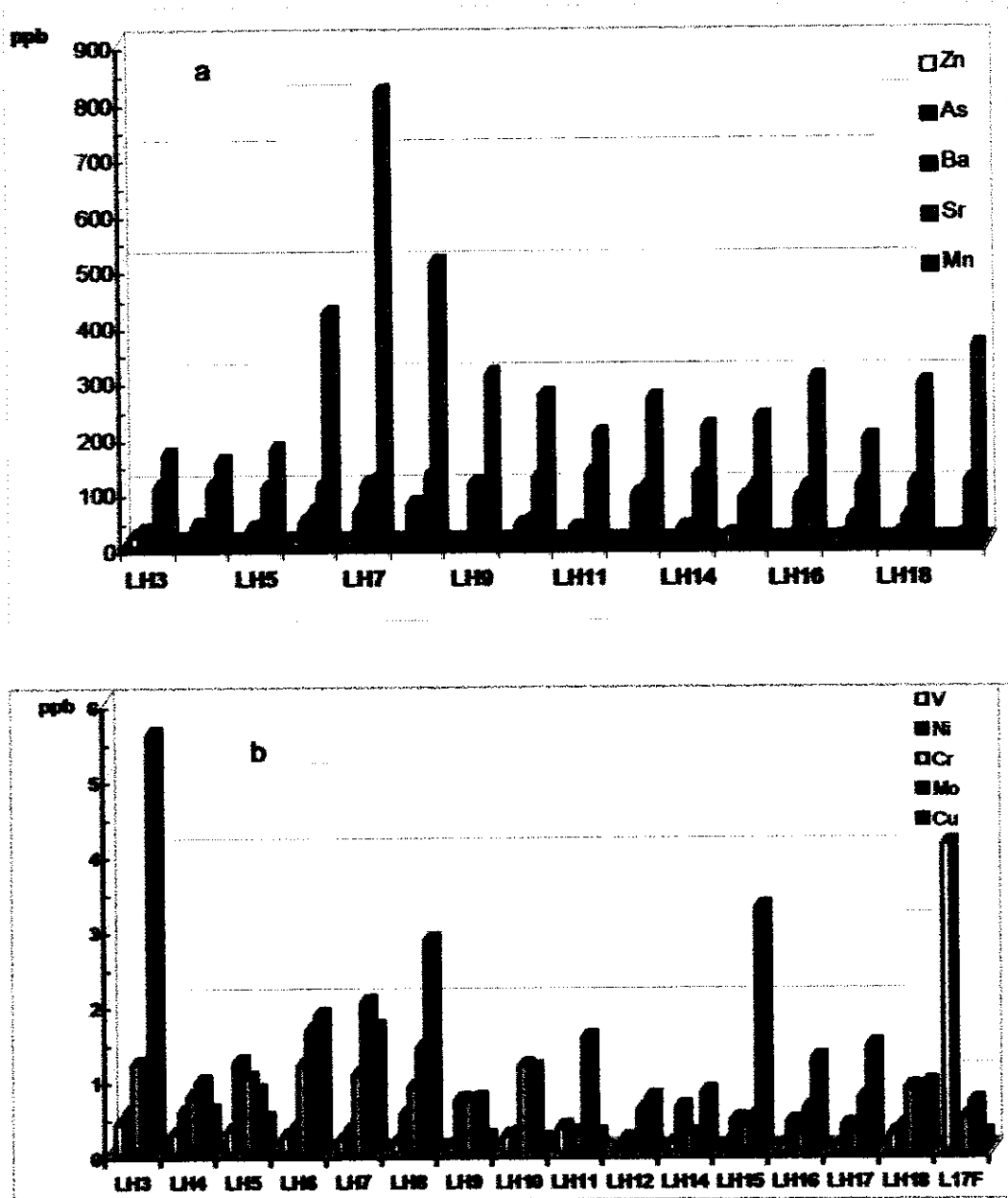
Để góp phần đảm bảo độ đúng của bộ số liệu, một số mẫu nước ngầm (10 mẫu) được gửi phân tích kiểm tra tại phòng thí nghiệm của trường Đại học Freie Berlin (có thiết bị ICP-MS và ICP-AES, các kỹ thuật viên thạo phân tích các mẫu nước). Kết quả phân tích các mẫu từ GW01 đến GW08 (là các mẫu NH6, NH7, NH9 và N9F1 thu trong mùa mưa và mùa khô tại Lĩnh Nam) và GW9-GW10 (mẫu PF1 thu trong mùa mưa và mùa khô tại Yên Sở) xem tại phần phụ lục của báo cáo.

III. Nghiên cứu khảo sát đánh giá mức độ nhiễm bản nguồn nước ngầm tại khu vực Đông-Nam Hà Nội

III.1 Nghiên cứu khảo sát theo địa lý hành chính

Tại các địa điểm nghiên cứu khảo sát, tất cả các mẫu nước được thu thập từ những giếng khoan đang hoạt động khai thác nước (quy mô công nghiệp và quy mô hộ gia đình), kết quả phân tích được so sánh trên các biểu đồ cột để có thể thấy rõ được hàm lượng các nguyên tố tại từng điểm thu mẫu. Toạ độ của từng mẫu được ghi trong phần C - Bộ số liệu, trang 70.

Trong biểu đồ trên hình 2a và 3a, có thể thấy rõ sự phân bố hàm lượng As và một số kim loại như Ba, Mn,... theo chiều hướng hàm lượng $Zn < As < Sr < Ba < Mn$ và tương tự nhau ở hai địa điểm Lương Yên và Tương Mai thuộc quận Hai Bà Trưng. Hàm lượng As trong nước ngầm “thô” chưa qua xử lý gần với giá trị cho phép của TCVN (1995) (Hình 2a), nhưng cao hơn so với TCVN 5502 (2003). Hàm lượng Mn nói chung thấp hơn tiêu chuẩn cho phép (0,5 mg/l). Tại địa điểm Tương Mai, hàm lượng As trong nước ngầm “thô” phổ biến ở giá trị từ trên 10 $\mu\text{g/l}$ đến trên 50 $\mu\text{g/l}$. Một nửa số mẫu nghiên cứu (12 trên 24 mẫu) có hàm lượng As cao hơn giá trị cho phép 0,05mg/l của TCVN năm 1995 (Hình 3a). Trong biểu đồ 2b và 3b (cũng tại các địa điểm trên) thì có sự khác biệt tương đối rõ. Chẳng hạn hàm lượng Cu, hay Cr trong các mẫu TH cao hơn các mẫu LH, nhưng các giá trị hàm lượng đều

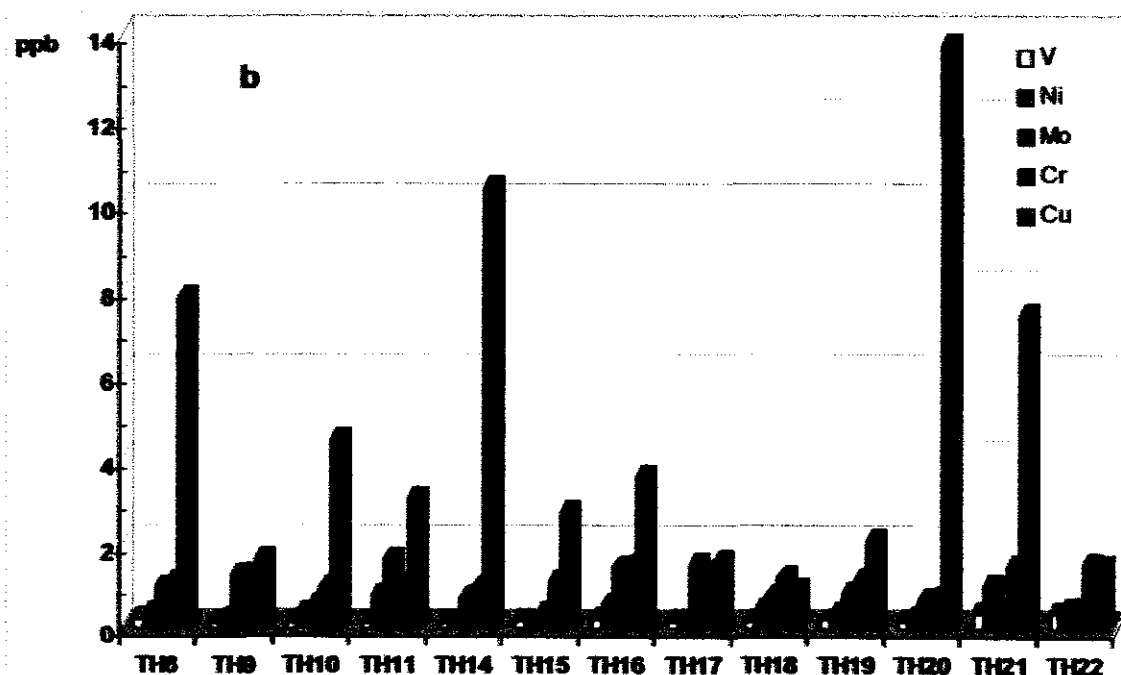
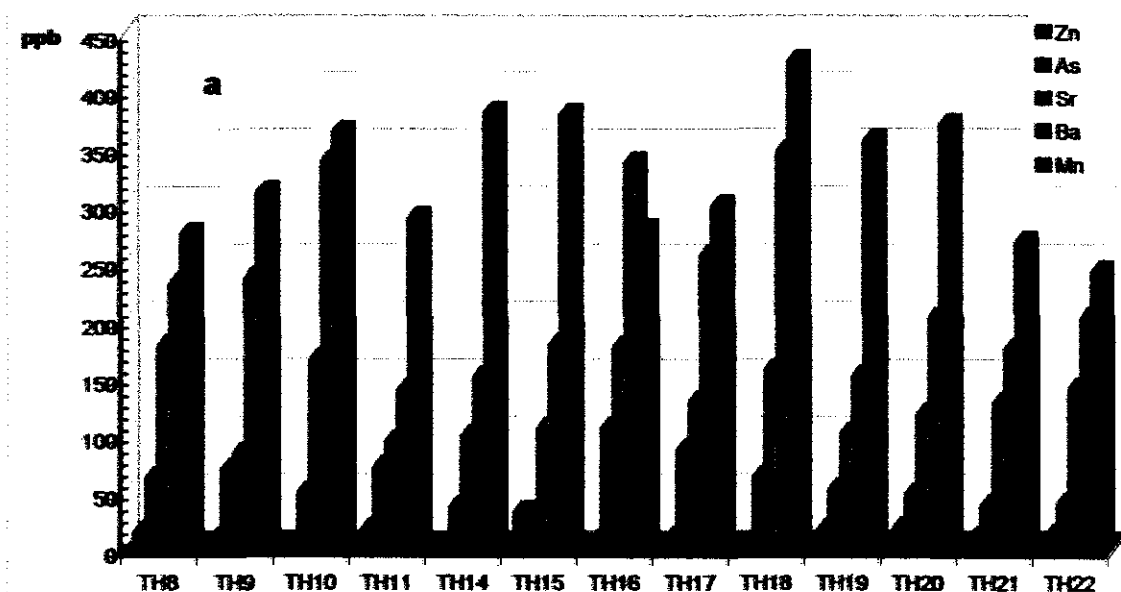


Hình 2. Hàm lượng As và một số kim loại nặng

(Các mẫu nước ngầm tại địa điểm Lương Yên, quận Hai Bà Trưng)

thấp hơn tiêu chuẩn cho phép, chứng tỏ rằng nguồn nước ở đây hầu như chưa có biểu hiện ô nhiễm do kim loại nặng gây ra. Tuy vậy, hàm lượng V trong mẫu L17F cao hơn các mẫu khác thuộc lô mẫu trong biểu đồ 2b, có thể do mẫu này là nước ngầm bề mặt (lỗ khoan sâu dưới 27m) nên tạo dị thường trong cả lô mẫu (khoan ở độ sâu khoảng 60-70 m) ở cùng một khu vực khai thác nước.

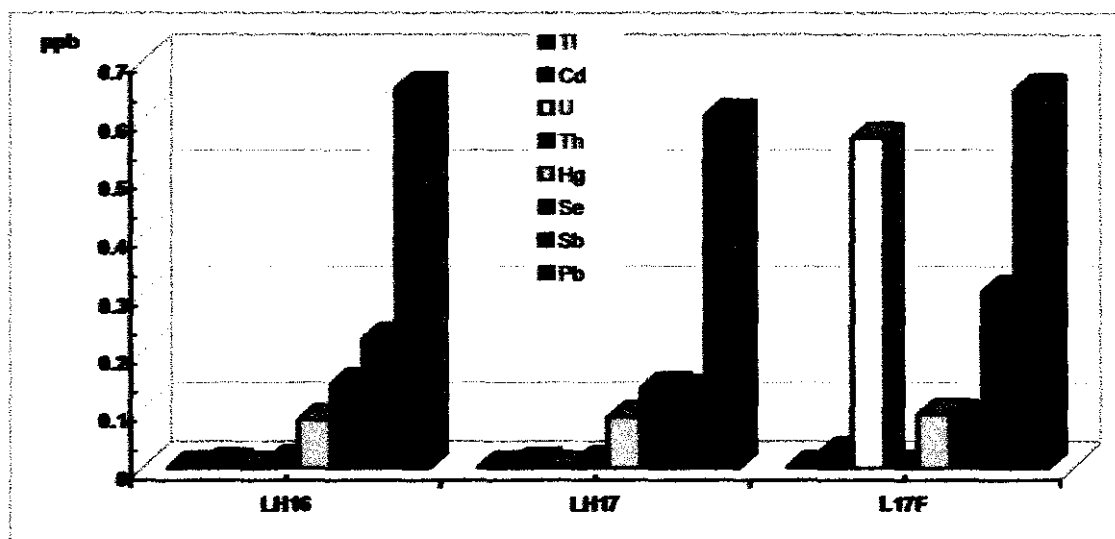
Nhìn chung, tại hai địa điểm vừa khảo sát, chất lượng nước dưới đất tương đối tốt, chưa có biểu hiện nhiễm bẩn của các nguyên tố kim loại nặng ở tầng khai thác *qp* mặc dù hàm lượng As phổ biến ở mức trên 10 $\mu\text{g/l}$ (TCVN năm 2003).



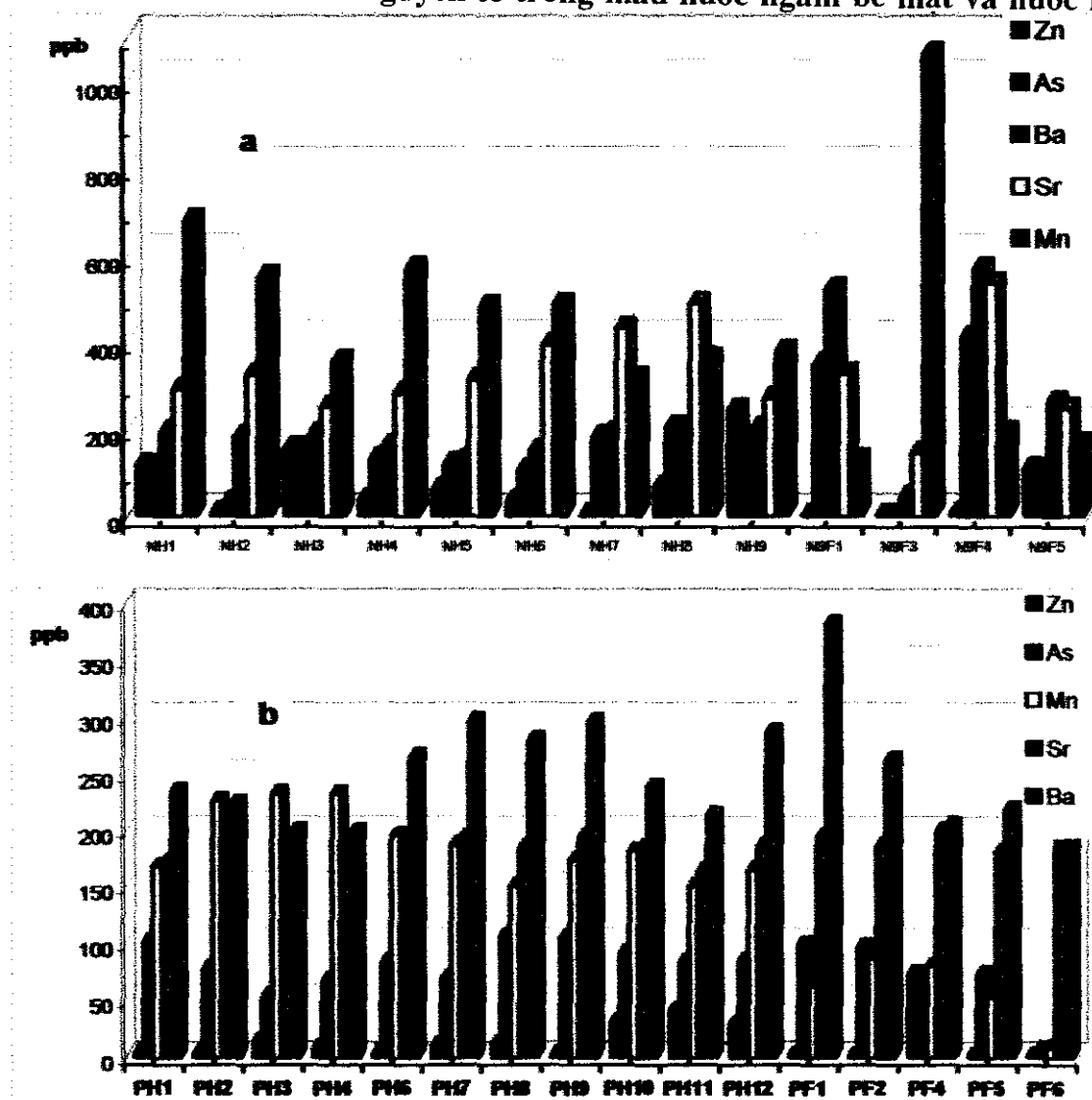
Hình 3. Hàm lượng As và một số kim loại nặng

(Các mẫu nước ngầm tại địa điểm Tương Mai, quận Hai Bà Trưng)

Trên hình 4, có thể so sánh hàm lượng vết một số nguyên tố trong mẫu nước ngầm bề mặt (L17F) và trong hai mẫu nước ngầm tại các vị trí có toạ độ 21°N : $100,797-105^{\circ}\text{E}$: $51,894$ và 21°N : $100,720-105^{\circ}\text{E}$: $51,933$ (gần với mẫu L17F). Hàm lượng Pb trong các mẫu này đều thấp hơn giới hạn TCVN năm 1995, nhưng hàm lượng U và Sb trong mẫu nước ngầm bề mặt cao hơn hai mẫu còn lại. Điều này cho thấy rằng dường như chưa có biểu hiện vận chuyển tác nhân gây ô nhiễm từ tầng trên xuống tầng dưới, và nguồn nước ngầm ở tầng khai thác nước *qp* khá sạch.

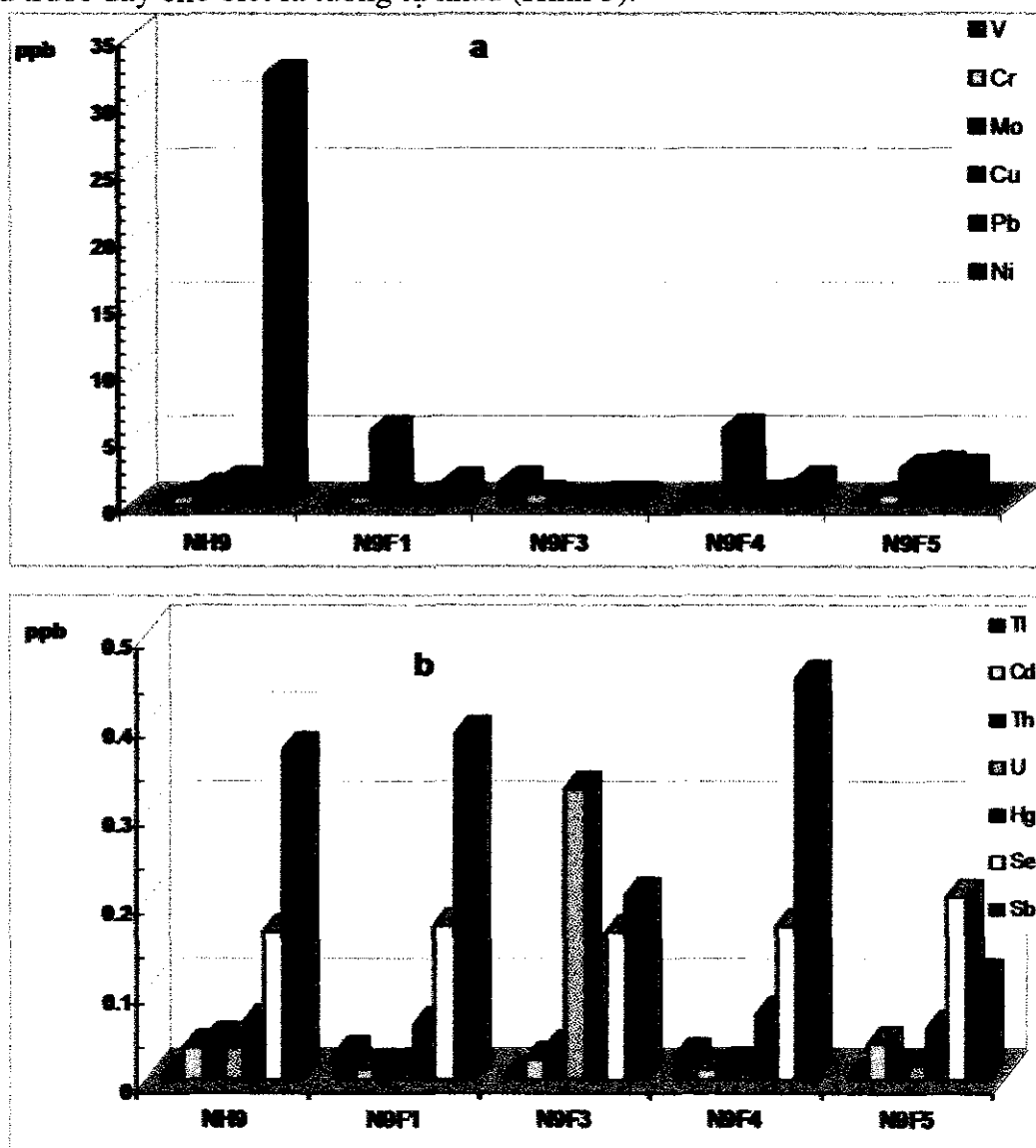


Hình 4. Vết các nguyên tố trong mẫu nước ngầm bề mặt và nước ngầm

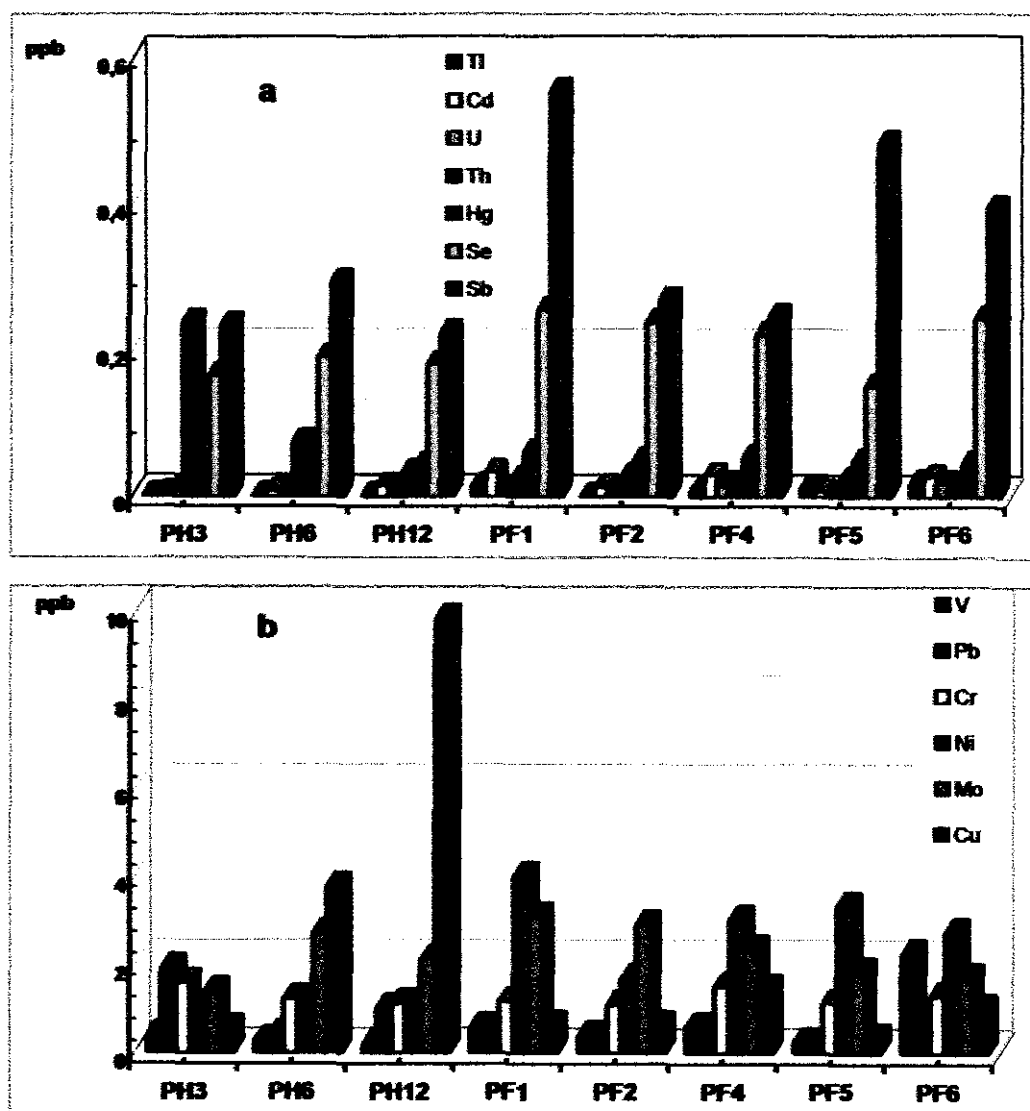


Hình 5. Hàm lượng As và một số nguyên tố kim loại nặng
(tại các địa điểm Linh Nam (a) và Yên Sở (b), quận Hoàng Mai)

Trong khi đó, tại hai địa điểm Lĩnh Nam và Yên Sở (phía Đông-Nam quận Hoàng Mai), hàm lượng các nguyên tố kim loại nặng khá cao so với các mẫu tại khu vực Nam quận Hai Bà Trưng (Hình 5 và 6). Tại các giếng ở hai địa điểm này, hàm lượng As trong nước ngầm “thô” khá cao, thường khoảng 100 $\mu\text{g/l}$ trở lên, cũng có một vài mẫu nước ngầm bề mặt (độ sâu của giếng khoan từ 27m đến 32m) cho hàm lượng As thấp dưới 10 $\mu\text{g/l}$. Có thể do sự bổ cấp nước thường xuyên mà hàm lượng As giảm nhờ quá trình rửa trôi. Điều này chưa thấy tài liệu nào đề cập trước đây. Nhìn chung trong 55 mẫu phân tích, chỉ có 03 mẫu có hàm lượng As dưới 10 $\mu\text{g/l}$ (cỡ 5%), 07 mẫu có hàm lượng Hg cao hơn 0,001mg/l (13%), hàm lượng Mn trong lô mẫu tại địa điểm Lĩnh Nam vượt TCVN năm 1995, thậm chí có mẫu lên tới 1mg/l (mẫu nước ngầm bề mặt N9F3), còn hàm lượng Mn trong lô mẫu thu tại địa điểm Yên Sở lại khá thấp, dưới TCVN cho dù điều kiện địa chất được các tác giả nghiên cứu trước đây cho biết là tương tự nhau (Hình 5).



Hình 6. Hàm lượng kim loại nặng trong các mẫu nước ngầm (Lĩnh Nam)

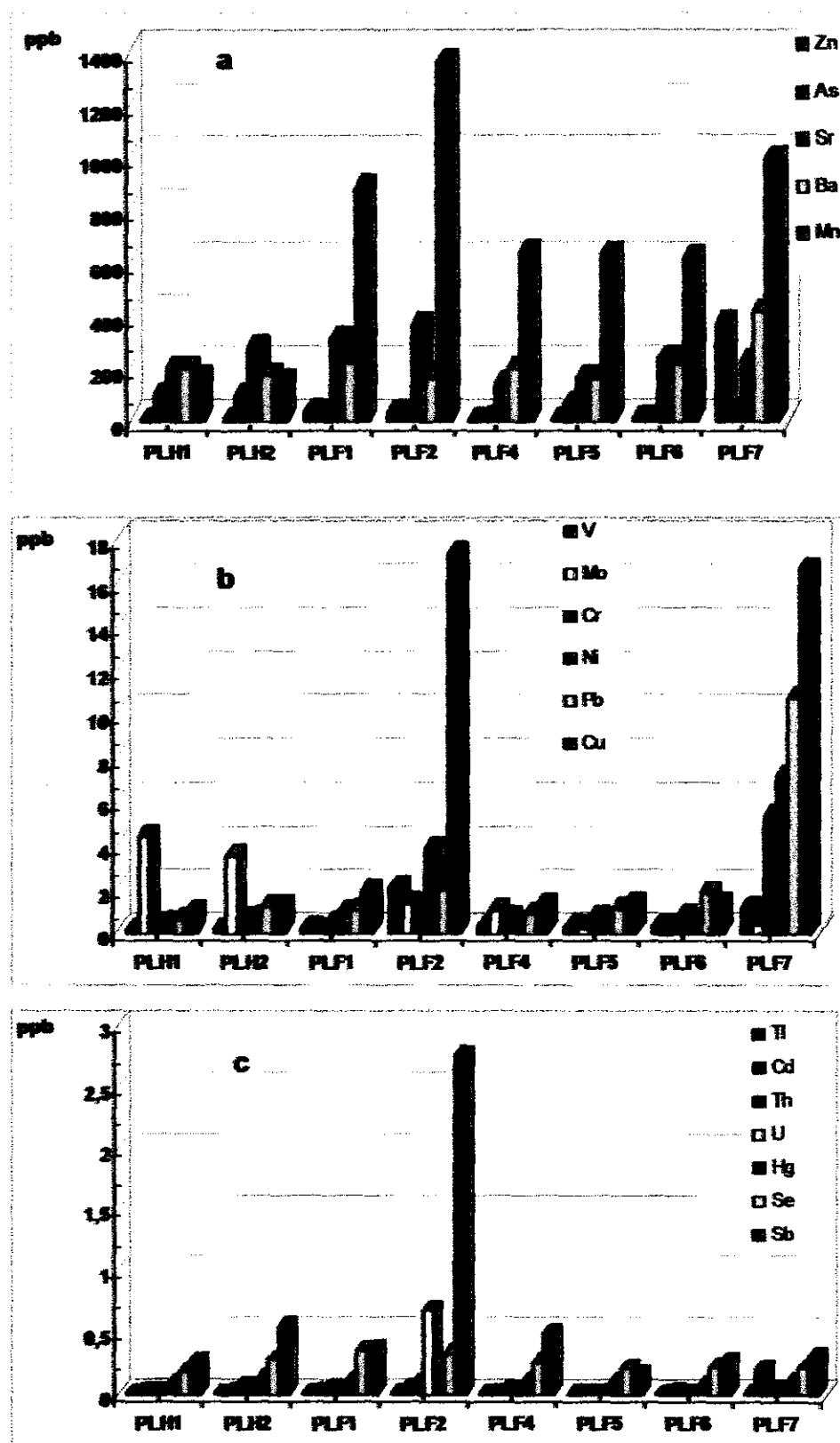


Hình 7. Hàm lượng kim loại nặng trong các mẫu nước ngầm (Yên Sở)

Tiến hành nghiên cứu sự phân bố hàm lượng nhiều nguyên tố kim loại nặng trên cơ sở so sánh mẫu nước ngầm với các mẫu nước ngầm bề mặt có tọa độ gần nhau. Kết quả biểu diễn trên hình 6(a,b) và hình 7(a,b). Biểu đồ 6a (địa điểm Lĩnh Nam) cho thấy hàm lượng Ni trong mẫu NH9 (nước ngầm) cao hơn so với các mẫu nước ngầm bề mặt còn lại, vượt quá giới hạn tiêu chuẩn nước sạch. Các mẫu nước ngầm khác ở khu vực này có hàm lượng Ni dưới $1\mu\text{g/l}$, chỉ có 02/25 mẫu cho hàm lượng Ni cao hơn $10\mu\text{g/l}$. Trong khi đó hàm lượng các kim loại độc tính cao như Cd, Pb, Tl trong các mẫu nước ngầm và nước ngầm bề mặt tại khu vực này đều thấp dưới giới hạn TCVN và WHO. Trên hình 7a và 7b, hàm lượng hầu hết các kim loại nặng trong các mẫu nước ngầm và nước ngầm bề mặt ở địa điểm Yên Sở đều nằm dưới giới hạn của TCVN cho phép, điều này có thể kết luận được nước ngầm hai khu vực này chưa có biểu hiện bị ô nhiễm kim loại nặng rõ rệt trừ nhiễm bẩn do As gây ra.

Tại địa điểm Văn Điển giáp với quận Hoàng Mai, hiện tượng nguồn nước bị nhiễm bẩn do một vài kim loại nặng gây ra có chiều hướng tăng lên. Mặc dù trong

13 mẫu nước dưới đất được thu thập gần nhà máy Phân lân, chỉ có 5 mẫu lấy tại các giếng khai thác sâu (trên 70m) cho hàm lượng As cao hơn $50\mu\text{g/l}$, những giếng còn lại được khai thác ở độ sâu dưới 30m, hàm lượng As lại thấp hơn $10\mu\text{g/l}$. (Hình 8a)



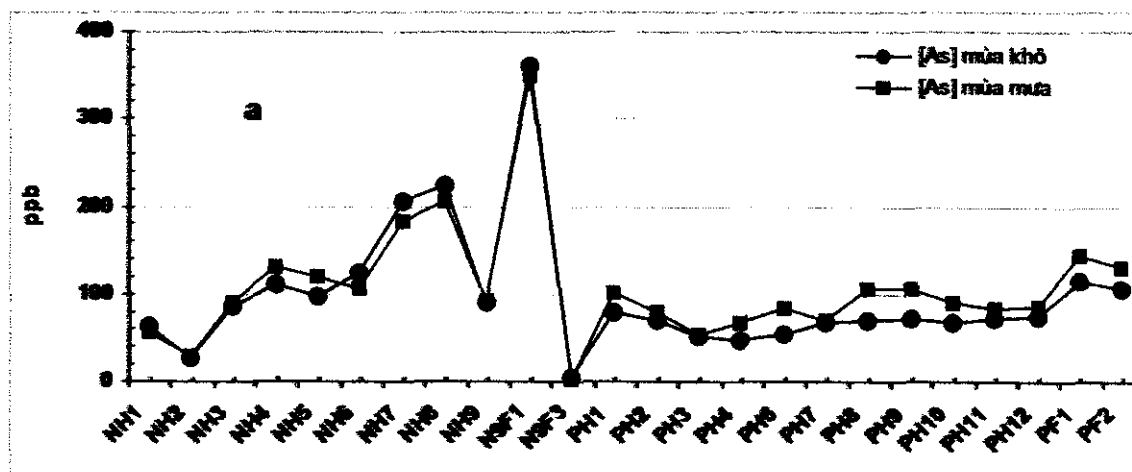
Hình 8. Hàm lượng kim loại nặng trong các mẫu nước ngầm (Văn Điển)

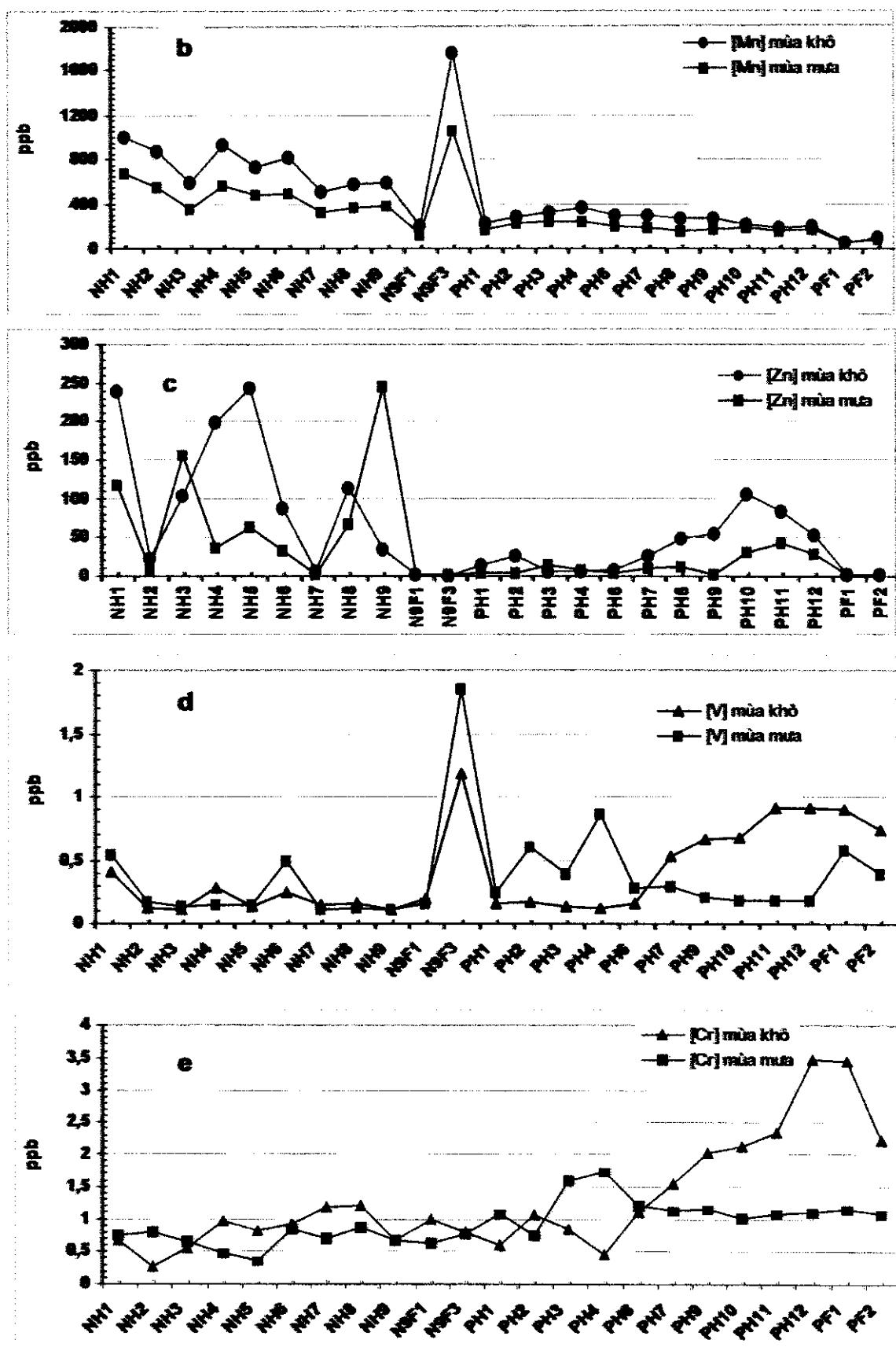
Tuy nhiên, hàm lượng Mn trong 6 trên 13 mẫu (46%) cao hơn giới hạn cho phép của tiêu chuẩn TCVN năm 1995 (0,5 mg/l). Cá biệt có mẫu gần gấp ba hàm lượng Mn cho phép (mẫu nước ngầm bề mặt PLF2, Hình 8a). Chưa có tài liệu nào khẳng định nguồn gốc của sự nhiễm bẩn Mn, nhưng rõ ràng nguồn gốc không xuất phát từ cấu tạo địa chất vì ở độ sâu lớn hơn thì hàm lượng Mn lại giảm đi. Rất có thể do nhiễm bẩn từ các hoạt động sản xuất công nghiệp tại khu vực này gây ra. Tuy nhiên, khi khảo sát hàm lượng các nguyên tố kim loại nặng khác, chỉ có một mẫu PLF7 cho hàm lượng Pb cao hơn giới hạn cho phép của WHO (10µg/l), nhưng vẫn thấp dưới giới hạn TCVN năm 1995 (50µg/l) (Hình 8b). Hàm lượng Sb và U trong mẫu PLF2 cao hơn các mẫu còn lại (Hình 8c), nhưng chưa vượt giới hạn TCVN-5502-2003 (0,005 mg/l đối với Sb); và U do chưa có định chuẩn để so sánh, giá trị phân tích chỉ có tính chất tham khảo. Nhìn chung, các mẫu nước ngầm tại khu vực này có biểu hiện nhiễm bẩn kim loại nặng, có lẽ do tác động của các hoạt động của con người.

Khái quát trong 5 địa điểm nguồn nước ngầm được nghiên cứu khảo sát tại khu vực Đông-Nam Hà Nội, có thể nhận xét rằng : hai địa điểm phía Nam quận Hai Bà Trưng, chưa có biểu hiện nhiễm bẩn nguồn nước do các kim loại nặng gây ra, nhưng hàm lượng As vượt TCVN năm 2003; hai địa điểm phía Đông-Nam quận Hoàng Mai có biểu hiện nhiễm bẩn do As gây ra; địa điểm xung quanh nhà máy Phân lân Văn Điển ở phía Bắc huyện Thanh Trì, có biểu hiện nguồn nước ngầm bị nhiễm bẩn do một vài kim loại nặng gây ra. Nguồn gốc địa tầng tự nhiên có lẽ là nguyên nhân chính gây nhiễm bẩn As (như nhiều tác giả đã kết luận trước đây) do ở độ sâu lớn, hàm lượng As vẫn còn cao. Còn nguồn gốc gây nhiễm bẩn nguồn nước từ một vài kim loại nặng gây ra có lẽ chủ yếu do hoạt động của con người.

III.2 Nghiên cứu phân bố hàm lượng các nguyên tố theo mùa

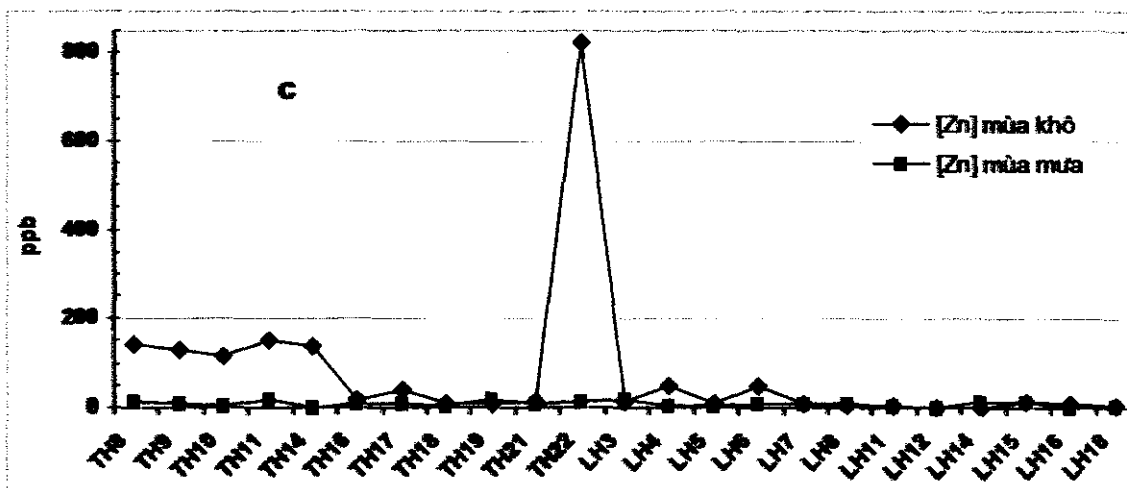
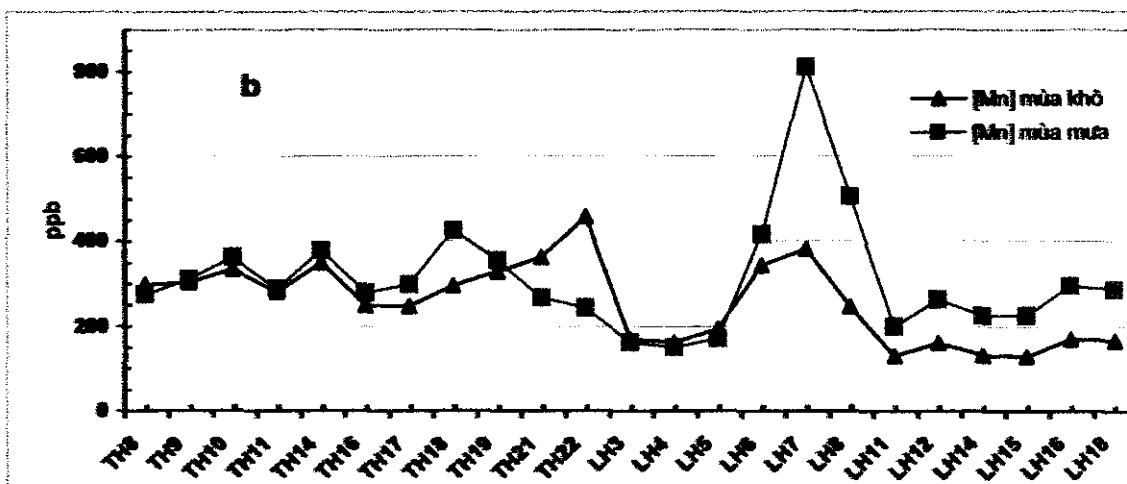
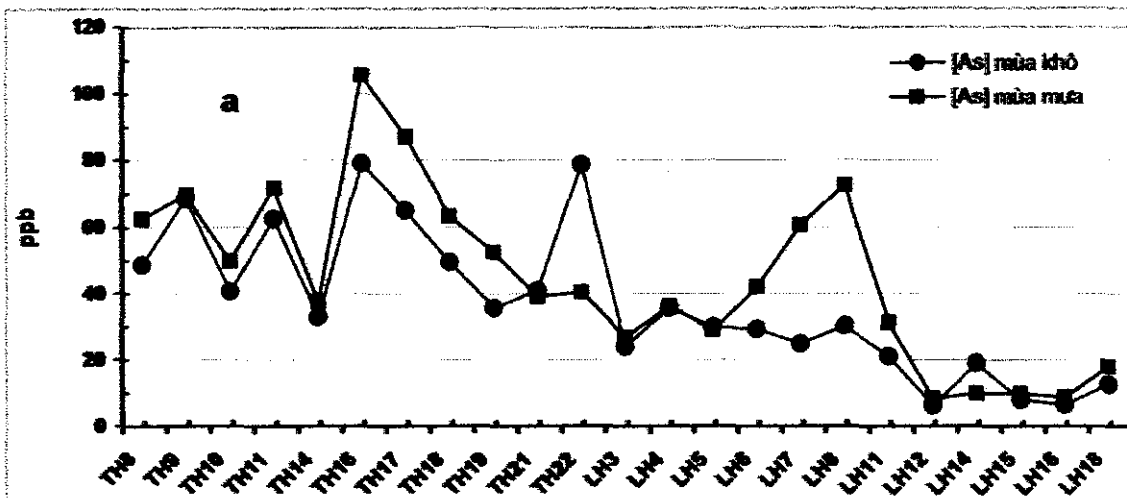
Hình 9 so sánh sự phân bố hàm lượng của As (a) và một số nguyên tố kim loại nặng như Mn, Zn, V, Cr (b, c, d, e) trong mùa khô và mùa mưa tại các địa điểm Lĩnh Nam và Yên Sở, Quận Hoàng Mai, Hà Nội. Các chỉ số hàm lượng của từng thành phần nguyên tố trong mẫu mùa khô nói chung đều tương đối cao hơn các chỉ số hàm lượng của cùng địa điểm mẫu trong mùa mưa.

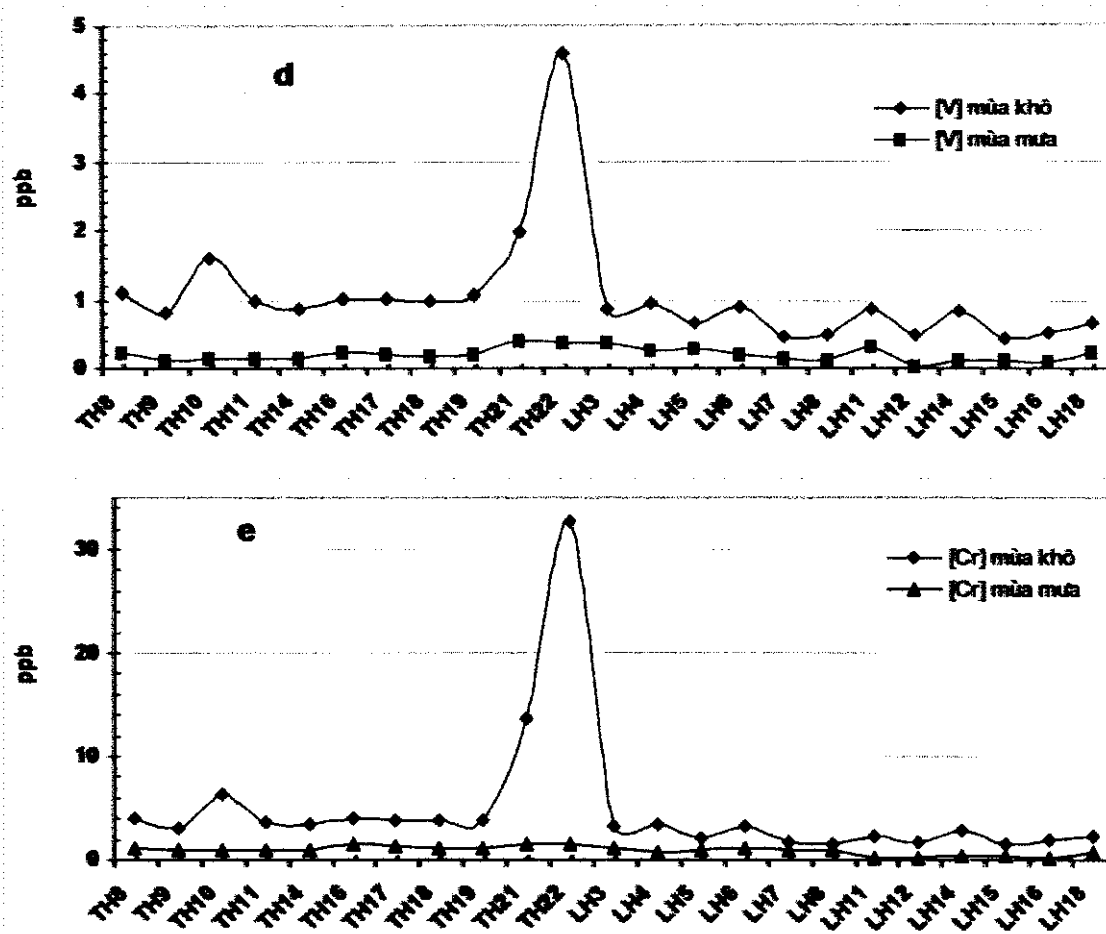




Hình 9. Phân bố hàm lượng As và một số nguyên tố kim loại nặng trong nước ngầm địa điểm Linh Nam-Yên Sở theo mùa

Tuy nhiên cũng có một vài trường hợp dị biệt, hàm lượng một vài kim loại nặng như V trong mùa mưa cao hơn so với mùa khô (Hình 9d). Những mẫu có xu hướng này xuất hiện trong tầng chứa nước nông (mẫu N9F3), có lẽ do ảnh hưởng của mưa và rửa trôi các kim loại từ đá mẹ hoặc từ mặt đất xuống.





Hình 10. Phân bố hàm lượng As và một số nguyên tố kim loại nặng trong nước ngầm địa điểm Tương Mai-Lương Yên theo mùa

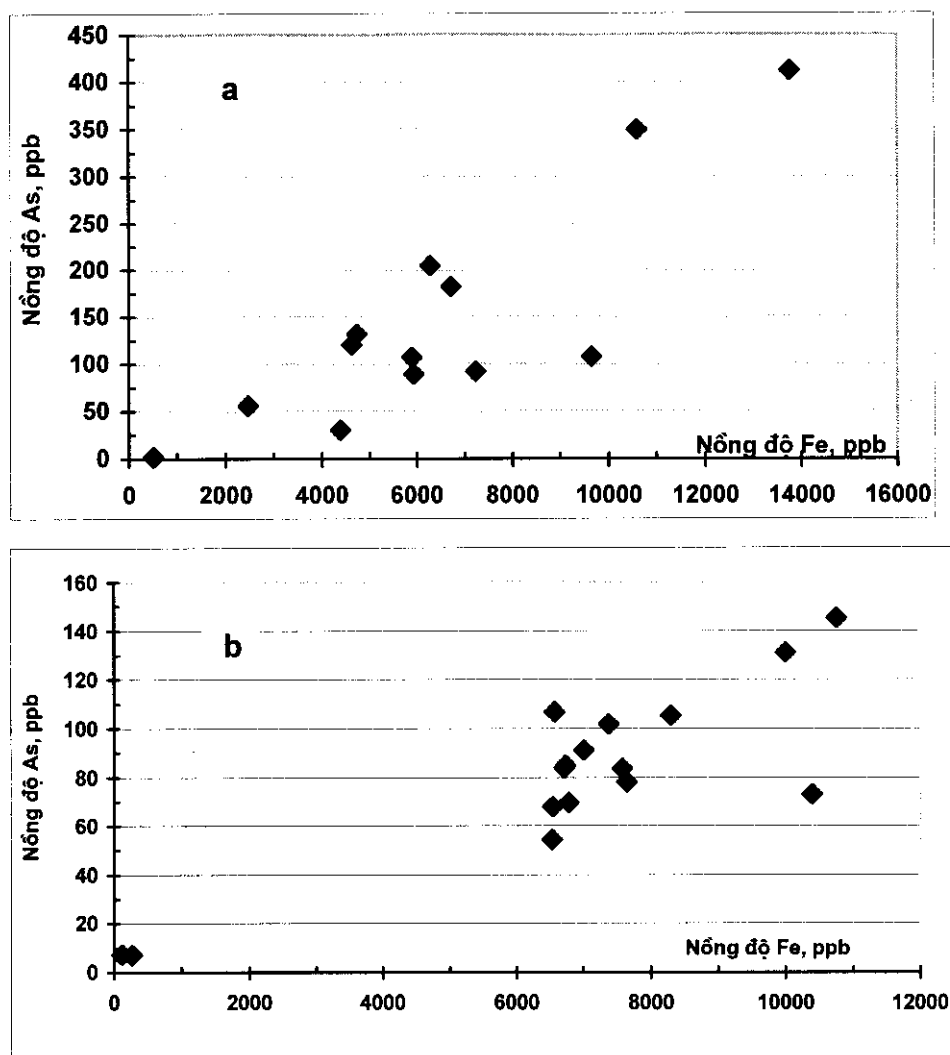
Trong khi đó tại những địa điểm cách xa sông Hồng hơn, ở phía Nam quận Hai Bà Trưng, qui luật phân bố các nguyên tố kim loại nặng và As trong nước ngầm theo mùa dường như không rõ rệt lắm so với khu vực phía Đông-Nam quận Hoàng Mai (Hình 10 a, b, c, d, e). Đối với As và Mn, dường như hàm lượng trong các mẫu thu thập mùa mưa có giá trị cao hơn, nhưng các nguyên tố có hàm lượng thấp hơn như V, Cr, Zn thì nói chung vẫn tuân theo qui luật hàm lượng trong các mẫu mùa khô hơi cao hơn so với mùa mưa. Nguyên nhân của hiện tượng này chưa thấy đề cập đến trong các tài liệu nghiên cứu trước đây ở nước ta, ngoài các nghiên cứu về bổ cấp nước từ sông Hồng vào các tầng chứa nước trong mùa khô và bổ cấp ngược lại vào mùa mưa. [22] Và một vài tác giả cũng dùng hiện tượng bổ cấp nước ngầm nêu trên để giải thích cho qui luật phân bố các nguyên tố kim loại nặng và As theo mùa (nồng độ cao vào mùa mưa). [8]

III.3 Nghiên cứu mối tương quan hàm lượng giữa As và một số kim loại

Trong các nghiên cứu trước đây [11], các tác giả đã cố gắng tìm hiểu sự tương quan của hàm lượng As với một số hàm lượng các kim loại khác có mặt trong mẫu nước dưới đất như Cu, Cr, Mn, Fe,... và kết luận rằng “chưa phát hiện tương quan rõ ràng giữa hàm lượng As với Fe, Mn,...”.

Tuy nhiên trong khuôn khổ của đề tài, chúng tôi cũng tiến hành nghiên cứu mối tương quan này. Khác với các tác giả trước, chúng tôi tiến hành các khảo sát theo từng địa điểm nghiên cứu do có sự khác biệt địa hình của các tầng chứa nước như phần trước đã phân tích.

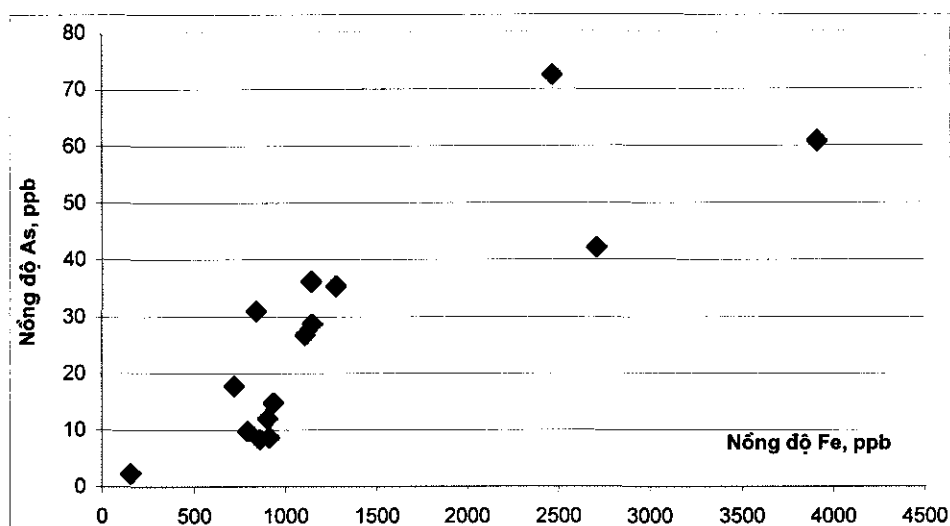
Tương quan giữa hàm lượng As và hàm lượng Fe



Hình 11. Tương quan hàm lượng As và Fe (a: Linh Nam; b: Yên Sở)

Như đã đề cập trong phần tổng quan, nhiều tác giả nước ngoài đã chỉ rõ, trong vùng nước ngầm nào có hàm lượng Fe cao thì hàm lượng As cũng cao. Hay nói cách khác, mối tương quan tỉ lệ giữa hàm lượng Fe và As theo chiều dương.

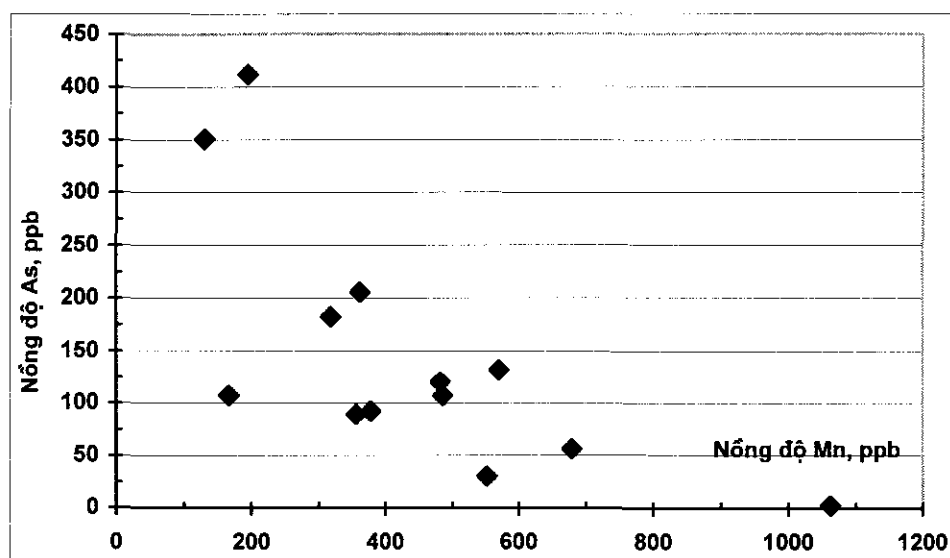
Thực tế nghiên cứu khảo sát đã chứng minh quy luật này. Hình 11 là một ví dụ sinh động tại các địa điểm nghiên cứu phía Đông-Nam quận Hoàng Mai, tương quan tỉ lệ của hàm lượng hai nguyên tố này là số dương. Quy luật này cũng lặp lại với hai địa điểm khảo sát trong quận Hai Bà Trưng. Hình 12 là một ví dụ về mối tương quan giữa hàm lượng As và Fe cho địa điểm Lương Yên. Cần có các nghiên cứu tiếp theo để có thể xác định được giá trị hệ số tương quan.



Hình 12. Tương quan hàm lượng As và Fe tại địa điểm Lương Yên

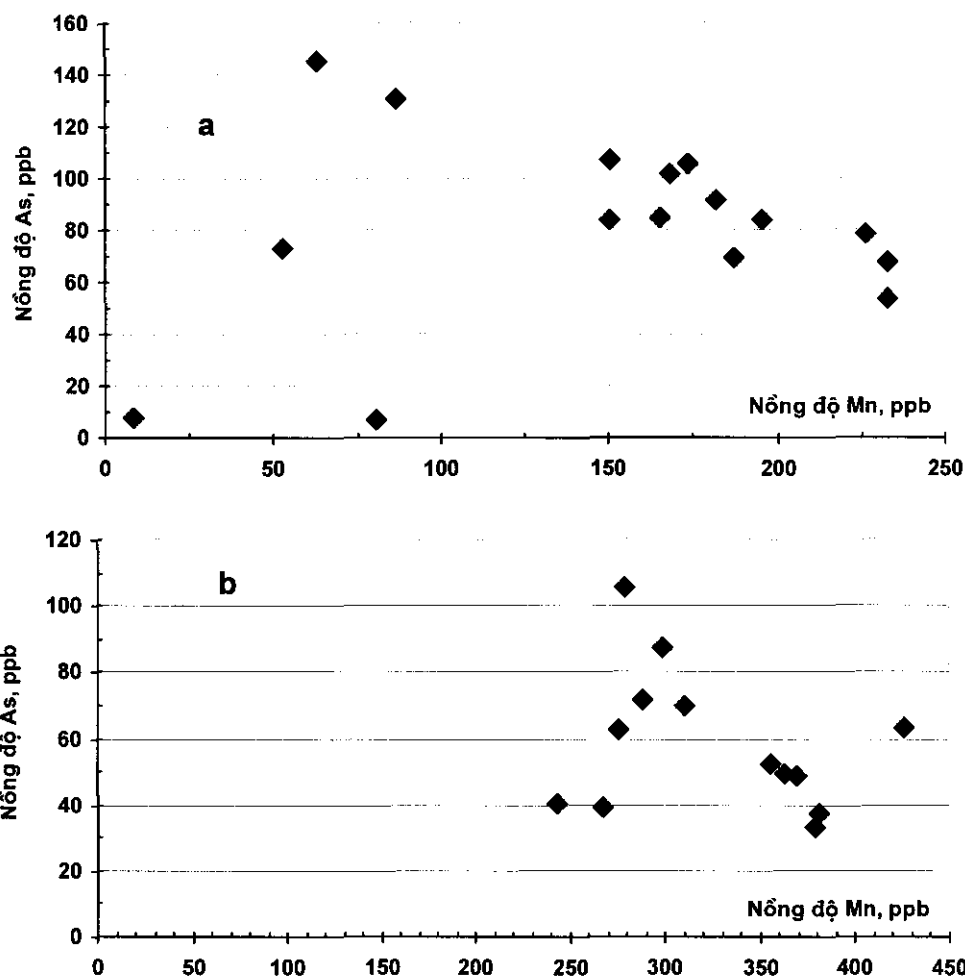
Tương quan giữa hàm lượng As và hàm lượng Mn

Theo quy luật tự nhiên của sự phân bố As và Fe hay As và Mn, người ta có thể đề ra những định hướng nghiên cứu về mức độ ô nhiễm vùng nước ngầm đang khảo sát. Theo các tác giả của Anh thì quy luật tương quan hàm lượng của As với Mn theo chiều âm, tức là vùng nào có hàm lượng Mn cao thì As sẽ thấp. Qua khảo sát của chúng tôi tại các địa điểm thu mẫu nghiên cứu, thành phần Mn và As trong nước ngầm Đông-Nam Hà Nội cũng tuân theo quy luật chung này. Hình 13 và 14 đã chứng minh nhận định về quy luật tương quan tỉ lệ giữa nồng độ của hai nguyên tố này. Điều này chưa có tác giả nào ở Việt nam công bố.



Hình 13. Tương quan hàm lượng As và Mn tại địa điểm Lĩnh Nam

Tuy nhiên trong hình 14, đôi chỗ sự phân bố một vài cặp giá trị có vẻ dị biệt. Nhưng số cặp giá trị dị biệt này chiếm tỉ lệ thấp, do vậy không ảnh hưởng đến quy luật tương quan chung.



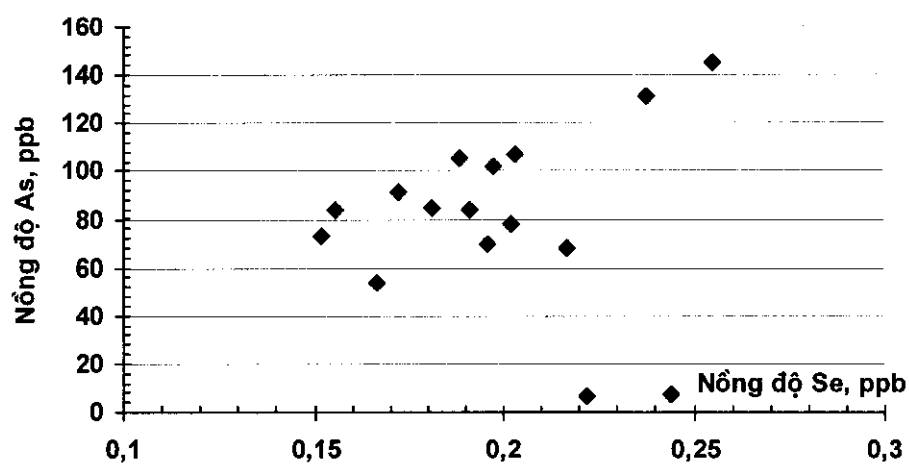
Hình 14. Tương quan hàm lượng As và Mn (a: Yên Sở; b: Tương Mai)

Tầng chứa nước *qp* hiện nay theo thông báo bị khai thác ở nhiều nơi, và tốc độ bổ cập nước không đồng đều ở từng khu vực giếng khoan, cũng có thể là nguyên nhân dẫn đến những điểm dị biệt trong quy luật chung của sự phân bố.

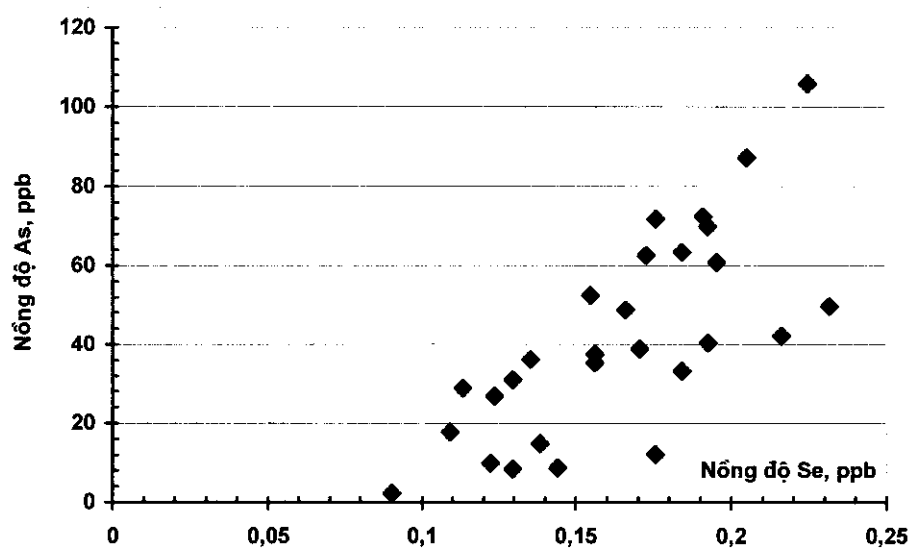
Nhìn chung, khuynh hướng tỉ lệ theo chiều âm trong tương quan hàm lượng As và Mn đã tìm thấy trong các nghiên cứu tại các địa điểm vừa khảo sát.

Tương quan giữa hàm lượng As và hàm lượng Se

Xem xét mối tương quan giữa hàm lượng As và Se tại các địa điểm khảo sát thuộc khu vực Đông-Nam Hà Nội, kết quả chỉ ra rằng tương quan này theo chiều dương, tức là tỉ lệ thuận giữa nồng độ của hai nguyên tố có thể gây độc cho người dùng nguồn nước. Trong nước ngầm, Se cũng tồn tại dạng selenat, nên có lẽ cùng chung cơ chế rửa lũa với As từ trầm tích. Hình 15 và 16 là những ví dụ minh họa cho kết luận trên. Điều này hoàn toàn phù hợp với nhiều tác giả nước ngoài đã nghiên cứu trước đây. Tuy nhiên, các tác giả trong nước chưa đề cập đến mối tương quan này. Nguyên nhân có thể do phương tiện nghiên cứu định lượng toàn diện thành phần nước ngầm vào những năm trước 2004 chưa đáp ứng được yêu cầu.

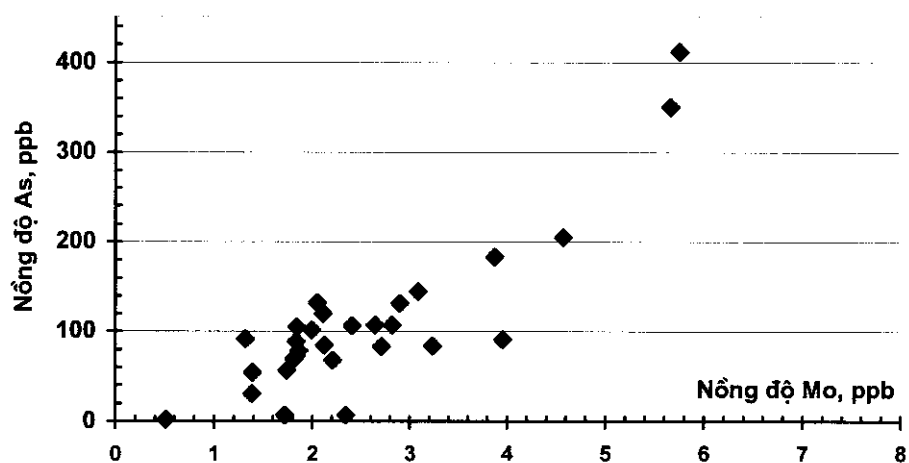


Hình 15. Tương quan hàm lượng As và Se (Yên Sở)

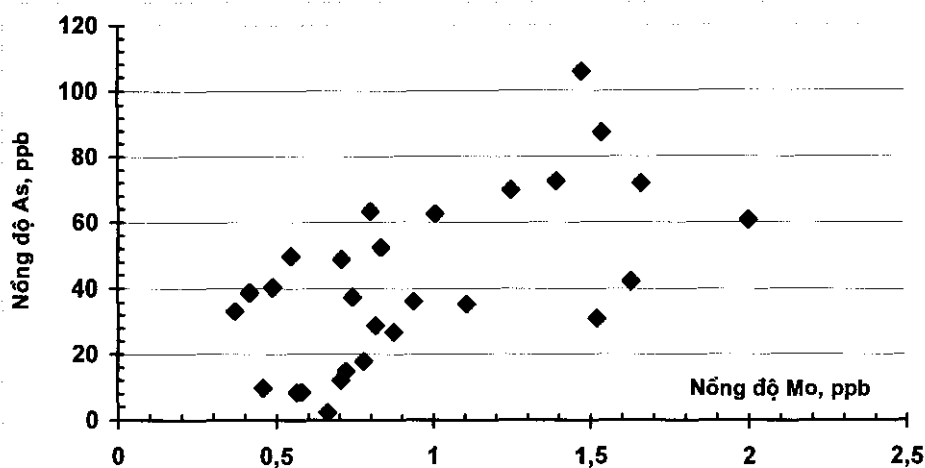


Hình 16. Tương quan hàm lượng As và Se (Lương Yên-Tương Mai)

Tương quan giữa hàm lượng As và hàm lượng Mo



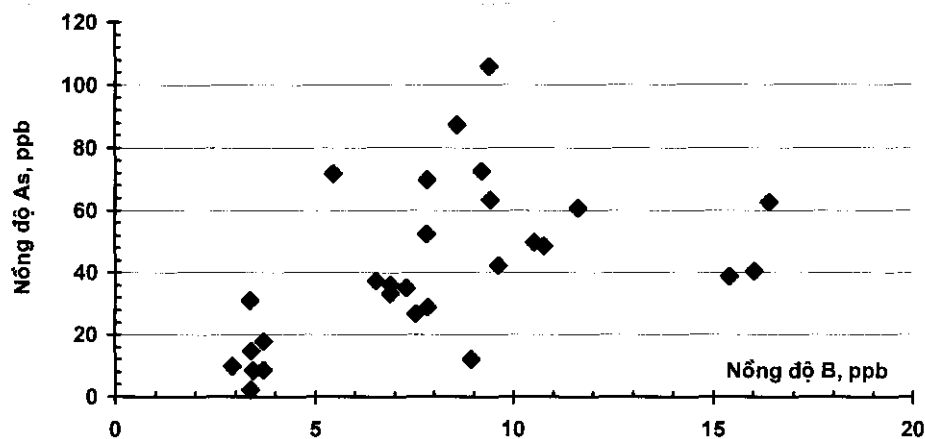
Hình 17. Tương quan hàm lượng As và Mo (Lĩnh Nam-Yên Sở)



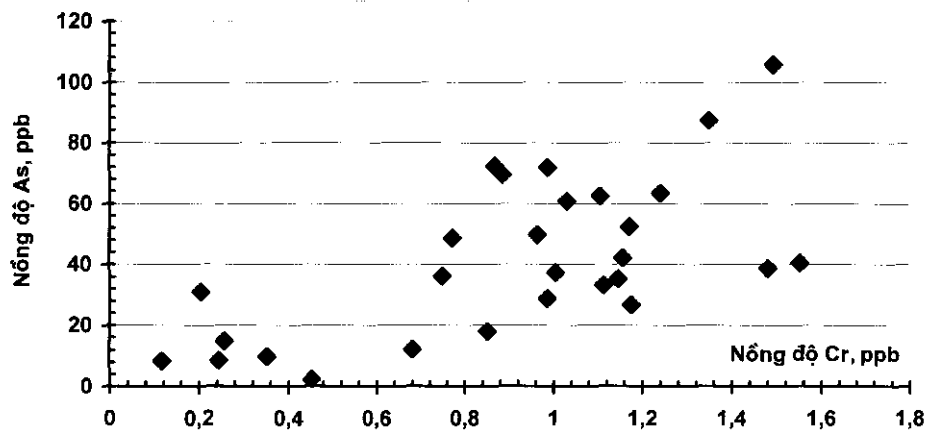
Hình 18. Tương quan hàm lượng As và Mo (Lương Yên-Tương Mai)

Molipden là nguyên tố điển hình tạo oxo-anion (molipdat) cũng cho tương quan tỉ lệ hàm lượng theo chiều dương với As. Hình 17, 18 là những ví dụ về mối tương quan này.

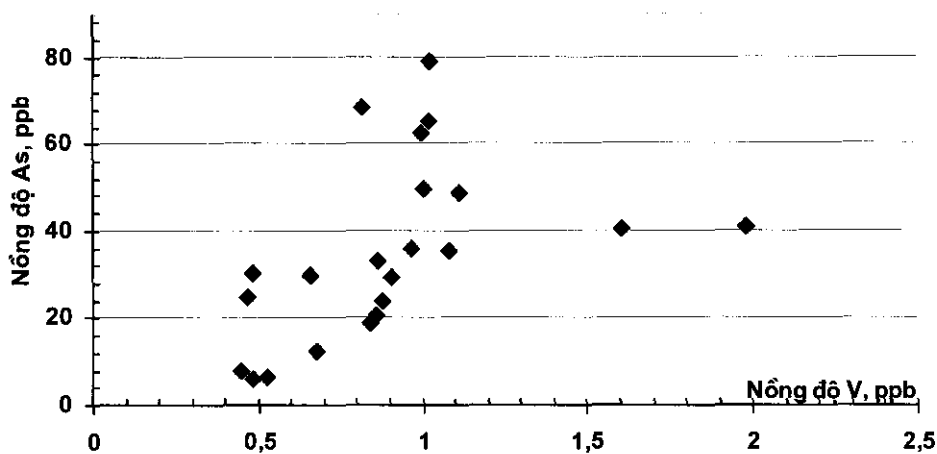
Tương quan giữa hàm lượng As và hàm lượng B, V, Cr, U



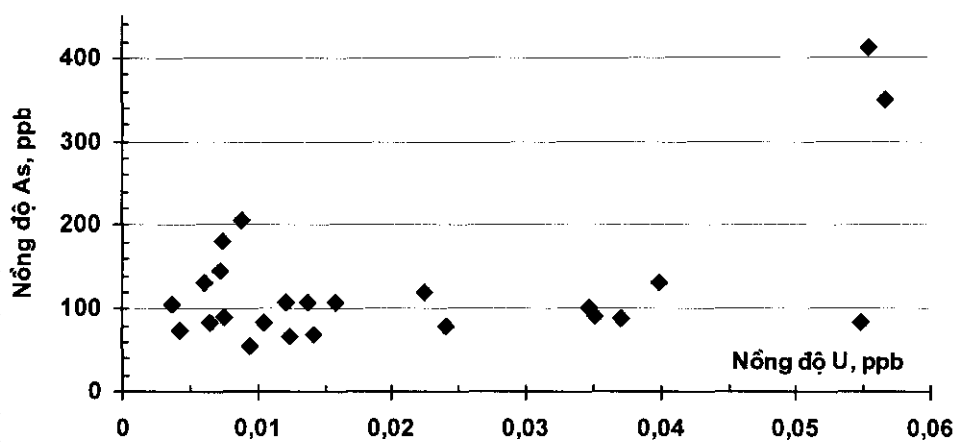
Hình 19. Tương quan hàm lượng As và B (Lương Yên-Tương Mai)



Hình 20. Tương quan hàm lượng As và Cr (Lương Yên-Tương Mai)



Hình 21. Tương quan hàm lượng As và V (Lương Yên-Tương Mai)

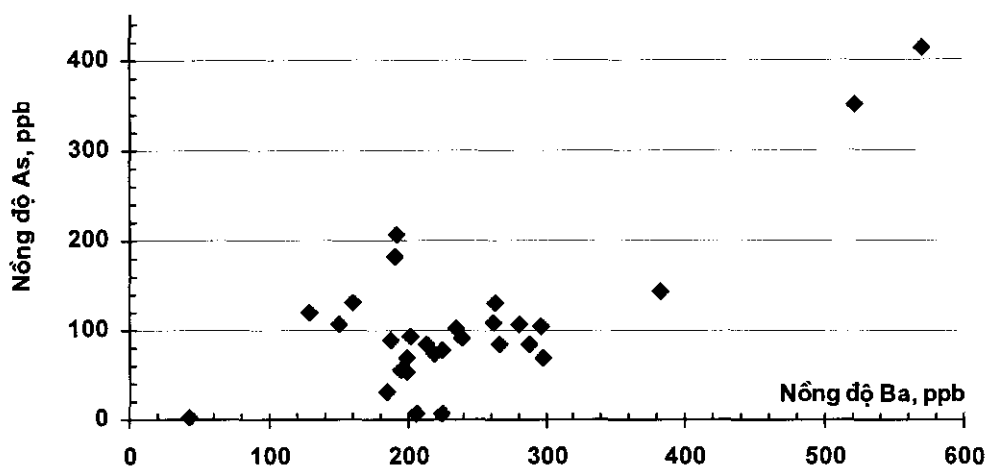


Hình 22. Tương quan hàm lượng As và U (Lĩnh Nam-Yên Sở)

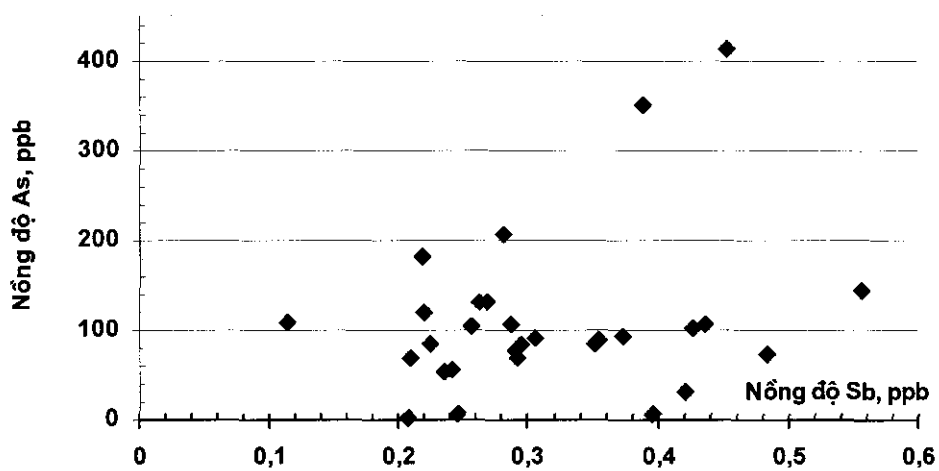
Tương tự như Mo, các nguyên tố có thể tạo oxo-anion khác như B, Cr, V, U cũng cho xu hướng tương quan tỉ lệ giữa hàm lượng của chúng với As theo chiều dương, có nghĩa ở địa điểm khảo sát, nồng độ As trong mẫu tăng lên, thì nồng độ các nguyên tố tạo oxo-anion cũng sẽ cao hơn các mẫu khác, nhưng xét về giá trị tuyệt đối thì hàm lượng các oxo-anion này không lớn lắm. Hình 19, 20, 21, 22 là những ví dụ cho mối tương quan vừa nêu. Sự phụ thuộc theo quy luật tự nhiên của các nguyên tố tạo oxo-anion vào arsen cho thấy chưa có biểu hiện phá vỡ cân bằng trong nguồn nước khảo sát, và do đó có thể nhận xét rằng các địa điểm khảo sát chưa có biểu hiện ô nhiễm do kim loại nặng gây ra.

Tuy vậy, vẫn có một vài địa điểm khảo sát cho thấy, tương quan tỉ lệ của hàm lượng một vài oxo-anion với As không thể hiện rõ theo chiều thuận hay nghịch. Nguyên nhân có thể do nồng độ của từng kim loại tạo oxo-anion quá nhỏ (như U trong hình 22 chẳng hạn) vì thế, có lẽ cần có nghiên cứu theo mùa của nhiều năm để có nhiều số liệu thống kê hơn, khi đó mới có thể khẳng định chính xác nguồn nước ngầm tại địa điểm đó có bị nhiễm bẩn hay chưa.

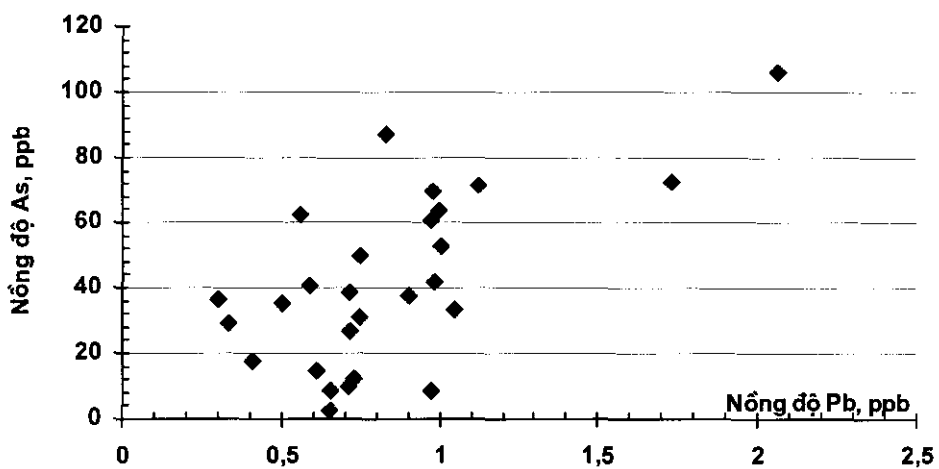
Tương quan giữa hàm lượng As và hàm lượng Cu, Pb, Tl, Hg, Ba, Sb



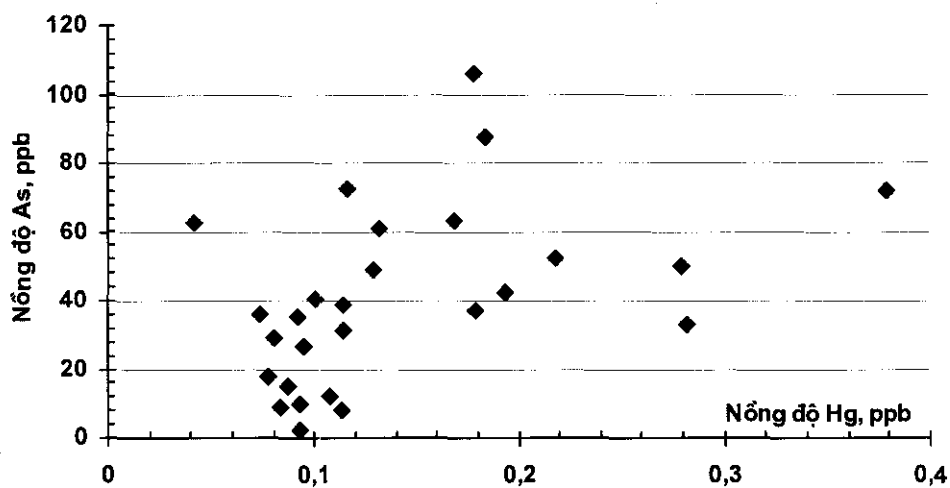
Hình 23. Tương quan hàm lượng As và Ba (Lĩnh Nam-Yên Sở)



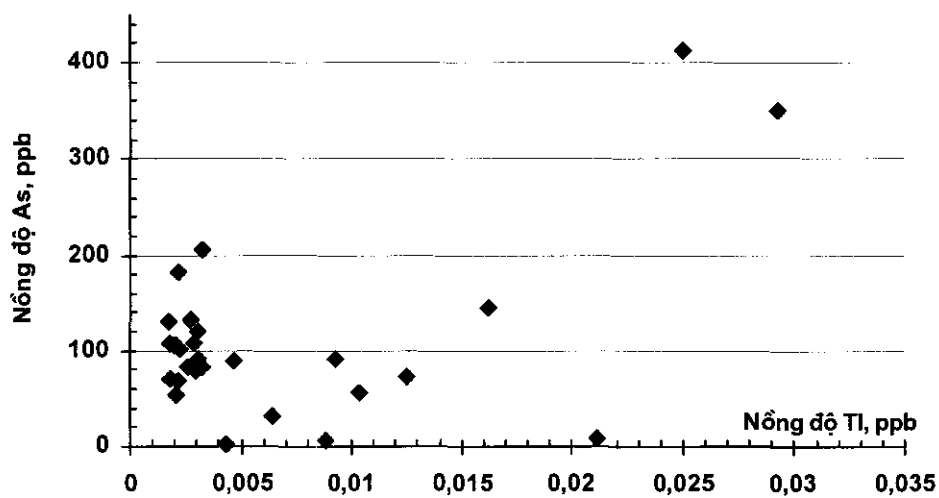
Hình 24. Tương quan hàm lượng As và Sb (Lĩnh Nam-Yên Sở)



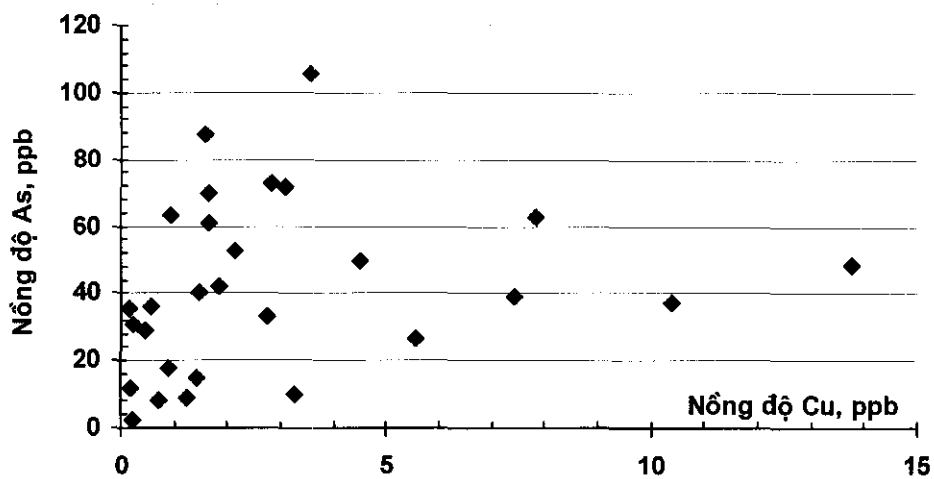
Hình 25. Tương quan hàm lượng As và Pb (Lương Yên-Tương Mai)



Hình 26. Tương quan hàm lượng As và Hg (Lương Yên-Tương Mai)



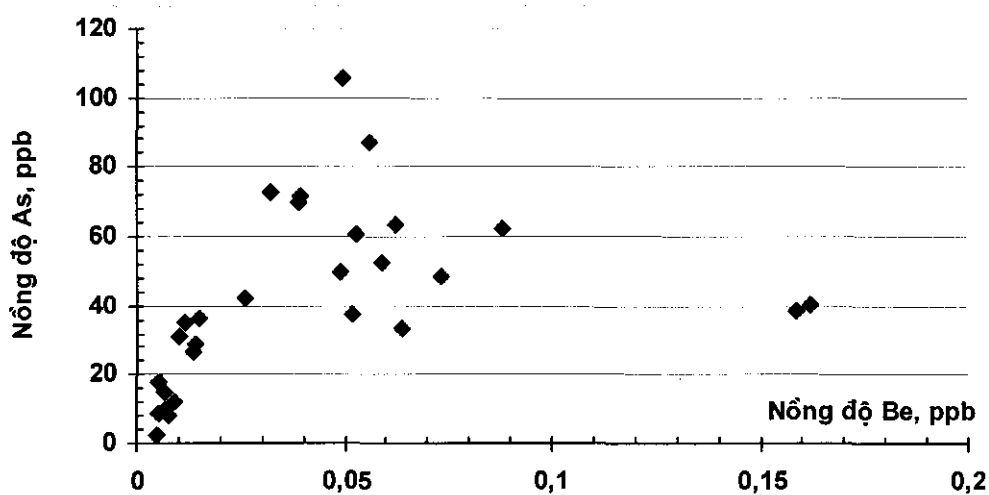
Hình 27. Tương quan hàm lượng As và Te (Lĩnh Nam-Yên Sở)



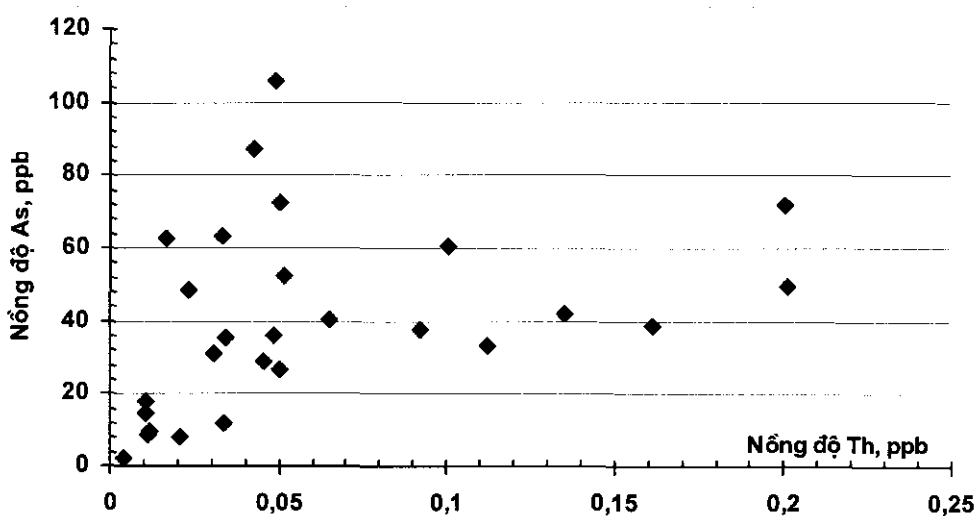
Hình 28. Tương quan hàm lượng As và Cu (Lương Yên-Tương Mai)

Các đồ thị trên hình từ 23 đến 28 cho thấy mối tương quan hàm lượng của các nguyên tố kim loại nặng Ba, Sb, Pb, Hg, Tl, Cu với hàm lượng As cũng theo chiều thuận, hay tỉ lệ là một số dương, có nghĩa là chúng sẽ có mặt trong nước ngầm với hàm lượng tăng lên nếu như hàm lượng As tăng lên. Thống kê số liệu khảo sát tại các địa điểm nghiên cứu (cả tầng nông *qh* và tầng sâu *qp*) cho phép khẳng định sự tuân theo quy luật phân bố tự nhiên của các nguyên tố kim loại nặng có độc tính trong nguồn nước ngầm Đông-Nam Hà Nội. Điều này chứng tỏ nguồn nước ngầm chưa có biểu hiện ô nhiễm bởi các kim loại nêu trên.

Tương quan giữa hàm lượng As và hàm lượng Cd, Be, Th, và Ni



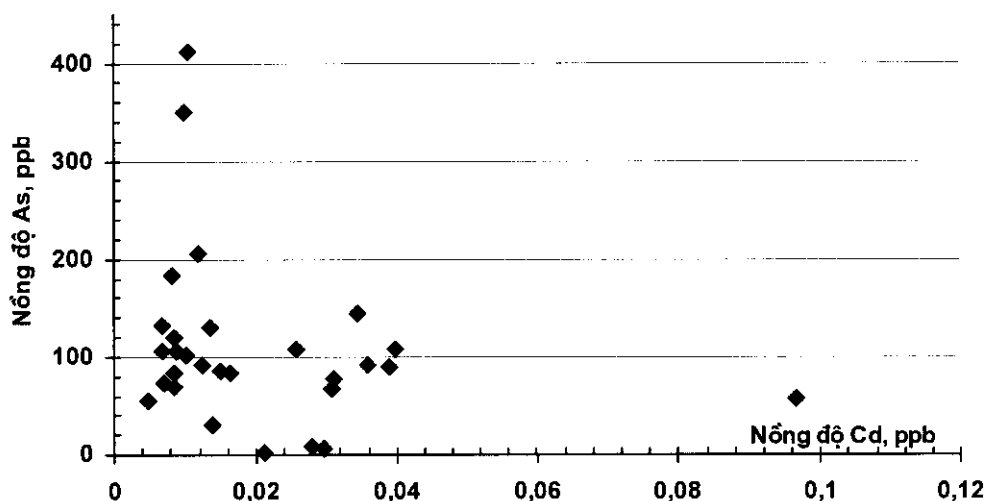
Hình 29. Tương quan hàm lượng As và Be (Lương Yên-Tương Mai)



Hình 30. Tương quan hàm lượng As và Th (Lương Yên-Tương Mai)

Do hàm lượng các nguyên tố Cd, Be, Th rất thấp trong nước ngầm (thường chỉ chiếm vài chục đến vài trăm ng/l, ppt), nằm trong khoảng giới hạn phát hiện của thiết bị đo nên việc định lượng chính xác chúng tương đối khó khăn. Hình 29 và 30 là hai ví dụ về tương quan nồng độ của Be và Th với As trong các địa điểm khảo sát. Nói chung, khuynh hướng của mối tương quan tỉ lệ này cũng theo chiều dương,

nhưng một số điểm nằm trong vùng dị biệt, tức là trong những mẫu có nồng độ As cao ($> 0,05\text{mg/l}$), thì nồng độ các nguyên tố Cd, Be, Th không những không cao hơn các mẫu khác, mà ngược lại, chúng lại có mặt với nồng độ thấp hơn. Điều này ảnh hưởng đến kết luận rõ ràng về quy luật phân bố của chúng khi xét tương quan với As. Cũng tại các địa điểm khảo sát, hàm lượng Cd thể hiện mối tương quan “âm”, hay theo chiều nghịch so với hàm lượng As (Hình 31), còn hàm lượng Ni không thể hiện rõ quy luật khi so sánh tương quan với As.



Hình 31. Tương quan hàm lượng As và Cd (Lĩnh Nam-Yên Sở)

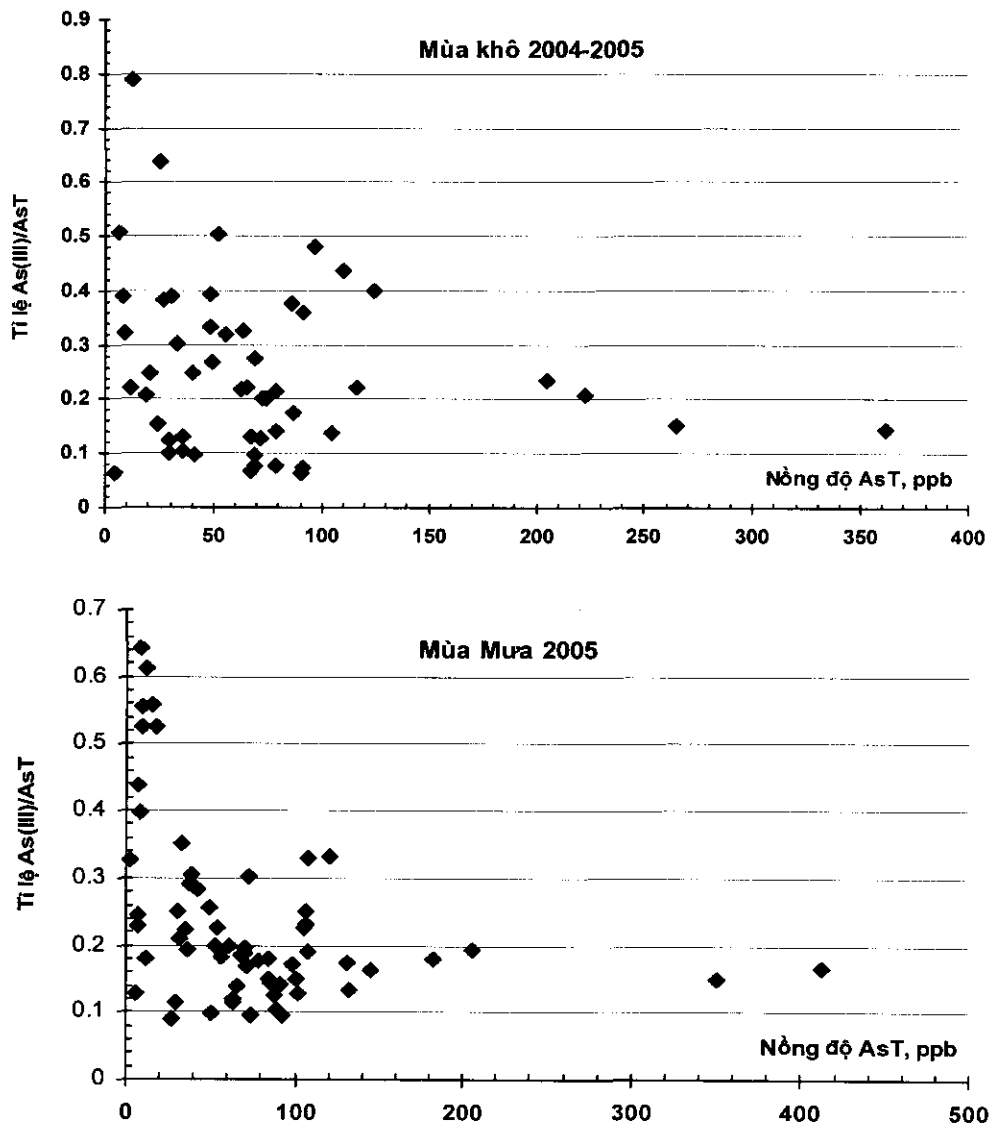
III.4 Nghiên cứu tỉ lệ hàm lượng As(III) và AsT trong các mẫu nước ngầm

Nhiều tác giả trước đây quan tâm chủ yếu đến hàm lượng As tổng số (AsT) và căn cứ vào chỉ tiêu AsT để khẳng định nguồn nước ngầm có dấu hiệu bị ô nhiễm, hoặc chưa bị nhiễm bẩn. Tuy nhiên, chỉ tiêu AsT không thể giúp các nhà nghiên cứu biết được môi trường nước dưới đất tại các địa điểm cần nghiên cứu, và do đó khó có thể đưa ra được biện pháp hữu hiệu khắc phục những nguồn gây nhiễm bẩn.

Dạng tồn tại của arsen trong nước ngầm phụ thuộc vào pH và thế oxi hoá-khử Eh. Các tác giả [11] cho biết pH của rất nhiều mẫu nước giếng khoan nông thuộc Hà Nội nằm trong dải giá trị từ 5 đến 7, và Eh có giá trị trong khoảng -25 đến 100 mV. Nếu như bộ số liệu này đảm bảo độ tin cậy cần thiết, thì có thể kết luận sơ bộ được môi trường nước ngầm Hà Nội là môi trường khử. Nhưng các tác giả [11] chỉ đưa ra nhận định: “thế Eh và pH luôn thay đổi, nên các dạng As cũng thay đổi theo, khó đánh giá chính xác dạng tồn tại của nó trong nước”.

Trong công trình khác[4] các tác giả đã khẳng định dạng As hữu cơ trong nước ngầm thường chiếm tỉ lệ rất nhỏ, gần như không đáng kể, trong khi đó dạng vô cơ là chủ yếu. Với sự tồn tại nguồn than bùn trong nền địa chất Nam Hà Nội, việc arsenopyrit bị rửa lửa và As dịch chuyển vào nước ngầm đã được nhận định trong một báo cáo khoa học [14]. Trong khuôn khổ của đề tài, vấn đề nghiên cứu định lượng As(III) và AsT cũng như tỉ lệ hàm lượng As(III)/AsT trong các mẫu nước

ngâm thuộc khu vực Đông-Nam Hà Nội lần đầu tiên được đặt ra. Mặc dù kết quả thu được chỉ đại diện cho thời điểm nghiên cứu của đề tài (2004-2005), nhưng việc xác định được tỉ lệ giữa hàm lượng của hai dạng arsen vô cơ này cũng góp phần khẳng định một cách rõ ràng hơn về môi trường nước dưới đất của khu vực Đông-Nam Hà Nội. Hình 32 cho thấy mối tương quan giữa tỉ lệ hàm lượng As(III)/AsT được biểu diễn theo hàm lượng AsT trong các mẫu nước ngầm khu vực Đông-Nam Hà Nội trong mùa khô 2004-2005, và mùa mưa 2005. Theo chiều tăng của hàm lượng AsT trong mẫu nước ngầm, tỉ lệ này nằm trong khoảng 0,1-0,8 về mùa khô và từ 0,1 đến 0,7 về mùa mưa theo kết quả thí nghiệm của chúng tôi. Theo nhiều tác giả nghiên cứu về môi trường nước dưới đất, có thể thấy rằng khu vực nước ngầm Đông-Nam Hà Nội có môi trường khử. Các kết quả từ nghiên cứu của đề tài cũng tương đồng với các kết quả nghiên cứu trước đây về thế oxi-hoá khử và pH của nước khu vực này. Tuy nhiên cần tiếp tục nghiên cứu tương quan tỉ lệ này trong một khu vực nước ngầm rộng hơn theo mùa và liên tục để có số liệu thống kê khách quan hơn.



Hình 32. Tương quan tỉ lệ As(III) /AsT theo hàm lượng AsT

IV. Kết luận về các nghiên cứu đánh giá và những đề xuất

IV.1 Kết luận về các nghiên cứu đánh giá

Từ các kết quả nghiên cứu đánh giá mức độ nhiễm bẩn nguồn nước ngầm khu vực Đông-Nam Hà Nội, có thể rút ra một số kết luận sau.

a) Tại các địa điểm nghiên cứu phía Nam quận Hai Bà Trưng, nước ngầm chưa thấy có biểu hiện nhiễm bẩn kim loại nặng; Hàm lượng các nguyên tố kim loại nặng hầu hết nằm dưới giới hạn TCVN-5944 (1995) (chỉ có 02/29 mẫu cho hàm lượng Mn vượt giới hạn 0,5 mg/l), nhưng hàm lượng As tổng số trong một số mẫu nước ngầm “thô” vượt quá giới hạn 0,05 mg/l (TCVN năm 1995) chiếm 26,92% (14 mẫu trong tổng số 52 mẫu nghiên cứu), như vậy có hiện tượng nhiễm bẩn nhẹ tại các địa điểm khảo sát; Nếu so sánh với TCVN 5502 năm 2003 về chất lượng nước sinh hoạt, tại địa điểm Tương Mai có tới 100% số mẫu khảo sát (tổng số 24 mẫu khảo sát) cho hàm lượng As vượt quá 0,01mg/l, nhưng tại địa điểm Lương Yên, chỉ có 67,8% (19 trong tổng số 28 mẫu nghiên cứu) có hàm lượng As cao hơn 0,01mg/l;

b) Tại các địa điểm phía Đông-Nam quận Hoàng Mai, biểu hiện nhiễm bẩn nguồn nước ngầm do arsen gây ra khá nghiêm trọng với 47 mẫu trên tổng số 55 mẫu nghiên cứu cho hàm lượng As cao hơn 0,05 mg/l (chiếm 85,45%), và với tỉ lệ 92,72% số mẫu có hàm lượng As cao hơn 0,01mg/l; Hiện tượng nguồn nước nhiễm bẩn kim loại nặng ở các điểm nghiên cứu thuộc khu vực này chưa rõ rệt (chỉ có 01 mẫu trên tổng số 55 mẫu có hàm lượng Ni cao qua giới hạn 20 µg/l, 14 mẫu trên tổng số 55 mẫu cho hàm lượng Mn vượt TCVN năm 1995 (0,5 mg/l), nhưng hàm lượng các nguyên tố kim loại nặng khác dưới giới hạn cho phép của TCVN năm 1995); Nguyên nhân của hiện tượng nguồn nước bị nhiễm bẩn As do cấu tạo địa tầng của khu vực Đông-Nam quận Hoàng Mai;

c) Hàm lượng As cao hơn TCVN năm 1995 tại khu vực Nam quận Hoàng Mai, Bắc huyện Thanh Trì chiếm 38,46% (5 mẫu trong 13 mẫu nghiên cứu), nhưng so với TCVN 5502 năm 2003 về chất lượng nước sinh hoạt, có tới 53,85% số mẫu cho hàm lượng As cao hơn 0,01 mg/l; Trong lô mẫu khảo sát, đã phát hiện nước ngầm ở khu vực này bị nhiễm bẩn do kim loại nặng gây ra (hàm lượng Mn vượt giới hạn của TCVN năm 1995 chiếm 75%), một vài mẫu có hàm lượng Pb cao vượt giới hạn cho phép của WHO, nhưng dưới giới hạn cho phép của TCVN năm 1995; Nguyên nhân nguồn nước bị nhiễm bẩn kim loại nặng chủ yếu do hoạt động triển khai công nghệ của con người, vì những mẫu thu ở độ sâu lớn hơn cho hàm lượng một số kim loại nặng thấp hơn;

d) Quy luật phân bố hàm lượng As và một số nguyên tố kim loại nặng trong nước ngầm được rút ra từ nghiên cứu khảo sát cho thấy: thường có giá trị cao hơn trong mùa khô, và thấp hơn trong mùa mưa; nguyên nhân hiện tượng này có thể được giải thích theo cơ chế bổ cấp nước ngầm từ nước mặt về mùa mưa; Tuy nhiên tại một vài địa điểm thuộc khu vực Nam quận Hai Bà Trưng, sự phân bố hàm lượng một số kim loại nặng (Mn, As,...) lại không theo quy luật như vậy;

e) Bước đầu tìm thấy quy luật tương quan trong phân bố của As và một số nguyên tố kim loại nặng: Tương quan tỉ lệ thuận giữa hàm lượng As với Fe, với các kim loại tạo oxo-anion (Se, Mo, B, Cr, V, U), và với một số kim loại nặng khác (Ba, Sb, Pb, Hg, Tl, Cu, Zn, Be, Th); Tương quan tỉ lệ nghịch giữa hàm lượng As với Mn, Cd, và chưa rõ quy luật tương quan của hàm lượng As với Ni, Co.

f) Tương quan tỉ lệ của As(III) so với AsT lần đầu tiên được nghiên cứu khảo sát đối với tất cả các mẫu nước ngầm (120 mẫu) thu thập tại khu vực Đông-Nam Hà Nội, và tỉ lệ As(III)/AsT được tính toán từ thực nghiệm cho giá trị trong khoảng 0,1-0,8; Giá trị thực nghiệm này góp phần khẳng định môi trường nước ngầm khu vực Đông-Nam Hà Nội là *môi trường khử*;

IV.2 Những đề xuất dựa trên kết quả nghiên cứu đánh giá

a) Nguồn nước ngầm Đông-Nam quận Hoàng Mai cần được quan tâm đầu tư xử lý triệt để tách loại As sau khi khai thác; Cần thiết đưa chỉ tiêu hàm lượng As vào danh mục kiểm tra hàng ngày cùng với các nguyên tố khác khi giám định chất lượng nước sinh hoạt;

b) Đối với các giếng khoan nông khai thác nước sinh hoạt tại khu vực Bắc Thanh Trì - Nam Hoàng Mai, do hàm lượng các nguyên tố kim loại nặng vượt TCVN về nước sinh hoạt (năm 2003) nên cần thiết xử lý nước trước khi dùng cho sinh hoạt và tưới rau;

c) Nên mở rộng mô hình nghiên cứu sang các khu vực khác, chẳng hạn phía bờ Bắc sông Hồng, hoặc những khu vực liên quan đến hoạt động sản xuất công nghiệp (liên quan đến hoá chất), để có thể khẳng định sự chi phối của nền địa chất và hoạt động của con người đối với nguồn nước ngầm Hà Nội nói chung;

d) Các cơ quan quản lý tài nguyên nước và khai thác nước ngầm cần thiết đầu tư những nghiên cứu sâu hơn đối với các tầng chứa nước dưới *qp* (ví dụ tầng neogen, m_4) trong khu vực có chứa trầm tích giàu arsen để mở các bãi giếng; nên tránh khai thác nước ở khu vực này là giải pháp tốt hơn; Khai thác nước chỉ nên tập trung quy mô công nghiệp, hạn chế các giếng gia đình tràn lan vì ngoài chất lượng nước sinh hoạt không thể kiểm soát được, nguồn nước ngầm và môi trường nước dưới đất cũng sẽ bị ảnh hưởng (chẳng hạn nguồn nhiễm bẩn từ tầng chứa nước trên bị dẫn lưu xuống tầng dưới);

**PHẦN C - BỘ SỐ LIỆU PHÂN TÍCH
THÀNH PHẦN NƯỚC DƯỚI ĐẤT
KHU VỰC ĐÔNG-NAM HÀ NỘI**

I. Bộ số liệu mùa khô

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
	NH1	NH2	NH3	NH4	NH5	NH6
	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam
Nguyên tố	20°N: 58,947 105°E: 54,044	20°N: 58,779 105°E: 54,045	20°N: 58,672 105°E: 54,038	20°N: 58,540 105°E: 53,996	20°N: 58,413 105°E: 53,948	20°N: 58,282 105°E: 53,904
	Hàm lượng (µg/l)					
	Li	1,069	1,281	1,328	1,05	1,117
	Be	0,0127	0,0267	0,0502	0,0408	0,0330
B	9,242	7,841	9,27	8,258	7,826	8,618
Na	3.767	5.456	5.471	3.932	3.808	4.204
Mg	13.250	16.460	12.550	11.600	12.780	19.030
Al	8,192	0,897	0,621	1,477	1,975	0,890
K	1.194	1.547	1.640	1.414	1.159	1.442
Ca	105.600	67.870	72.850	101.600	104.600	115.900
Ti	1,127	0,9744	1,209	1,096	1,062	1,081
V	0,407	0,121	0,106	0,289	0,14045	0,242
Cr	0,663	0,258	0,559	0,963	0,818	0,914
Mn	1.007	879,3	593,9	934,1	731	812
Fe	1978	4543	6262	5224	4790	6260
Co	0,728	0,392	0,459	0,214	0,209	0,328
Ni	0,996	0,793	0,802	2,067	0,470	0,657
Cu	1,136	0,6314	0,6129	1,183	0,489	0,580
Zn	239,9	21,63	104,3	198,6	244	88,01
Ga	10,89	7,533	8,658	7,228	5,018	6,518
As	63,71	26,48	85,56	110,05	96,35	124,4
Se	0,249	0,234	0,165	0,182	0,180	0,188
Rb	1,20	3,587	4,956	3,188	4,691	8,146
Sr	320	353	283,1	318,3	355,9	466
Mo	3,86	2,561	3,427	3,288	3,58	4,537
Ag	0,0161	0,0121	0,00978	0,0117	0,00959	0,0120
Cd	0,182	0,0225	0,0223	0,0187	0,0185	0,0172
Sn	3,747	1,364	0,9779	1,085	0,6109	0,800
Sb	0,555	0,904	0,593	0,744	1,093	0,849
Cs	0,00696	0,128	0,195	0,215	0,339	0,537
Ba	248,2	171,3	193,4	164	114,6	159,3
W	0,953	0,929	0,963	0,949	0,910	0,908
Hg	2,47	1,888	1,453	1,148	1,100	0,875
Tl	0,0012	0,00093	0,001167	6,76E-05	0,000118	0,000169
Pb	2,594	1,058	0,677	1,304	1,042	0,908
Th	0,0814	0,144	0,110	0,0602	0,1003	0,108
U	0,429	0,189	0,00248	0,00462	0,0179	0,00484

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	D7	D8	D9	D10	D11	D12
	NH7	NH8	NH9	N9F1	N9F2	N9F3
	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam
Toạ độ	20°N: 58,166	20°N: 58,032	20°N: 57,919	20°N: 57,980	20°N: 57,960	20°N: 58,411
	105°E: 53,837	105°E: 53,793	105°E: 53,713	105°E: 53,641	105°E: 53,634	105°E: 53,320
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	1,612	1,793	2,741	1,338	0,8616	2,65
Be	0,0452	0,0297	0,0687	0,00764	0,0111	0,0168
B	9,887	11,56	10,31	17,59	15,63	6,942
Na	5.889	6.931	14.200	21.050	27.660	29.450
Mg	19.720	21.620	15.710	16.560	11.080	12.580
Al	1,033	0,4951	0,5966	0,7933	0,7701	0,5073
K	1.994	2.155	2.332	1.455	1.099	1.209
Ca	128.700	120.800	57.460	115.100	83.190	23.640
Ti	1,099	0,851	1,121	0,904	1,194	0,393
V	0,152	0,163	0,116	0,192	0,252	1,189
Cr	1,169	1,198	0,6797	0,9983	0,9448	0,7972
Mn	512,6	583	597,8	201,9	195,1	1.765
Fe	7146	6252	7813	11810	9.976	958,8
Co	0,249	0,183	0,283	1,424	1,166	1,616
Ni	1,03	2,321	1,75	1,708	1,219	0,945
Cu	2,399	1,951	0,675	0,700	0,870	0,877
Zn	5,194	114,1	34,4	1,718	2,229	0,9049
Ga	7,731	8,826	10,31	29,06	14,82	2,469
As	205,15	222,65	91,5	361,9	264,9	4,028
Se	0,2593	0,2593	0,2845	0,274	0,2593	0,2174
Rb	8,213	14,02	14,89	4,645	3,087	0,3532
Sr	509,9	549,1	307,3	367,7	310,7	173,1
Mo	7,224	7,825	3,053	9,839	8,041	1,044
Ag	0,0109	0,00988	0,00818	0,0156	0,0137	0,0996
Cd	0,0182	0,0209	0,0156	0,0213	0,0139	0,021
Sn	0,668	0,622	0,504	0,741	0,730	0,673
Sb	0,823	0,692	0,6169	1,219	0,957	1,215
Cs	0,592	0,811	0,872	0,121	0,0368	9,41E-04
Ba	192,2	213,1	224,3	601,7	333	58,68
W	0,886	0,884	0,8367	1,011	1,103	0,827
Hg	0,862	0,808	0,9343	0,678	0,763	3,332
Tl	0,00017	0,00078	0,00105	0,025	0,0083	0,0019
Pb	0,850	0,782	0,580	0,595	0,968	0,409
Th	0,0852	0,0918	0,0843	0,0414	0,0455	0,174
U	0,00355	0,00229	0,00289	0,0040	0,00178	0,421

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	D13	D14	D15	D16	D17	D18
	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6
	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở
	20°N: 57,915 105°E: 50,727	20°N: 57,823 105°E: 50,732	20°N: 57,755 105°E: 50,747	20°N: 57,669 105°E: 50,766	20°N: 57,684 105°E: 50,654	20°N: 57,779 105°E: 50,841
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	3,014	2,573	2,345	2,282	2,572	2,9
Be	0,0405	0,0532	0,0356	0,0358	0,0238	0,0322
B	20,33	21,75	20,62	19,38	17,9	25,21
Na	25.080	28.120	31.630	32.730	30.490	29.200
Mg	8.503	7.240	7.206	7.160	7.395	8.208
Al	0,809	33,58	0,652	0,629	0,813	5,094
K	2.458	2.326	2.355	2.449	2.638	2.837
Ca	34.590	28.520	29.370	29.400	30.740	33.400
Ti	1,163	1,143	0,9638	0,8104	0,8226	1,228
V	0,162	0,178	0,134	0,123	0,132	0,164
Cr	0,607	1,069	0,847	0,457	0,492	1,101
Mn	230,3	278,7	326,1	369,7	302,6	292,8
Fe	7.414	7.053	6.835	6.319	7.540	7.195
Co	0,287	0,230	0,256	0,283	0,517	0,392
Ni	2,033	1,669	0,4325	0,5455	1,221	0,762
Cu	4,463	15,25	2,306	3,021	2,661	5,545
Zn	13,89	27,11	5,76	5,553	7,688	25,98
Ga	11,92	9,379	8,445	7,677	9,027	12,02
As	78,73	69,31	52,16	48,46	55,04	67,38
Se	0,320	0,254	0,263	0,298	0,301	0,245
Rb	10,75	10,27	10,85	11,22	13,19	17,83
Sr	169	143,1	146,2	161,9	170,9	164,2
Mo	3,562	3,918	3,805	4,377	6,028	5,189
Ag	0,0141	0,0156	0,0108	0,00994	0,01339	0,0115
Cd	0,0175	0,00936	0,00705	0,00864	0,01515	0,0183
Sn	0,637	8,035	0,747	0,648	0,714	0,747
Sb	0,511	0,5864	0,534	0,549	0,853	0,563
Cs	0,468	0,359	0,305	0,294	0,435	0,560
Ba	267,4	211,5	191,7	178	205,2	280,5
W	0,936	0,940	0,926	0,915	0,983	0,942
Hg	1,248	0,9564	0,8484	0,7756	0,7273	0,655
Tl	3,38E-05	0,00107	0,00108	0,00140	4,40E-04	0,00249
Pb	1,242	27,5	1,06	0,548	1,044	1,765
Th	0,142	0,106	0,0798	0,0869	0,0886	0,0878
U	0,00222	0,00136	0,00135	0,00196	0,00245	0,00238

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	D19	D20	D21	D22	D23	D24
	PH7	PH9	PH10	PH11	PH12	PF1
	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở
	20°N: 57,854 105°E: 50,840	20°N: 57,854 105°E: 50,840	20°N: 57,363 105°E: 51,149	20°N: 57,503 105°E: 51,065	20°N: 57,693 105°E: 50,987	20°N: 57,783 105°E: 52,146
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	3,352	5,589	5,371	5,211	5,211	7,91
Be	0,0601	0,0287	0,0272	0,0390	0,0390	0,0270
B	29,09	14,67	14,82	15,65	15,65	11,68
Na	29.610	32.420	33.490	33.740	35.210	35.110
Mg	9.259	12.630	10.130	9.835	11.400	8.966
Al	109,5	7,93	1,255	0,7797	0,7797	3,472
K	3.268	3.123	3.567	3.380	3.401	2.875
Ca	39.570	47.660	39.370	35.790	36.630	32.260
Ti	2,887	5,27	3,664	3,665	4,249	4,2
V	0,531	0,673	0,681	0,919	0,919	0,903
Cr	1,547	2,031	2,119	2,345	3,472	3,438
Mn	272,4	268,2	218,2	186,5	191,5	63,03
Fe	8.007	10.660	10.230	11.400	11.400	13.500
Co	0,551	0,5995	0,625	0,541	0,541	1,976
Ni	0,797	1,772	1,141	0,9978	0,9978	4,322
Cu	10,64	5,899	32,13	34,3	5,514	0,826
Zn	48,4	55,43	106	83,25	52,2	1,835
Ga	15,73	19,03	16,98	21,64	21,64	21,69
As	69,11	71,25	66,9	72,15	74,5	116,25
Se	0,379	0,526	0,477	0,539	0,539	0,898
Rb	19,49	24,94	26,34	22,38	22,38	11,46
Sr	200,6	228,3	200,9	212,7	212,7	204,5
Mo	3,85	2,68	6,032	5,228	4,151	4,041
Ag	0,0111	0,0212	0,0177	0,024	0,024	0,0165
Cd	0,0212	0,114	0,0276	0,0221	0,0221	0,019
Sn	0,327	0,598	0,512	0,409	0,3634	0,269
Sb	0,815	0,405	0,491	0,471	0,512	0,534
Cs	0,582	0,770	0,839	0,719	0,719	0,228
Ba	342	319,1	275,2	335,4	335,4	330,7
W	0,7998	0,845	0,709	0,613	0,499	0,525
Hg	0,634	0,533	0,390	0,322	0,218	0,267
Tl	0,00127	0,00574	0,00465	0,00190	0,00190	0,0160
Pb	6,851	4,485	4,319	1,821	0,801	0,425
Th	0,443	0,103	0,0784	0,0478	0,0362	0,025
U	0,0319	0,00497	0,00309	0,00215	0,00215	0,00266

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	D25	D26	D27	D28	D29	D30
	PF2	PF3	TH8	TH9	TH10	TH11
	Yên Sở	Yên Sở	Tương Mai	Tương Mai	Tương Mai	Tương Mai
	20°N: 57,789 105°E: 52,126	20°N: 57,826 105°E: 52,138	20°N: 59,228 105°E: 51,080	20°N: 59,225 105°E: 51,081	20°N: 59,250 105°E: 50,960	20°N: 59,282 105°E: 51,186
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	6,568	7,051	4,52	3,356	5,24	2,959
Be	0,0260	0,0312	0,0794	0,0569	0,0744	0,0601
B	11,48	11,15	14,33	10,12	14,41	7,659
Na	32.870	34.030	40.620	21.270	54.950	10.990
Mg	8.876	9.434	11.000	7.446	11.910	6.572
Al	0,6216	1,377	8,069	6,635	2,269	1,232
K	2.887	2.907	1.856	1.160	1.324	981,9
Ca	31.840	33.540	34.680	24.260	40.030	20.550
Ti	4,302	4,187	4,631	4,059	5,052	4,019
V	0,7389	0,8034	1,113	0,8131	1,604	0,996
Cr	2,22	2,933	3,962	3,11	6,37	3,628
Mn	98,45	126,1	298,9	302,3	334,5	280,3
Fe	13.470	14.080	12.770	13.690	19.540	7.645
Co	0,923	1,424	0,340	0,190	0,739	0,119
Ni	2,138	4,513	2,422	0,5038	4,823	3,983
Cu	1,613	1,163	12,36	2,249	37,1	26,73
Zn	1,542	317,6	142,8	128,1	118,1	150,4
Ga	18,88	18,51	14,3	11,1	15,81	6,666
As	105,1	87,1	48,54	68,63	40,59	62,62
Se	0,932	1,026	0,4297	0,1707	0,5326	0,102
Rb	12,02	11,89	9,071	5,308	7,903	5,598
Sr	200,5	211,5	177,1	90,93	180	105,3
Mo	3,473	3,141	0,4439	1,521	0,4655	1,464
Ag	0,0110	0,0113	0,0249	0,0224	0,0394	0,0173
Cd	0,0166	0,0548	0,0199	0,0153	0,0300	0,0221
Sn	0,202	0,203	0,086	0,258	0,548	0,2574
Sb	0,201	0,296	0,175	0,221	0,254	0,367
Cs	0,156	0,167	0,469	0,389	0,483	0,4005
Ba	287,1	273,6	236,7	184,4	250,3	110,2
W	0,475	0,434	0,324	0,339	0,314	0,309
Hg	0,224	0,246	0,216	0,1879	0,167	0,195
Tl	0,00185	0,00270	0,00237	0,00119	0,00242	0,00228
Pb	0,351	1,765	2,29	0,557	4,216	4,343
Th	0,0227	0,0206	0,095	0,109	0,1006	0,0835
U	0,00180	0,00180	0,00548	0,00153	0,00239	0,00247

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	D31	D32	D33	D34	D35	D36
	TH14	TH16	TH17	TH18	TH19	TH21
	Tương Mai	Tương Mai	Tương Mai	Tương Mai	Tương Mai	Tương Mai
Toạ độ	20°N: 59,391	20°N: 59,187	20°N: 59,228	20°N: 59,172	20°N: 59,294	20°N: 59,042
	105°E: 51,227	105°E: 51,055	105°E: 51,152	105°E: 51,057	105°E: 51,220	105°E: 51,401
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	4,396	4,945	3,409	5,245	4,113	5,633
Be	0,0840	0,078	0,0774	0,121	0,0788	0,184
B	8,613	12,14	9,975	11,21	9,048	10,2
Na	13.440	27.780	17.550	25.690	13.320	24.020
Mg	6.382	10.850	7.236	9.131	6.234	7.537
Al	1,858	2,618	1,799	0,882	0,619	2,885
K	1.225	2.711	1.698	2.467	1.289	2.059
Ca	24.380	34.890	23.100	28.030	22.360	21.240
Ti	4,396	4,693	4,223	4,589	4,252	4,993
V	0,864	1,018	1,021	1,001	1,083	1,98
Cr	3,491	3,972	3,852	3,814	3,936	13,57
Mn	349,9	248,6	246,9	295	328,4	362,6
Fe	7.344	9.784	9.337	14.970	7.672	17.130
Co	0,124	0,325	0,150	0,209	0,122	1,558
Ni	0,5763	1,114	0,5304	1,109	0,4293	5,87
Cu	42,79	10,09	11,15	11,21	1,154	33,61
Zn	140,8	16,42	38,13	7,369	8,756	13,78
Ga	6,425	16,47	9,174	13,96	6,407	10,98
As	32,92	79,02	65,17	49,39	35,56	40,88
Se	0,121	0,430	0,171	0,501	0,1332	0,221
Rb	8,041	11,74	6,99	10,29	8,666	9,136
Sr	106,7	190	116,6	160,8	110,7	132,7
Mo	0,716	1,295	1,387	0,753	0,642	0,880
Ag	0,0218	0,0168	0,0242	0,0247	0,0349	0,0315
Cd	0,0135	0,0150	0,0181	0,0199	0,0159	0,0156
Sn	0,346	0,222	0,299	0,268	0,286	0,42
Sb	0,213	0,190	0,312	0,243	0,322	0,468
Cs	0,476	0,726	0,365	0,379	0,492	0,289
Ba	108,1	254,3	153,8	241,3	108,4	184,5
W	0,307	0,295	0,299	0,266	0,281	0,293
Hg	0,169	0,169	0,148	0,158	0,150	0,148
Tl	0,00171	0,00119	9,96E-04	0,00147	6,64E-04	0,00218
Pb	2,585	1,246	2,188	1,676	0,430	2,064
Th	0,0842	0,105	0,103	0,114	0,086	0,0946
U	0,00184	0,00208	0,00204	0,00161	0,00196	0,00274

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	D37	D38	D39	D40	D41	D42
	TH22	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
	Tương Mai	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên
20° _N : 59,046 105° _E : 51,279	21° _N : 00,614 105° _E : 51,736	21° _N : 00,526 105° _E : 51,815	21° _N : 00,595 105° _E : 51,784	21° _N : 00,582 105° _E : 51,709	21° _N : 00,559 105° _E : 51,716	
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	5,592	1,031	0,8338	1,025	2,037	3,155
Be	0,455	0,0118	0,0105	0,0128	0,0268	0,0454
B	10,57	5,307	8,695	5,73	5,691	6,045
Na	24.360	3.404	3.731	4.240	6.570	10.650
Mg	8.156	4.357	4.225	4.196	6.288	5.721
Al	8,173	1,51	0,979	4,41	5,916	0,754
K	2.285	710,7	730,6	795,4	742,8	611,1
Ca	23.500	33.730	32.780	34.550	24.220	19.470
Ti	5,648	2,024	1,67	1,86	3,24	2,669
V	4,596	0,878	0,966	0,660	0,905	0,463
Cr	32,64	3,19	3,406	2,133	3,32	1,648
Mn	457,7	169,6	162,1	193,8	343	383,1
Fe	24.530	1.457	944,9	1.716	3.536	2.422
Co	8,054	0,0948	0,0791	0,0872	0,113	0,147
Ni	32,22	0,5561	0,7158	1,292	1,358	0,313
Cu	99,56	2,884	9,307	1,085	23,43	0,385
Zn	823,9	12,3	50,03	7,809	50,77	7,23
Ga	15,53	1,597	1,631	2,147	2,611	2,16
As	78,75	23,9	35,6	29,76	29,19	24,79
Se	0,370	0,433	0,460	0,00842	0,460	0,227
Rb	9,788	2,212	2,268	1,984	3,164	1,667
Sr	146	104,6	104,4	104,7	99,34	57,54
Mo	3,528	0,967	1,056	0,999	1,511	0,646
Ag	0,0246	0,0122	0,00894	0,016	0,032	0,00389
Cd	0,894	0,0208	0,00746	0,0159	0,019	0,00629
Sn	1,157	0,213	0,431	0,218	0,615	0,345
Sb	1,492	0,375	0,1997	0,240	0,318	0,0973
Cs	0,338	0,0521	0,0786	0,0639	0,118	0,0640
Ba	246,3	26,69	26,79	35,13	43,7	29,22
W	0,389	0,3177	0,317	0,298	0,264	0,0936
Hg	0,151	0,154	0,151	0,142	0,143	0,0735
Tl	0,00237	8,06E-04	0,001091	7,59E-04	0,00128	0,00141
Pb	34,6	0,653	1,19	0,479	4,286	0,145
Th	0,131	0,0350	0,0230	0,0394	0,0448	0,0108
U	0,00521	0,00192	0,00388	0,00168	0,00255	7,23E-04

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	D43	D44	D45	D46	D47	D48
	LH8	LH11	LH12	LH14	LH15	LH16
	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên
	21°N: 00,538 105°E: 51,743	21°N: 00,223 105°E: 52,433	21°N: 00,564 105°E: 51,036	21°N: 00,245 105°E: 52,309	21°N: 00,640 105°E: 51,950	21°N: 00,720 105°E: 51,933
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	1,719	1,694	0,881	1,374	0,954	0,794
Be	0,0266	0,0117	0,00893	0,0110	0,00785	0,00651
B	4,82	4,462	3,841	4,4	4,233	4,08
Na	4.757	2.589	2.436	2.531	2.198	2.465
Mg	3.852	3.939	3.125	4.198	2.867	2.943
Al	1,607	2,894	2,42	12,63	2,371	2,633
K	603,2	489	516	452,5	560,2	537,5
Ca	23.350	25.500	25.800	24.060	25.360	26.000
Ti	1,893	1,379	0,957	1,766	1,402	1,206
V	0,485	0,859	0,483	0,838	0,449	0,524
Cr	1,581	2,283	1,695	2,846	1,518	1,83
Mn	246,1	130,6	160,9	131,5	128,7	169,4
Fe	1.569	738,4	639,9	872,9	565,8	637
Co	0,0638	0,0916	0,0443	0,0791	0,0469	0,0471
Ni	0,3636	0,4185	0,4292	0,6321	1,218	1,164
Cu	26,38	0,763	119	69,57	8,538	0,742
Zn	6,599	2,523	1,425	1,36	13,31	9,065
Ga	1,156	1,017	2,679	0,8522	2,555	2,251
As	30,17	20,84	6,106	18,83	7,949	6,327
Se	0,1298	0,1629	0,1356	0,1356	0,1278	0,1044
Rb	1,775	0,7319	0,6994	0,8113	0,7096	0,6824
Sr	61,24	64,98	49,92	61,98	46,14	48,55
Mo	0,101	0,593	0,205	0,539	0,172	0,205
Ag	0,00360	0,00692	0,00381	0,0086	0,00444	0,00494
Cd	0,00656	0,00896	0,00696	0,00495	0,0107	0,00736
Sn	0,0636	0,0881	0,0404	0,096	0,0616	0,0449
Sb	0,151	0,275	0,123	0,1798	0,0956	0,121
Cs	0,0460	0,0225	0,0168	0,0313	0,0109	0,0121
Ba	15,11	13,41	34,54	11	32,93	29,34
W	0,0814	0,0764	0,0729	0,0758	0,0601	0,0579
Hg	0,0694	0,0574	0,0524	0,0518	0,0402	0,0402
Tl	6,35E-04	5,25E-04	4,14E-04	2,49E-04	2,62E-04	3,04E-04
Pb	0,151	0,177	0,151	0,237	0,334	0,111
Th	0,0216	0,0162	0,0111	0,0114	0,00951	0,0122
U	0,00166	0,00919	0,00114	0,00116	6,21E-04	6,21E-04

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	D49	D50	D51	D52	D53	D54
	LH18	PLH1	PLH2	PLF1	PLF2	PLF3
	Lương Yên	Văn Điển	Văn Điển	Văn Điển	Văn Điển	Văn Điển
Toạ độ	21°N: 00,421	20°N: 56,806	20°N: 56,734	20°N: 56,756	20°N: 56,677	20°N: 56,666
	105°E: 52,164	105°E: 49,955	105°E: 49,954	105°E: 49,902	105°E: 49,934	105°E: 50,008
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	0,941	2,484	2,623	2,799	2,654	1,963
Be	0,00911	0,0150	0,0354	0,0355	0,00821	0,0170
B	3,978	10,63	15,71	17,03	15,48	13,76
Na	2.368	41.920	39.020	40.450	30.310	36.610
Mg	3.283	10.160	10.080	10.260	20.710	11.690
Al	4,353	8,66	0,9215	0,9077	3,673	10,88
K	513,8	318,5	1.633	1.700	325,3	643,1
Ca	26.160	61.370	38.580	38.390	91.260	66.410
Ti	1,493	4,226	1,25	1,273	1,858	1,675
V	0,676	0,851	0,142	0,173	0,331	0,312
Cr	2,385	2,813	0,536	0,570	0,954	0,868
Mn	166	746,2	149,3	151,8	1.434	1.029
Fe	558,6	10.190	4.793	4.936	32.440	8.932
Co	0,0545	0,202	0,282	0,338	0,152	0,365
Ni	0,458	0,926	0,426	0,445	0,629	1,32
Cu	2,843	0,898	0,797	1,099	0,707	2,122
Zn	2,891	17,29	1,434	1,424	2,228	74,47
Ga	1,385	9,85	8,12	8,299	13,05	18,67
As	12,51	11,85	91,14	90,69	9,165	1,503
Se	0,093	0,798	0,533	0,535	0,463	0,486
Rb	0,608	1,328	6,496	6,567	2,233	4,346
Sr	52,61	106,5	194,2	195,8	220,7	125,1
Mo	0,330	0,0464	3,533	3,859	0,871	0,424
Ag	0,00681	0,00728	0,00991	0,00602	0,0191	0,0138
Cd	0,00482	0,00936	0,0131	0,0177	0,0122	0,206
Sn	0,144	0,143	0,3467	0,2465	0,2231	0,4212
Sb	0,121	0,224	0,684	1,063	0,881	0,619
Cs	0,0203	0,0170	0,235	0,241	0,0377	0,0678
Ba	17,82	127,2	171,9	172,7	321,7	361,9
W	0,0641	0,0623	0,215	0,200	0,183	0,150
Hg	0,0440	0,0410	0,407	0,240	0,301	0,197
Tl	3,59E-04	0,00109	0,00848	0,00501	0,00377	0,00998
Pb	0,228	0,249	0,590	0,546	0,723	156,1
Th	0,0114	0,0192	0,288	0,1336	0,2228	0,0565
U	7,84E-04	0,00118	0,00684	0,00554	0,0224	0,0302

II. Bộ số liệu mùa mưa

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
	NH1	NH2	NH3	NH4	NH5	NH6
	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam
	20°N: 58,947 105°E: 54,044	20°N: 58,779 105°E: 54,045	20°N: 58,672 105°E: 54,038	20°N: 58,540 105°E: 53,996	20°N: 58,413 105°E: 53,948	20°N: 58,282 105°E: 53,904
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	1,703	1,912	2,036	1,496	1,637	1,861
Be	0,0157	0,0326	0,0570	0,0458	0,0374	0,0742
B	19,17	18,37	17,77	16,56	15,97	16,26
Na	4.065	5.466	5.988	4.403	4.077	4.133
Mg	12.260	16.400	11.810	10.590	11.850	16.640
Al	1,039	0,9378	1,271	6,315	5,042	0,559
K	2801	3.555	3.783	3.168	2.601	2.831
Ca	73.180	49.650	51.250	72.210	76.150	80.250
Sc	1,497	1,575	1,71	1,511	1,656	1,728
Ti	0,603	0,793	1,033	0,876	0,982	0,976
V	0,538	0,175	0,137	0,154	0,152	0,494
Cr	0,757	0,783	0,642	0,473	0,361	0,834
Mn	679,9	552,6	356,8	570,4	482,1	486,7
Fe	2.467	4.394	5.935	4.731	4.630	5.884
Co	0,565	0,374	0,427	0,175	0,194	0,323
Ni	0,757	0,711	11,75	0,413	0,492	0,871
Cu	0,244	0,172	1,355	0,204	0,297	0,283
Zn	118,3	7,114	156,4	37,08	62,05	32,35
Ga	8,605	8,464	8,361	7,083	5,459	6,457
As	56,24	30,37	89,31	131,8	120,3	107,1
Se	0,193	0,187	0,189	0,151	0,167	0,177
Sr	291,9	327,1	252	283	313,9	393,5
Zr	0,0879	0,0900	0,0446	0,0144	0,0274	0,0344
Mo	1,743	1,38	1,84	2,053	2,11	2,642
Ag	0,180	0,145	0,115	0,0926	0,0359	0,0363
Cd	0,0965	0,0138	0,0389	0,00674	0,00858	0,0257
Sn	1,392	0,541	0,411	0,381	0,353	0,391
Sb	0,242	0,421	0,354	0,262	0,220	0,435
Ba	195,4	185,3	187,9	160,4	128,4	150,3
W	0,0377	0,0379	0,047	0,0532	0,0530	0,0556
Hg	0,275	0,186	0,134	0,103	0,104	0,0914
Tl	0,0103	0,00636	0,00470	0,00274	0,00305	0,00289
Pb	1,093	0,929	0,994	0,813	0,696	0,695
Th	0,298	0,203	0,150	0,0493	0,0291	0,0483
U	0,500	0,235	0,0371	0,0398	0,0225	0,0137

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	R7	R8	R9	R10	R11	R12
	NH7	NH8	NH9	N9F1	N9F3	N9F4
	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam	Lĩnh Nam
	20°N: 58,166 105°E: 53,837	20°N: 58,032 105°E: 53,793	20°N: 57,919 105°E: 53,713	20°N: 57,980 105°E: 53,641	20°N: 58,411 105°E: 53,320	20°N: 58,124 105°E: 53,536
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	2,25	2,718	3,88	1,778	3,376	1,538
Be	0,0458	0,0360	0,0943	0,00839	0,0152	0,0142
B	17,26	17,55	17,6	22,99	12,54	23,01
Na	5.359	7.662	13.240	16.230	26.350	10.310
Mg	17.530	19.910	14.540	15.420	10.900	18.220
Al	0,594	5,971	0,803	1,067	1,095	4,306
K	3.980	4.284	5.090	3.851	2.813	5.630
Ca	88.680	85.260	40.510	82.550	16.990	92.740
Sc	1,551	1,53	2,125	1,314	1,222	1,401
Ti	0,926	1,002	1,014	0,859	0,431	1,02
V	0,109	0,129	0,116	0,161	1,849	0,212
Cr	0,704	0,858	0,667	0,639	0,779	0,339
Mn	318,4	362,4	378,5	130	1.063	194,3
Fe	6.719	6.276	7.228	10.600	503,6	13.760
Co	0,264	0,231	0,240	1,264	1,384	1,48
Ni	1,011	1,988	32,24	1,77	0,724	1,925
Cu	1,17	3,538	1,854	0,314	0,390	0,771
Zn	1,805	67,34	245,3	1,71	1,785	4,715
Ga	8,235	9,973	10,2	28,72	2,046	29,49
As	182,7	205,2	92,14	350,1	2,302	412,1
Se	0,166	0,198	0,165	0,171	0,164	0,171
Sr	432,7	488,4	271,5	326,5	145,4	534,7
Zr	0,0215	0,0765	0,0168	0,0172	0,0408	0,0197
Mo	3,871	4,573	1,315	5,66	0,5123	5,753
Ag	0,0255	0,0379	0,0567	0,0986	0,0394	0,0179
Cd	0,00827	0,0119	0,0358	0,0098	0,0211	0,0104
Sn	0,312	0,298	0,272	0,275	0,330	0,338
Sb	0,217	0,281	0,372	0,388	0,207	0,453
Ba	191	191,6	202	521,5	43,22	569,4
W	0,0456	0,0433	0,0241	0,100	0,0188	0,134
Hg	0,0870	0,0815	0,0645	0,0611	0,0621	0,0730
Tl	0,00217	0,00320	0,0031	0,0292	0,00429	0,0250
Pb	0,770	1,469	1,222	0,633	0,706	0,948
Th	0,0305	0,0345	0,0435	0,0124	0,0344	0,014
U	0,00739	0,00890	0,0352	0,00566	0,326	0,00554

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	R13	R14	R15	R16	R17	R18
	N9F5	PH1	PH2	PH3	PH4	PH6
	Lĩnh Nam	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở
Toạ độ	20°N: 58,094	20°N: 57,915	20°N: 57,823	20°N: 57,755	20°N: 57,669	20°N: 57,779
	105°E: 53,542	105°E: 50,727	105°E: 50,732	105°E: 50,747	105°E: 50,766	105°E: 50,841
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Lí	1,362	4,622	4,231	4,268	4,053	5,345
Be	0,00839	0,0528	0,0874	0,0480	0,0746	0,0402
B	20,47	25,96	26,38	17,48	16,55	18,98
Na	17.320	29.370	28.330	31.960	34.190	30.590
Mg	10.170	9.063	8.088	7.797	8.186	9.230
Al	5,478	2,575	2,036	0,2476	1,485	1,171
K	1861,5	5,095	5,025	5,16	5,315	6,21
Ca	76.660	28.400	25.820	23.810	24.870	27.410
Sc	1,45	2,124	2,445	1,917	1,735	2,157
Ti	1,121	1,236	1,378	1,116	1,092	1,41
V	0,201	0,244	0,601	0,397	0,869	0,288
Cr	0,762	1,085	0,7461	1,585	1,728	1,215
Mn	166,7	168,3	226,1	232,9	232,7	195,6
Fe	9.647	7.380	7.647	6.532	6.537	7.575
Co	0,276	0,313	0,316	0,245	0,349	0,427
Ni	0,558	2,52	0,570	0,354	0,696	1,01
Cu	3,013	4,446	4,016	0,535	2,987	3,777
Zn	108,8	3,86	3,728	14,38	7,662	3,249
Ga	13,46	12,84	10,31	9,43	9,422	14,24
As	107,7	101,7	78,08	54,16	67,8	83,64
Se	0,205	0,197	0,202	0,166	0,217	0,191
Sr	248,2	172,4	157,9	149,6	169,2	169,5
Zr	0,00785	0,0144	0,0429	0,167	0,150	0,107
Mo	2,816	1,993	1,864	1,39	2,205	2,706
Ag	0,0383	0,0329	0,0402	0,0249	0,0252	0,0215
Cd	0,0398	0,0101	0,0312	0,00482	0,0308	0,00835
Sn	0,386	0,384	0,487	1,299	0,287	0,210
Sb	0,114	0,426	0,290	0,235	0,292	0,294
Ba	262,5	234,9	224,4	199,5	198,8	265,8
W	0,129	0,0725	0,0774	0,0574	0,0530	0,0967
Hg	0,0563	0,0549	0,099	0,0904	0,0770	0,0755
Tl	0,00176	0,00227	0,00295	0,00208	0,00218	0,00264
Pb	2,785	0,696	0,964	1,923	0,361	0,430
Th	0,0104	0,0339	0,0202	0,239	0,110	0,0753
U	0,0158	0,0348	0,0240	0,00943	0,0124	0,00647

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	R19	R20	R21	R22	R23	R24
	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở
	20°N: 57,854 105°E: 50,840	20°N: 57,948 105°E: 50,837	20°N: 57,985 105°E: 50,704	20°N: 57,363 105°E: 51,149	20°N: 57,503 105°E: 51,065	20°N: 57,693 105°E: 50,987
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	5,908	5,808	6,416	6,811	6,156	6,034
Be	0,0467	0,0451	0,0486	0,0264	0,0358	0,0396
B	19,7	20,27	17,89	18,11	16,98	19,14
Na	29.010	24.710	26.070	29.590	28.830	30.140
Mg	9.675	9.177	10.550	9.383	8.766	10.140
Al	8,761	1,146	0,424	1,381	2,424	1,103
K	6,65	5,25	5,32	6,11	6,165	6,4
Ca	31.630	29.670	33.800	31.490	28.040	30.190
Sc	2,227	2,176	2,416	2,203	2,061	2,145
Ti	1,624	1,498	1,523	1,419	1,296	1,297
V	0,292	0,273	0,213	0,189	0,191	0,179
Cr	1,141	1,316	1,15	1,013	1,078	1,113
Mn	187	150,5	173,8	181,8	150,2	165,3
Fe	6.778	6.574	8.295	7.009	6.712	6.732
Co	0,311	0,346	0,318	0,394	0,417	0,357
Ni	0,354	0,458	0,584	1,502	1,142	0,961
Cu	1,072	0,842	0,695	18,97	23,62	9,849
Zn	10,74	11,82	2,19	30,56	41,89	28,96
Ga	15,78	15,09	16,14	13,28	11,77	15,7
As	69,56	106,7	105,1	91,18	83,74	84,88
Se	0,196	0,203	0,189	0,173	0,155	0,181
Sr	193,6	184,9	194,5	185,3	164,2	186,1
Zr	0,0695	0,0609	0,0713	0,0911	0,0567	0,0475
Mo	1,809	2,406	1,845	3,954	3,235	2,123
Ag	0,0256	0,0166	0,0162	0,032	0,0456	0,0335
Cd	0,00835	0,00674	0,00867	0,0125	0,0164	0,0151
Sn	0,179	0,164	0,139	0,193	0,135	0,122
Sb	0,209	0,286	0,256	0,305	0,352	0,224
Ba	297,3	280,4	296,5	238,7	214	287,2
W	0,0583	0,0732	0,0674	0,0990	0,0917	0,0735
Hg	0,0681	0,0639	0,0657	0,0713	0,0544	0,0448
Tl	0,00181	0,00208	0,00194	0,00926	0,00324	0,00278
Pb	0,568	0,293	0,3799	2,45	1,861	1,015
Th	0,0728	0,0511	0,0415	0,0586	0,0429	0,0338
U	0,0142	0,0122	0,00369	0,00757	0,0105	0,00548

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	R25	R26	R27	R28	R29	R30
	PF1	PF2	PF4	PF5	PF6	TH8
	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở	Yên Sở	Tương Mai
	20°N: 57,783 105°E: 52,146	20°N: 57,789 105°E: 52,126	20°N: 57,807 105°E: 52,150	20°N: 57,764 105°E: 52,154	20°N: 57,696 105°E: 52,171	20°N: 59,228 105°E: 51,080
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	9,066	7,514	9,431	11,14	12,28	5,567
Be	0,0948	0,0282	0,00519	0,0212	0,00600	0,0882
B	14,08	13,8	14,36	14,2	14,28	16,4
Na	30.370	28.810	29.340	18.990	30.760	31.070
Mg	8.596	8.340	8.882	8.285	8.177	11.140
Al	8,025	0,5139	2,085	1,472	1,688	0,953
K	6,09	5,82	6,315	5,52	8,25	2.376
Ca	27.810	26.640	34.350	26.920	34.460	31.570
Sc	2,09	2,004	1,763	2,193	1,929	2,608
Ti	1,458	1,3	0,8574	1,335	0,9352	1,758
V	0,581	0,395	0,590	0,253	2,261	0,229
Cr	1,167	1,091	1,505	1,137	1,289	1,105
Mn	62,94	86,74	80,42	52,84	8,107	275
Fe	10.760	10.000	262,9	10.390	114,4	10.710
Co	1,606	0,668	0,873	1,689	0,398	0,259
Ni	4,012	1,693	3,027	3,338	2,741	0,358
Cu	0,622	0,621	1,448	0,359	1,023	7,822
Zn	1,969	1,451	73,8	1,442	1,376	15,34
Ga	21,62	14,58	9,768	11,52	12,23	12,71
As	98,65	96,65	7,022	73,02	7,369	62,51
Se	0,255	0,238	0,222	0,152	0,244	0,173
Sr	194,7	187,3	200,1	181,5	211,2	178,2
Zr	0,0335	0,0344	0,0554	0,0371	0,0674	0,0372
Mo	3,083	2,894	2,343	1,838	1,72	1,006
Ag	0,0128	0,0132	0,0188	0,0124	0,0196	0,0207
Cd	0,0344	0,0135	0,0295	0,00707	0,0279	0,00996
Sn	0,111	0,135	0,117	0,134	0,0987	0,121
Sb	0,555	0,269	0,246	0,483	0,395	0,165
Ba	382,7	263,2	205,5	218,7	224,5	231,1
W	0,172	0,134	0,0457	0,109	0,0756	0,0363
Hg	0,0621	0,0505	0,0540	0,0501	0,0462	0,0413
Tl	0,0162	0,00167	0,00879	0,0125	0,0211	0,00153
Pb	0,274	0,223	0,541	0,171	0,250	0,557
Th	0,0254	0,0284	0,0147	0,0237	0,0103	0,0166
U	0,00717	0,00608	0,0181	0,00425	0,0196	0,00193

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	R31	R32	R33	R34	R35	R36
	TH9	TH10	TH11	TH14	TH15	TH16
	Tương Mai	Tương Mai	Tương Mai	Tương Mai	Tương Mai	Tương Mai
20°N: 59,225 105°E: 51,081	20°N: 59,250 105°E: 50,960	20°N: 59,282 105°E: 51,186	20°N: 59,391 105°E: 51,227	20°N: 59,207 105°E: 51,249	20°N: 59,187 105°E: 51,055	
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	2,481	3,649	2,216	3,523	3,577	4,064
Be	0,0387	0,0486	0,039	0,05149	0,0635	0,0493
B	7,822	10,54	5,454	6,533	6,889	9,392
Na	22.990	52.780	10.110	13.020	19.600	25.880
Mg	6.364	10.220	5.536	5.483	5.300	9.294
Al	2,034	0,3326	1,558	0,5345	1,747	1,291
K	1.227	1.485	979,2	1.326	1.818	2.867
Ca	20.230	31.250	16.890	21.070	17.380	27.220
Sc	2,003	2,174	1,855	2,249	2,353	2,101
Ti	0,850	0,967	0,909	1,003	1,017	1,038
V	0,127	0,137	0,138	0,152	0,171	0,226
Cr	0,885	0,965	0,987	1,005	1,112	1,494
Mn	310,3	363,2	288	380,1	378,5	278,3
Fe	9.903	14.300	5.709	5.612	6.161	7.551
Co	0,160	0,617	0,0601	0,0818	0,0879	0,251
Ni	0,247	0,374	0,811	0,122	0,163	0,587
Cu	1,639	4,484	3,065	10,39	2,735	3,576
Zn	9,469	2,771	18,38	1,938	32,44	8,242
Ga	7,898	12,32	4,465	4,865	5,881	12,79
As	69,77	49,73	71,8	37,39	33,27	105,8
Se	0,192	0,231	0,176	0,156	0,184	0,224
Sr	83,96	165,4	94,12	98,63	105,2	176,5
Zr	0,0459	0,0363	0,0328	0,0355	0,0322	0,0341
Mo	1,249	0,5459	1,662	0,745	0,3672	1,474
Ag	0,0376	0,0210	0,0206	0,0158	0,0511	0,0178
Cd	0,00904	0,0105	0,00904	0,00715	0,00828	0,00753
Sn	1,771	0,4486	0,3661	0,2837	0,2884	0,2542
Sb	0,266	0,308	0,389	0,204	0,187	0,254
Ba	236,4	337,6	138,8	150,7	179,2	336,3
W	0,0558	0,0565	0,0624	0,0552	0,0467	0,0652
Hg	0,851	0,2785	0,3787	0,1787	0,2814	0,1782
Tl	0,00461	0,00254	0,00272	0,00201	0,00331	0,00290
Pb	0,977	0,747	1,12	0,903	1,044	2,061
Th	1,315	0,201	0,200	0,0920	0,112	0,0493
U	0,002885	0,001174	0,004395	0,001074	0,00406	0,001375

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	R37	R38	R39	R40	R41	R42
	TH17	TH18	TH19	TH20	TH21	TH22
	Tương Mai	Tương Mai	Tương Mai	Tương Mai	Tương Mai	Tương Mai
Toạ độ	20°N: 59,228	20°N: 59,172	20°N: 59,294	20°N: 59,216	20°N: 59,042	20°N: 59,046
	105°E: 51,152	105°E: 51,057	105°E: 51,220	105°E: 51,194	105°E: 51,401	105°E: 51,279
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	3,196	4,686	3,375	3,816	4,692	4,877
Be	0,0558	0,0624	0,0589	0,0734	0,158	0,162
B	8,597	9,42	7,819	10,79	15,41	16,01
Na	19.390	25.090	12.440	19.500	20.850	21.070
Mg	7.197	8.176	5.362	6.102	6.784	7.300
Al	0,781	26,9	1,105	20,6	2,191	1,998
K	2.236	2.744	1.273	1.721	1.874	2.115
Ca	21.770	23.550	18.660	20.230	18.800	19.960
Sc	2,109	2,327	2,251	2,448	4,828	4,823
Ti	0,988	1,069	1,081	1,8	2,92	2,836
V	0,194	0,173	0,216	0,200	0,395	0,367
Cr	1,349	1,24	1,172	0,7729	1,48	1,552
Mn	299	425,8	355,7	369,5	267,4	242,6
Fe	7.626	11.340	6.134	7.416	13.490	13.480
Co	0,123	0,167	0,0908	0,118	0,365	0,186
Ni	0,141	0,491	0,392	0,285	1,015	0,466
Cu	1,582	0,942	2,121	13,78	7,407	1,478
Zn	11,17	5,708	17,03	19,18	11,08	13,2
Ga	8,258	11,35	5,129	6,863	10,26	12,02
As	87,25	63,37	52,43	48,7	38,9	40,4
Se	0,205	0,184	0,155	0,166	0,171	0,193
Sr	129,1	156,9	101,4	118,2	127,7	140,8
Zr	0,0354	0,0214	0,0221	0,025	0,0511	0,0484
Mo	1,538	0,798	0,834	0,708	0,416	0,490
Ag	0,0103	0,0226	0,0162	0,0182	0,0530	0,0175
Cd	0,00753	0,0113	0,00828	0,0245	0,0113	0,00917
Sn	0,225	0,195	0,235	0,263	2,732	0,527
Sb	0,188	0,179	0,373	0,233	0,285	0,144
Ba	256,3	345,9	151,3	202,1	175	202,2
W	0,074	0,0530	0,0493	0,0529	0,0871	0,0736
Hg	0,185	0,169	0,218	0,129	0,114	0,101
Tl	0,00172	0,00225	0,00177	0,00313	0,00224	0,00102
Pb	0,827	0,998	1,004	4,648	0,713	0,589
Th	0,0424	0,0330	0,0516	0,0232	0,161	0,0651
U	8,72E-04	0,00218	0,00389	0,00527	0,00962	0,00266

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	R43	R44	R45	R46	R47	R48
	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7	LH8
	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên
	21°N: 00,614 105°E: 51,736	21°N: 00,526 105°E: 51,815	21°N: 00,595 105°E: 51,784	21°N: 00,582 105°E: 51,709	21°N: 00,559 105°E: 51,716	21°N: 00,538 105°E: 51,743
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	0,889	0,813	0,854	2,014	3,401	1,833
Be	0,0135	0,0151	0,0137	0,0257	0,0529	0,032
B	7,533	6,9	7,84	9,617	11,63	9,193
Na	3.121	3.078	3.223	6.455	14.350	6.302
Mg	3.843	3.887	3.705	6.149	7.399	4.960
Al	3,761	2,105	0,9163	1,054	4,786	1,155
K	1547	1900,5	1672,5	1523,5	1898,5	1780
Ca	29.710	29.210	29.960	22.530	24.120	28.750
Sc	1,4	1,293	1,25	2,511	3,559	2,086
Ti	1,114	0,898	0,885	1,383	1,647	1,097
V	0,372	0,249	0,290	0,214	0,160	0,130
Cr	1,176	0,7476	0,9865	1,157	1,031	0,867
Mn	162,3	149,6	171,6	416,7	812	506
Fe	1.109	1.140	1.148	2.709	3.910	2.471
Co	0,0426	0,0518	0,0415	0,101	0,223	0,0819
Ni	0,534	0,539	1,202	0,313	0,296	0,499
Cu	5,567	0,549	0,443	1,828	1,656	2,824
Zn	17,2	4,041	3,073	10,21	9,634	8,078
Ga	1,617	1,605	1,905	2,689	4,547	2,431
As	26,76	36,15	28,81	42,11	60,76	72,5
Se	0,124	0,135	0,113	0,216	0,195	0,191
Sr	104,4	107,3	104,1	104,1	115,6	121,3
Zr	0,0494	0,0389	0,0441	0,0990	0,0562	0,0298
Mo	0,874	0,936	0,814	1,63	1,998	1,393
Ag	0,0345	0,0235	0,0305	0,0887	0,0487	0,0661
Cd	0,0100	0,00751	0,00709	0,00602	0,00377	0,00602
Sn	0,384	0,157	0,169	3,646	0,853	0,372
Sb	0,2178	0,1613	0,235	0,230	0,144	0,287
Ba	26,54	26,45	32,09	60,72	107,8	56,97
W	0,134	0,149	0,169	0,107	0,0915	0,116
Hg	0,0953	0,0737	0,0804	0,193	0,132	0,116
Tl	0,00147	0,00128	0,00134	0,003075	0,00254	0,00154
Pb	0,712	0,299	0,333	0,982	0,971	1,727
Th	0,0504	0,0483	0,0454	0,135	0,101	0,0504
U	0,00575	0,00472	0,00160	0,00131	0,00245	0,00208

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	R49	R50	R51	R52	R53	R54
	LH9	LH10	LH11	LH12	LH14	LH15
	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên
Toạ độ	21°N: 00,504	21°N: 00,350	21°N: 00,223	21°N: 00,564	21°N: 00,245	21°N: 00,640
	105°E: 52,126	105°E: 52,224	105°E: 52,433	105°E: 51,036	105°E: 52,309	105°E: 51,950
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	0,813	0,994	1,229	0,614	1,045	0,669
Be	0,00907	0,0116	0,0103	0,0076	0,00976	0,00656
B	8,928	7,302	3,365	3,439	3,548	2,906
Na	4.231	3.353	2.583	3.207	2.566	2.934
Mg	4.111	4.396	4.620	3.707	4.791	3.701
Al	1,654	1,243	0,893	1,056	5,216	1,524
K	1416,5	1236	1208	1496	1438,5	1545
Ca	33.830	33.090	29.950	31.180	28.380	33.390
Sc	1,007	1,25	0,603	0,378	0,651	0,383
Ti	0,442	0,788	0,300	0,139	0,413	0,232
V	0,0877	0,213	0,326	0,0426	0,122	0,104
Cr	0,682	1,146	0,204	0,118	0,233	0,353
Mn	306	268,7	198,8	261,8	209,5	225,6
Fe	900,7	1.274	842,1	861,7	1.212	795
Co	0,0539	0,0539	0,0735	0,0307	0,0611	0,0264
Ni	0,689	0,248	0,246	0,169	0,593	0,425
Cu	0,198	0,168	0,233	0,724	0,791	3,251
Zn	1,409	0,6761	5,417	1,516	2,137	15,38
Ga	4,818	1,844	1,073	3,303	0,980	3,102
As	12,02	35,32	31,03	8,351	30,72	9,777
Se	0,176	0,156	0,130	0,130	0,112	0,122
Sr	106,6	119,5	127,3	101,8	122,6	102,4
Zr	0,0299	0,0234	0,0441	0,0316	0,0219	0,0178
Mo	0,706	1,106	1,522	0,567	0,900	0,458
Ag	0,0297	0,0360	0,0225	0,0276	0,0400	0,0188
Cd	0,00489	0,00301	0,0100	0,00761	0,00721	0,00922
Sn	0,221	0,330	0,319	0,251	0,260	0,317
Sb	0,174	0,287	0,382	0,136	0,224	0,202
Ba	110,4	41,48	28,7	89,13	26,2	84,5
W	0,128	0,139	0,0772	0,0822	0,0525	0,0948
Hg	0,107	0,0923	0,115	0,114	0,106	0,0927
Tl	0,00242	0,00148	0,00202	0,00207	0,00173	0,00179
Pb	0,726	0,504	0,749	0,971	0,702	0,706
Th	0,0338	0,0343	0,0310	0,0209	0,0192	0,0119
U	0,00208	0,00419	0,0330	0,00168	0,00523	0,00748

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	R55	R56	R57	R58	R59	R60
	LH16	LH17	LH18	LF17	PLH1	PLH2
	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên	Lương Yên	Văn Điển	Văn Điển
Toạ độ	21°N: 00,720 105°E: 51,933	21°N: 00,797 105°E: 51,894	21°N: 00,421 105°E: 52,164	21°N: 00,762 105°E: 51,904	20°N: 56,806 105°E: 49,955	20°N: 56,734 105°E: 49,954
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	0,608	0,577	0,704	2,545	2,316	3,804
Be	0,00538	0,00673	0,00538	0,00471	0,0279	0,0615
B	3,701	3,402	3,716	3,369	18,86	49,7
Na	3.115	2.790	3.057	2.521	40.410	44.390
Mg	3.580	3.831	3.919	3.811	10.520	15.900
Al	1,125	0,9477	2,003	14,83	21,75	2,808
K	1608	1374,5	2142	1533	4429	4585
Ca	31.850	32.080	31.640	34.480	34.040	50.930
Sc	0,427	0,524	0,465	0,4891	1,876	2,172
Ti	0,175	0,342	0,305	0,7608	1,069	1,906
V	0,0893	0,0878	0,236	4,088	0,149	0,168
Cr	0,245	0,257	0,8512	0,4521	0,365	0,646
Mn	296,1	187,4	286,5	353,5	163,8	148,3
Fe	913,1	932,3	721,6	157,6	5.266	8.036
Co	0,0228	0,0275	0,0293	0,200	0,262	0,228
Ni	0,391	0,347	0,339	0,289	0,509	0,744
Cu	1,245	1,414	0,897	0,226	0,990	1,17
Zn	2,227	10,88	2,724	8,568	3,712	4,384
Ga	2,949	1,629	1,849	0,5445	7,781	8,078
As	8,633	14,81	17,81	2,312	100,2	97,6
Se	0,144	0,138	0,109	0,0903	0,185	0,287
Sr	104,1	106,5	109,4	111,5	199,8	276,4
Zr	0,0196	0,0182	0,0168	0,00846	0,0376	0,110
Mo	0,580	0,722	0,779	0,661	4,427	3,549
Ag	0,0271	0,0248	0,0225	0,0211	0,0152	0,0815
Cd	0,00761	0,00761	0,00641	0,0269	0,0200	0,0173
Sn	0,312	0,268	0,440	0,297	0,286	2,647
Sb	0,224	0,132	0,446	0,304	0,263	0,549
Ba	78,83	44,31	48,01	13,89	201,6	173,6
W	0,095	0,131	0,117	0,0544	0,114	0,159
Hg	0,0838	0,0876	0,0774	0,0927	0,0969	0,130
Tl	0,00173	0,00184	0,00138	0,00184	0,00254	0,00268
Pb	0,654	0,606	0,406	0,651	0,604	1,193
Th	0,0113	0,0107	0,0108	0,00420	0,0266	0,0677
U	0,00124	0,00171	0,00174	0,567	0,00141	0,00167

Code Tên mẫu Địa điểm Toạ độ	Hồ sơ của mẫu					
	R61	R62	R63	R64	R65	R66
	PLF1	PLF2	PLF4	PLF5	PLF6	PLF7
	Văn Điển	Văn Điển	Văn Điển	Văn Điển	Văn Điển	Văn Điển
	20°N: 56,756 105°E: 49,902	20°N: 56,677 105°E: 49,934	20°N: 56,704 105°E: 49,871	20°N: 56,564 105°E: 49,838	20°N: 56,638 105°E: 49,822	20°N: 56,665 105°E: 50,000
Nguyên tố	Hàm lượng (µg/l)					
Li	4,462	7,476	2,784	2,95	2,835	2,789
Be	0,00657	0,00867	0,0255	0,0289	0,0234	0,0652
B	31,13	64,41	78,74	32,89	29,41	35,56
Na	55.490	38.210	41.230	11.270	24.340	44.150
Mg	19.060	38.030	14.970	10.890	13.830	25.050
Al	5,449	15,69	1,838	3,051	12,1	11,95
K	1500,5	3816,5	701,5	1650	1404,5	1355,5
Ca	113.800	138.500	61.380	63.210	82.140	96.550
Sc	2,575	1,949	2,131	3,208	2,898	2,128
Ti	1,991	1,981	2,054	3,357	3,16	6,795
V	0,226	2,122	0,292	0,277	0,352	1,154
Cr	0,464	0,738	0,707	0,737	0,763	5,421
Mn	888,6	1.361	644,1	637,2	623,4	997,8
Fe	3.638	33.580	20.880	19.670	19.720	42.680
Co	0,149	0,195	0,0650	0,140	0,0914	0,268
Ni	0,939	3,881	0,486	0,393	0,586	7,229
Cu	1,926	17,35	1,276	1,338	1,347	167
Zn	37,12	29,74	1,241	2,755	10,64	370
Ga	11,09	6,774	9,124	7,63	11,53	22,27
As	5,971	7,394	8,748	65,37	11,11	2,318
Se	0,349	0,331	0,260	0,21	0,227	0,214
Sr	311,3	363,9	143,7	167,1	237,4	225,5
Zr	0,0293	0,0457	0,0182	0,0242	0,0228	0,139
Mo	0,118	1,36	1,043	0,165	0,0477	0,335
Ag	0,157	0,166	0,160	0,0898	0,104	0,766
Cd	0,0168	0,0535	0,00996	0,0089	0,0136	0,202
Sn	0,864	0,636	0,428	0,403	0,424	0,848
Sb	0,368	2,782	0,4935	0,170	0,262	0,308
Ba	220,1	159,7	199,5	161	213,2	415
W	0,087	0,125	0,149	0,102	0,136	0,218
Hg	0,111	0,111	0,111	0,106	0,0753	0,105
Tl	0,0034	0,012	0,0021	0,0013	0,002	0,0058
Pb	1,035	1,966	0,872	1,117	1,819	10,75
Th	0,046	0,0933	0,0345	0,0081	0,0076	0,0319
U	0,0107	0,685	0,00591	0,0021	0,0039	0,0245

**PHẦN D-BỘ QUY TRÌNH
ĐỊNH LƯỢNG CÁC NGUYÊN TỐ ĐA LƯỢNG VÀ
VI LƯỢNG TRONG CÁC MẪU NƯỚC NGẦM**

ĐỊNH LƯỢNG CÁC NGUYÊN TỐ TRONG MẪU NƯỚC NGẦM BẰNG PHƯƠNG PHÁP ICP-MS

I. Phạm vi áp dụng

Quy trình này được áp dụng để định lượng hầu hết các nguyên tố có mặt trong thành phần nước ngầm bề mặt và nước ngầm (còn gọi là nước dưới đất).

Khoảng giới hạn nồng độ định lượng đối với việc xác định các nguyên tố trong mẫu nước dưới đất từ 0,001 đến 1000 $\mu\text{g/l}$ (ppb) cho hầu hết các nguyên tố có mặt trong nước với sai số dưới 20%.

II. Nguyên tắc của phương pháp

Mẫu dung dịch sau khi lọc được bơm nhu động đưa vào bộ tạo hơi, khí mang trơ Argon đưa hơi vào buồng đốt dùng dòng cao tần tạo khối plasma, khối hơi được ion hoá ở nhiệt độ cao (trên 7000°K). Chùm ion được đẩy qua các lớp khe lọc vào detector khối phổ; dưới tác dụng của bộ tứ cực các chùm ion tạo ra độ lệch khác nhau và detector nhận biết theo từng số khối. Tín hiệu tích phân số đếm theo thời gian từ detector được ghi lại bằng phần mềm đặc chủng của thiết bị và chúng tỉ lệ với nồng độ các nguyên tố trong thành phần mẫu đo. Tính hàm lượng nguyên tố theo phương pháp đồ thị chuẩn hoặc thêm chuẩn.

III. Tiến hành:

III.1 Thiết bị, Dụng cụ, Hoá chất

Hệ thiết bị Phổ kế ICP-MS (Agilent 7500 series, USA) và các phụ kiện;

Khí trơ Argon tinh khiết (99,99% trở lên);

Thiết bị tinh chế nước “siêu sạch” SG (điện trở 18 M Ω);

Bơm hút chân không (GAST DOA-P725-BN, USA);

Dụng cụ thuỷ tinh: cốc, bình định mức, các loại pipet chia vạch 1/20;

Phễu lọc chân không, màng lọc 0,45 μm ;

Chai nhựa PE, PP 50, 100, 250 ml;

Pipet piston (5ml, 1ml, 0,5 ml và 0,1 ml) và các đầu hút tương ứng;

Dung dịch tiêu chuẩn từng nguyên tố Li, Cr, Co, Ni, Cu, Pb, As, Al, Cd, Ga, Sc, Mo, Sn, Sb, Be, Zr, K, Ba, B, Sr 1000 $\mu\text{g/ml}$ (ppm), Tl, Fe, W 2000 $\mu\text{g/ml}$ (ppm), V 5000 $\mu\text{g/ml}$ (ppm), và một số nguyên tố khác có nồng độ từ 1000 đến 2000 $\mu\text{g/ml}$ (ppm) dùng cho phương pháp ICP-MS; Dung dịch chuẩn của các nguyên tố đa lượng (Ca, Mg, Na,...) được chuẩn bị từ các muối nitrat tinh khiết phân tích;

Axit HNO₃ và HCl tinh khiết phân tích (Merck, CHLB Đức);

III.2 Quy trình phân tích

a) Chuẩn bị thiết bị đo và thiết lập các thông số của thiết bị

- Thiết bị ICP-MS Agilent 7500 được khởi động theo quy trình sử dụng thiết bị, ống hút dung dịch luôn được nhúng trong nước cất siêu sạch (18 M Ω);

- Chuẩn thiết bị: Dùng dung dịch Tunning chứa các nguyên tố chuẩn (Li, Y, Cd, Tl, mỗi nguyên tố có nồng độ 10 ng/ml (ppb) để chuẩn thiết bị theo quy trình tự động (auto Tune), đưa ống hút mẫu vào dung dịch rửa HNO_3 5%, bơm nhu động tiếp tục làm việc đến khi các tín hiệu thu được trong cửa sổ phân tích báo nồng độ các nguyên tố chuẩn thấp bằng nền, rửa sạch ống hút và nebulizer bằng dung dịch HNO_3 2% và sau đó là nước cất siêu sạch .

- Sau khi chuẩn thiết bị, các thông số đo định lượng được xác lập như sau:

Acquisition Mode: Spectrum ; Peak Pattern: Quant (3 points/mass); Uptake Speed: 0.4r/s; Uptake time:120s; Stabilization time : 30s.

Các thông số máy dùng cho định lượng

Plasma Condition		Ion Lenses		Q-Pole Parameters	
RF Power	1440 W	Extract 1	-1493 V	AMU Gain	126
RF Matching	1.45 V	Extract 2	-177 V	AMU Offset	126
Sample Depth	9.2 mm	Einzel 1,3	-161 V	Axis Gain	0.9999
Torch-H	0.1 mm	Einzel 2	-4 V	Axis Offset	0.02
Torch-V	0.1 mm	Omega Bias	-44 V	QP Bias	2.0 V
Carrier Gas	1.35 L/min	Omega (+)	7.9 V	Detector Parameter	
Makeup Gas	0.00 L/min	Omega (-)	8.3 V	Discriminator	8.0 mV
Peris Pump	0.10 rps	QP Focus	5.0 V	Analog HV	1820 V
S/C Temperature	2°C	Plate Bias	-35.0 V	Pulse HV	1040 V

b) Chọn số khối để phân tích các nguyên tố

Số khối của một nguyên tố dùng để phân tích định lượng phải thoả mãn 2 yếu tố là tại vị trí đó hàm lượng phân bố của đồng vị bền lớn nhất, và ít bị ảnh hưởng nhất.

Số khối dùng cho phân tích thành phần nước dưới đất

Nguyên tố	Số khối	Nguyên tố	Số khối	Nguyên tố	Số khối	Nguyên tố	Số khối
Li	7	Cr	53	Sr	88	Cs	133
Be	9	Mn	55	Y	89	Ba	137
B	11	Fe	57	Zr	90	W	182
Na	23	Co	59	Nb	93	Pt	195
Mg	24	Ni	60	Mo	95	Hg	202
Al	27	Cu	63	Pd	105	Tl	205
K	39	Zn	66	Ag	107	Pb	208
Ca	43	Ga	69	Cd	111	Bi	209
Sc	45	As	75	In	115	Th	232
Ti	47	Se	82	Sn	118	U	238
V	51	Rb	85	Sb	121		

c) Chuẩn bị đo đường chuẩn

Chuẩn bị các dung dịch chuẩn gốc

Hút vào bình định mức 100ml lần lượt thể tích các dung dịch: 0,1ml V 5000ppm; 0,5ml Tl 2000ppm; 1 ml mỗi dung dịch Li, Cr, Co, Ni, Cu, Pb, As, Al và 0,5ml Cd 1000ppm; 1 ml Ga 1240ppm, 1ml Sc 1010ppm; 0,345 ml Hg 1460ppm. Định mức đến vạch được dung dịch chuẩn hỗn hợp STDG01

Hút vào bình định mức 100ml lần lượt thể tích các dung dịch: 0,2ml mỗi dung dịch: Na 23000ppm, Ba 1000ppm, Sr 2000ppm, B 1000ppm; 2ml mỗi dung dịch: Mg 10000ppm, K 1000ppm, U 10ppm, Th 10ppm, Ag 100ppm, Ti 100ppm; 5ml mỗi dung dịch Ca 10000ppm, Se 20ppm, định mức đến vạch được dung dịch chuẩn hỗn hợp STDG02.

Hút vào bình định mức 100ml lần lượt thể tích các dung dịch 0,2ml Mo, Sn, Sb, Be, Zr 1000ppm và W 2000ppm định mức đến vạch bằng HCl 2% ta được dung dịch chuẩn hỗn hợp STDG03.

Nồng độ các dung dịch chuẩn hỗn hợp gốc

TT	STDG01		STDG02		STDG03	
	Nguyên tố	Nồng độ (ppb)	Nguyên tố	Nồng độ (ppb)	Nguyên tố	Nồng độ (ppb)
1	Li	10000	Na	46000	Be	2000
2	Al	10000	Sr	4000	Mo	2000
3	Sc	10100	Ba	2000	Sn	2000
4	V	5000	Mg	200000	Sb	2000
5	Cr	10000	Ca	500000	W	4000
6	Co	10000	K	20000	Zr	2000
7	Ni	10000	B	2000		
8	Cu	10000	U	200		
9	Ga	12400	Th	200		
10	As	10000	Ag	2000		
11	Cd	5000	Ti	2000		
12	Hg	5037	Se	1000		
13	Tl	10000	Fe			
14	Pb	10000				

Chuẩn bị các dung dịch chuẩn thứ cấp

Hút vào bình định mức 50 ml lần lượt các lượng dung dịch chuẩn gốc sau:

+ 0,5ml STDG01

+ 5 ml STDG02

+ 0,5ml STDG03

định mức đến vạch bằng HNO_3 2%, lắc đều, được dung dịch chuẩn hỗn hợp STD6. Hút lần lượt 0,1ml; 0,26ml; 2ml; 5ml và 10 ml dung dịch chuẩn STD6 vào bình định mức 25ml, định mức đến vạch bằng HNO_3 2%, lắc đều, được dung dịch chuẩn STD1, STD2, STD3, STD4 và STD5, nồng độ các nguyên tố như trong bảng sau.

Thành phần và nồng độ các nguyên tố trong dung dịch chuẩn để định lượng

TT	Nguyên tố	STD1	STD2	STD3	STD4	STD5	STD6
1	Li	0.4	1.04	8	20	40	100
2	Be	0.08	0.208	1.6	4	8	20
3	B	0.8	2.08	16	40	80	200
4	Na	18.4	47.84	368	920	1840	4600
5	Mg	80	208	1600	4000	8000	20000
6	Al	0.4	1.04	8	20	40	100
7	K	8	20.8	160	400	800	2000
8	Ca	200	520	4000	10000	20000	50000
9	Sc	0.404	1.0504	8.08	20.2	40.4	101
10	Ti	0.8	2.08	16	40	80	200
11	V	0.4	1.04	8	20	40	100
12	Cr	0.4	1.04	8	20	40	100
13	Mn	0.4	1.04	8	20	40	100
14	Fe	6	15.6	120	300	600	1500
15	Co	0.4	1.04	8	20	40	100
16	Ni	0.4	1.04	8	20	40	100
17	Cu	0.4	1.04	8	20	40	100
18	Zn	0.8	2.08	16	40	80	200
19	Ga	0.496	1.2896	9.92	24.8	49.6	124
20	As	0.4	1.04	8	20	40	100
21	Se	0.4	1.04	8	20	40	100
22	Sr	1.6	4.16	32	80	160	400
23	Zr	0.08	0.208	1.6	4	8	20
24	Mo	0.08	0.208	1.6	4	8	20
25	Ag	0.8	2.08	16	40	80	200
26	Cd	0.2	0.52	4	10	20	50
27	Sn	0.08	0.208	1.6	4	8	20
28	Sb	0.08	0.208	1.6	4	8	20
29	Ba	0.8	2.08	16	40	80	200
30	W	0.16	0.416	3.2	8	16	40
31	Hg	0.20148	0.523848	4.0296	10.074	20.148	50.37
32	Tl	0.4	1.04	8	20	40	100
33	Pb	0.4	1.04	8	20	40	100
34	Th	0.08	0.208	1.6	4	8	20
35	U	0.08	0.208	1.6	4	8	20

Tiến hành đo các dung dịch chuẩn

Do các dung dịch chuẩn để thiết lập các đường chuẩn trong điều kiện các thông số máy đã được xác lập, sau mỗi phép đo phải rửa ống hút mẫu bằng dung dịch HNO_3 2%.

d) Đo dung dịch mẫu

Mẫu sau khi lọc qua màng lọc 45 μm , được pha loãng bằng nước cất siêu tinh khiết và thêm một lượng xác định HNO_3 10% sao cho dung dịch mẫu đem đo có nồng độ HNO_3 2%; Tỷ lệ pha loãng mẫu phụ thuộc vào hàm lượng các nguyên tố có mặt trong mẫu, thông thường tỷ lệ này là 10 (1ml mẫu nước dưới đất pha loãng thành 10 ml); đo mẫu ở cùng điều kiện với đo các dung dịch chuẩn và mẫu trắng để hiệu chỉnh nền sẽ thu được các kết quả số đếm của từng nguyên tố (lấy tích phân theo thời gian).

e) Xây dựng đường chuẩn

Sau khi đo toàn bộ các dung dịch chuẩn và các dung dịch mẫu trong cùng điều kiện và cùng thông số thiết bị, tiến hành dựng đường chuẩn cho từng nguyên tố dựa vào các giá trị số đếm của từng nguyên tố trong từng dung dịch chuẩn (giá trị trực tiếp) và nồng độ từng nguyên tố (giá trị trực hoành). Phần mềm của thiết bị cho phép dựng đường chuẩn phân tích định lượng đối với từng nguyên tố, trực tiếp từ các giá trị vừa đo được. Phương trình đường chuẩn : $y = ax + b$. Trong nhiều trường hợp giá trị b chính là số đo của dung dịch trắng (blank). Căn cứ vào đường chuẩn đã dựng, phần mềm thiết bị tự động tính toán và cho kết quả phân tích.

f) Tính toán kết quả

Nồng độ các nguyên tố thu được từ kết quả phân tích tính theo nanogram/ml hay ppb; Hàm lượng các nguyên tố trong mẫu được tính bằng công thức sau:

Hàm lượng từng nguyên tố = $C \times k$

Trong đó : C là nồng độ của nguyên tố cần phân tích thu được sau khi đo;

k là hệ số pha loãng mẫu;

Đơn vị tính là ppb hay 10^{-3} mg/l hay $\mu\text{g/l}$.

IV. Độ đúng của kết quả

Hàm lượng các nguyên tố từ 0,001 đến < 1ppb, độ lệch chuẩn của các phép đo mẫu song song đến 20% ;

Hàm lượng các nguyên tố từ 1 đến < 100 ppb, độ lệch chuẩn của các phép đo mẫu song song đến 10% ;

Hàm lượng các nguyên tố từ 100 đến 1000ppb, độ lệch chuẩn của các phép đo mẫu song song đến 5% ;

ĐỊNH LƯỢNG ARSEN TỔNG SỐ VÀ AS(III) TRONG MẪU NƯỚC NGÂM BẰNG PHƯƠNG PHÁP HYDRUA HOÁ - QUANG PHỔ HẤP THỤ NGUYÊN TỬ

I. Phạm vi áp dụng

Quy trình này được áp dụng cho việc xác định As tổng số và As(III) trong các mẫu nước dưới đất bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử với kỹ thuật hydrua hoá.

Khoảng giới hạn nồng độ định lượng đối với việc xác định As tổng là 0,05-50 µg/l (ppb), và As(III) với thang 0,5-20µg/l. Giới hạn phát hiện cho tổng As vô cơ là 15 ng/l và As(III) là 75 ng/l với sai số không quá 25%.

II. Nguyên tắc của phương pháp

Mẫu sau khi lọc được đưa vào cốc phản ứng của thiết bị hydrua hoá (HS55) của máy hấp thụ nguyên tử. Bơm nhu động sẽ đưa một lượng chất khử xác định vào cốc phản ứng đồng thời khí mang trợ Nitơ (hoặc Argon) được phun vào bình phản ứng này cuốn theo hơi arsin (AsH_3) sinh ra đẩy vào ống thạch anh ở nhiệt độ 900°C. Dựa vào độ hấp thụ của nguyên tử arsen ở trạng thái hơi tại bước sóng xác định, có thể tính hàm lượng nguyên tố theo phương pháp đồ thị chuẩn hoặc thêm chuẩn.

Nồng độ As tổng số(AsT) được xác định trong dung dịch mẫu đã axit hoá bằng HCl đặc và được khử trước về As(III) bằng dung dịch L-Cysteine 20mg/ml, với tác nhân khử NaBH_4 0,5%. Trong khi đó As(III) được xác định trong môi trường HCl 0,001M với tác nhân khử NaBH_4 0,1%, hàm lượng As(V) được tính toán bởi sự hiệu số giữa hàm lượng As tổng và hàm lượng As(III).

III. Thiết bị, dụng cụ, hoá chất

III.1 Thiết bị, dụng cụ

Máy quang phổ hấp thụ nguyên tử (VARIO-6 - Analytik Jena)
Thiết bị Hydrua hoá HS55 (Hydride Generation - Analytik Jena)
Khí trợ N_2 hoặc Ar (tinh khiết phân tích)
Máy khuấy từ VELP SCIENTIFICA
Bơm hút chân không (GAST DOA-P725-BN, USA)
Thiết bị tinh chế nước “siêu sạch” SG (điện trở 18 MΩ);
Dụng cụ thuỷ tinh: cốc, bình định mức, các loại pipet chia vạch 1/20
Phiếu lọc chân không, màng lọc 0,45 µm
Chai nhựa PE, PP 50, 100, 250 ml;

III.2 Hoá chất

Dung dịch tiêu chuẩn As(III) 1000 µg/ml(ppm): hoà tan 1,3204g arsenic trioxide trong 100ml nước cất tinh khiết chứa 4g NaOH. Axit hoá dung dịch bằng dung dịch HCl 2M và định mức bằng dung dịch HCl 0,6M;

Dung dịch tiêu chuẩn As(V) 1000 µg/ml(ppm): hoà tan 2,0011 g As₂O₅ hydrate trong 1000ml nước cất trao đổi ion, định lượng chính xác bằng phương pháp chuẩn độ iốt dư ;

Các dung dịch khử NaBH₄, và L-Cysteine tinh khiết phân tích;

Axit HCl, NaOH tinh khiết phân tích;

Các dung dịch chuẩn của Fe(III), Se, Sb, Hg, NaCl, Mg, Ca, K dùng cho quang phổ hấp thụ nguyên tử;

Dung dịch NaBH₄ 0,5% trong NaOH 0,01M (dùng cho phép phân tích As tổng) và dung dịch NaBH₄ 0,1% trong NaOH 0,005M được chuẩn bị ngay trước khi thực hiện phép đo định lượng và chỉ sử dụng trong ngày;

IV. Mẫu và xử lý mẫu

Mẫu sau khi thu từ hiện trường (theo TCVN 6000-1995), lập tức được axit hoá đến pH ≤ 1 (bằng HCl 1:3) để tránh keo tụ, đánh số, ký hiệu và chuyển ngay về phòng thí nghiệm; Bảo quản mẫu trong chai PE ở nhiệt độ 20°C; Tiến hành lọc mẫu dùng phễu hút chân không và màng lọc 0,45 µm; Những mẫu đã lọc được chia theo yêu cầu phân tích, mã hoá và đem phân tích ngay. Trong trường hợp cần bảo quản, lưu mẫu theo TCVN 5993-1995.

V. Tiến hành

V.1 Chuẩn bị mẫu cho phép đo định lượng As tổng số

Lấy chính xác 25 ml mẫu đã pha loãng (tuỳ theo cấp hàm lượng mà pha loãng thích hợp, thông thường pha loãng 10 lần, 10 ml mẫu được pha thành 100 ml) vào bình PE 50ml, thêm 0,5ml dung dịch L-Cysteine 20mg/ml và 0,5 ml axit HCl 6M. Trộn đều trên máy khuấy từ với tốc độ 250 trong vòng 1 giờ.

Dung dịch blank cũng được tiến hành tương tự như mẫu thật.

V.2 Chuẩn bị dung dịch chuẩn

Chuẩn bị dung dịch nền chứa các nguyên tố kim loại đa lượng chính (Na, K, Ca, Mg) và các nguyên tố vi lượng với nồng độ tương đương như trong nước ngầm (TCVN 5944-1995, sửa đổi 2002). Thêm một lượng nhỏ axit HCl 6M sao cho nồng độ HCl trong mẫu đo là 0,001M.

Dãy dung dịch chuẩn As(III) có nồng độ: 0,5; 1; 2; 3; 5 µg/l được chuẩn bị từ dung dịch gốc, thêm dung dịch nền không chứa As đến thể tích cần thiết (25 ml).

Đối với dung dịch chuẩn để định lượng As tổng, phải pha các dung dịch có chứa cùng tỷ lệ As(III)/AsT (từ 0,1 đến 0,9) có tổng hàm lượng As là 1; 2; 4; 6; 8 µg/l. Dung dịch pha loãng là dung dịch nền không chứa As kể trên. Thêm 0,5ml dung dịch L-Cysteine 20mg/ml và 0,5 ml axit HCl 6M vào từng dung dịch, trộn đều trên máy khuấy từ với tốc độ 250rpm trong vòng 1 giờ.

V.3 Đo cường độ hấp thụ của As trên máy quang phổ phổ hấp thụ nguyên tử

Tiến hành đo cường độ hấp thụ nguyên tử As theo các điều kiện sau:

- Các thông số của thiết bị quang phổ:

Vạch hấp thụ cộng hưởng	: 193,7 nm
Cường độ dòng đèn	: 8 mA
Khe sáng	: 0,8 nm
Thời gian đo tích phân	: 60 giây
Mode tích phân	: Diện tích Pic hoặc Chiều cao Pic

- Các thông số của thiết bị Hydrua hoá HS 55:

Mode vận hành	: Discountinuous
Nhiệt độ cuvet (cell)	: 900°C
Thể tích mẫu	: 25 ml
Tốc độ dòng khí trơ Ar/N ₂	: 18 lit/ giờ đo As tổng; 36 l/giờ đo As(III)
Tốc độ bơm thuốc thử	: Cấp độ 5 đối với As(III); Cấp độ 4 đối với AsT
Thời gian bơm thuốc thử	: 15 giây; 25 giây đối với As(III)
Thời gian làm sạch trước	: 20 giây
Thời gian phản ứng	: 40 giây (As(III)), 30 giây đối với AsT
Thời gian làm sạch cuvet	: 30 giây

Đo cường độ hấp thụ của As trong dung dịch chuẩn và dung dịch blank không chứa arsen để loại trừ sai số do nền mẫu đóng góp. Mẫu được đo trong cùng điều kiện với dung dịch chuẩn.

V.4 Dựng đường chuẩn

Căn cứ vào các kết quả đo diện tích Pic hoặc chiều cao Pic, đường chuẩn sẽ được thiết lập trong phần mềm của thiết bị; Độ tuyến tính của đường chuẩn đạt được trong khoảng nồng độ từ 0,1 đến 8 ppb đối với phép xác định AsT, và từ 0,5 đến 10 ppb đối với As (III); Kết quả phân tích được tính toán tự động từ đường chuẩn.

V.5 Tính toán kết quả

Hàm lượng nguyên tố As tổng trong mẫu được tính theo công thức sau:

$$X = C_{AsT} \times K$$

Trong đó :

X : Hàm lượng của As tính bằng µg/l

C_{AsT} : Nồng độ AsT (µg/l)

K : Hệ số pha loãng (nếu có)

Hàm lượng nguyên tố As(III) trong mẫu được tính theo công thức sau:

$$X = C_{As(III)} \times K$$

Trong đó :

X : Hàm lượng của As tính bằng µg/l

C_{As(III)} : Nồng độ As(III) (µg/l)

K : Hệ số pha loãng (nếu có)
Hàm lượng As (V) được tính bằng hiệu số hàm lượng AsT và As(III).

VI. Độ đúng của kết quả

Hàm lượng As(III) từ < 0,5 ppb đến 1 ppb, độ lệch chuẩn của các phép đo mẫu song song là 20%;

Hàm lượng As(III) từ >1 ppb đến <5 ppb, độ lệch chuẩn của các phép đo mẫu song song là 10%;

Hàm lượng As(III) từ > 5 ppb đến <10 ppb, độ lệch chuẩn của các phép đo mẫu song song là 5%;

Hàm lượng AsT từ < 0,1 ppb đến 1 ppb, độ lệch chuẩn của các phép đo mẫu song song là 10%;

Hàm lượng AsT từ >1 ppb đến < 8 ppb, độ lệch chuẩn của các phép đo mẫu song song là 5%;

ĐỊNH LƯỢNG CÁC NGUYÊN TỐ ĐA LƯỢNG TRONG MẪU NƯỚC NGẦM BẰNG PHƯƠNG PHÁP QUANG PHỔ HẤP THỤ NGUYÊN TỬ NGỌN LỬA

I. Phạm vi áp dụng

Quy trình này được áp dụng cho việc xác định các nguyên tố đa lượng trong các mẫu nước dưới đất (Na, K, Ca, Mg, Fe) bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử với kỹ thuật nguyên tử hoá trong ngọn lửa.

Khoảng giới hạn nồng độ định lượng đối với việc xác định các nguyên tố đa lượng kể trên là 0,1-5 mg/l (ppm). Giới hạn phát hiện đối với các nguyên tố đó trong khoảng 0,01-0,05 ppm với sai số không quá 10%.

II. Nguyên tắc của phương pháp

Mẫu sau khi lọc được định lượng trực tiếp trên thiết bị quang phổ hấp thụ nguyên tử. Dung dịch mẫu được hút thẳng vào đầu đốt. Quá trình nguyên tử hoá được thực hiện trong ngọn lửa axetylen-không khí khi định lượng Na, K, Mg, Fe, còn trong hỗn hợp khí cháy axetylen-N₂O, Ca sẽ được nguyên tử hoá. Căn cứ vào độ hấp thụ của từng nguyên tố ở trạng thái hơi tại bước sóng xác định, tính hàm lượng nguyên tố theo phương pháp đồ thị chuẩn hoặc thêm chuẩn.

Đối với Na và K thay vì dùng đèn catốt rỗng, có thể đo ở mode “phát xạ”; khi đó căn cứ cường độ phát xạ của các nguyên tử này, tính toán hàm lượng của chúng theo phương pháp đồ thị chuẩn hoặc thêm chuẩn.

III. Thiết bị, dụng cụ, hoá chất

III.1 Thiết bị, dụng cụ

Máy quang phổ hấp thụ nguyên tử (VARIO-6 - Analytik Jena)

Khí axetylen, và N₂O (tinh khiết phân tích)

Bơm hút chân không (GAST DOA-P725-BN, USA)

Thiết bị tinh chế nước “siêu sạch” SG (điện trở 18 MΩ);

Dụng cụ thủy tinh: cốc, bình định mức, các loại pipet chia vạch 1/20

Phễu lọc chân không, màng lọc 0,45 μm

Chai nhựa PE, PP 50, 100, 250 ml;

III.2 Hoá chất

Dung dịch tiêu chuẩn gốc Na, K, Fe, Mg, Ca 1000 μg/ml(ppm) dùng cho quang phổ hấp thụ nguyên tử, AAS (Merck, CHLB Đức);

Dung dịch loãng hơn được pha loãng từ các dung dịch tiêu chuẩn gốc với nước cất tinh khiết để đảm bảo độ sạch của các dung dịch thứ cấp.

Axit HNO₃, HCl tinh khiết (Merck, CHLB Đức);

Các dung dịch NaCl, KCl “ionization buffer” 50 mg/ml chuẩn bị từ các muối tinh khiết;

IV. Mẫu và xử lý mẫu

Mẫu sau khi thu từ hiện trường (theo TCVN 6000-1995), lập tức được axit hoá đến $\text{pH} \leq 1$ (bằng HCl 1:3) để tránh keo tụ, đánh số, ký hiệu và chuyển ngay về phòng thí nghiệm; Bảo quản mẫu trong chai PE ở nhiệt độ 20°C ; Tiến hành lọc mẫu dùng phễu hút chân không và màng lọc $0,45\text{ }\mu\text{m}$; Những mẫu đã lọc được chia theo yêu cầu phân tích, mã hoá và đem phân tích ngay. Trong trường hợp cần bảo quản, lưu mẫu theo TCVN 5993-1995.

Mẫu được pha loãng thích hợp với nước cất tinh khiết và thêm axit sao cho nồng độ axit trong nền mẫu 0,2% đối với tất cả các trường hợp.

Trong trường hợp định lượng K, cần thêm một lượng NaCl 50mg/ml sao cho nồng độ của NaCl trong mẫu đo 1 mg/ml; Khi định lượng Na, cần thêm một lượng KCl sao cho nồng độ trong dung dịch đo đạt 2 mg/ml; Khi định lượng Ca, Fe, Mg cần thêm một lượng KCl để nồng độ trong mẫu đo đạt 0,5 mg/ml;

V. Tiến hành

V.1 Chuẩn bị dung dịch chuẩn

Chuẩn bị các dung dịch nền chứa lần lượt 4 trên 5 nguyên tố kim loại đa lượng chính (Na, K, Ca, Mg, Fe) và các nguyên tố vi lượng với nồng độ tương đương như trong nước ngầm (TCVN 5944-1995, sửa đổi 2002). Thêm một lượng nhỏ axit HCl 10% sao cho nồng độ HCl trong mẫu đo là 0,2%.

Dãy dung dịch chuẩn Na có nồng độ: 0; 0,1; 0,25; 0,5; 1; ppm được chuẩn bị từ dung dịch chuẩn thứ cấp, thêm một lượng dung dịch KCl và dung dịch nền không chứa Na đến thể tích cần thiết (10 ml).

Dãy dung dịch chuẩn K có nồng độ: 0; 0,1; 0,5; 1; 1,5; 2 ppm được chuẩn bị từ dung dịch chuẩn thứ cấp, thêm một lượng dung dịch NaCl và nền không chứa K đến thể tích cần thiết (10 ml).

Dãy dung dịch chuẩn Ca có nồng độ: 0; 0,1; 0,5; 1; 1,5; 2 ppm được chuẩn bị từ dung dịch chuẩn thứ cấp, thêm một lượng dung dịch KCl và dung dịch nền không chứa Ca đến thể tích cần thiết (10 ml).

Dãy dung dịch chuẩn Fe có nồng độ: 0; 0,1; 0,5; 1; 1,5; 2 ppm được chuẩn bị từ dung dịch chuẩn thứ cấp, thêm một lượng dung dịch KCl và dung dịch nền không chứa Fe đến thể tích cần thiết (10 ml).

Dãy dung dịch chuẩn Mg có nồng độ: 0; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8ppm được chuẩn bị từ dung dịch chuẩn thứ cấp, thêm một lượng dung dịch KCl và dung dịch nền không chứa Mg đến thể tích cần thiết (10 ml).

V.2 Đo cường độ hấp thụ của các nguyên tố Na, K, Fe, Mg, Ca trên máy quang phổ phổ hấp thụ nguyên tử

Tiến hành đo cường độ hấp thụ nguyên tử của từng nguyên tố theo các điều kiện sau:

Thông số của thiết bị AAS	Na	K	Fe	Mg	Ca
Vạch hấp thụ cộng hưởng (nm)	589	766,5	248,3	285,2	422,7
Cường độ dòng đèn (mA)	2,0	6,0	8,0	2,0	5,0
Khe sáng (nm)	0,8	0,8	0,2	1,2	1,2
Thời gian đo tích phân (giây)	5	5	5	5	5
Chiều cao đầu đốt mm	4-11	5-10	5-11	5-10	5-9

Đo cường độ hấp thụ của từng nguyên tố trong dung dịch chuẩn và dung dịch blank không chứa nguyên tố đó để loại trừ sai số do nền mẫu đóng góp. Mẫu được đo trong cùng điều kiện với dung dịch chuẩn.

V.4 Dựng đường chuẩn

Căn cứ vào các kết quả đo độ phát xạ hoặc độ hấp thụ, đường chuẩn sẽ được thiết lập trong phần mềm của thiết bị; Độ tuyến tính của đường chuẩn đạt được trong khoảng nồng độ từ 0,1 đến 2 ppm đối với phép xác định K, Ca, và Fe và từ 0,1 đến 1 ppm đối với Na và Mg; Kết quả phân tích được tính toán tự động từ đường chuẩn trong phần mềm WinAAS.

V.5 Tính toán kết quả

Hàm lượng từng nguyên tố đa lượng trong mẫu được tính theo công thức sau:

$$X = C_M \times K$$

Trong đó :

X : Hàm lượng của nguyên tố M (M đại diện cho một trong các nguyên tố đa lượng trong mẫu nước dưới đất Na, K, Fe, Mg, Ca) tính bằng ppm hay mg/l

C_M : Nồng độ nguyên tố M (mg/l hay ppm)

K : Hệ số pha loãng (nếu có)

VI. Độ đúng của kết quả

Hàm lượng từng nguyên tố từ < 0,1 ppm đến < 0,5 ppm, độ lệch chuẩn của các phép đo mẫu song song là 10%;

Hàm lượng từng nguyên tố từ 0,5 ppm đến 2 ppm, độ lệch chuẩn của các phép đo mẫu song song là 5%;

ĐỊNH LƯỢNG MỘT SỐ NGUYÊN TỐ VI LƯỢNG TRONG MẪU NƯỚC NGẦM BẰNG PHƯƠNG PHÁP QUANG PHỔ HẤP THỤ NGUYÊN TỬ KHÔNG NGỌN LỬA

I. Phạm vi áp dụng

Quy trình này được áp dụng cho việc xác định một số vết nguyên tố vi lượng trong các mẫu nước ngầm (Cd, V, Tl, Cu, Pb, Cr, Ti và As) bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử với kỹ thuật nguyên tử hoá không ngọn lửa.

Khoảng giới hạn nồng độ định lượng đối với việc xác định các nguyên tố đa lượng kể trên là 0,1-10 µg/l (ppb). Giới hạn phát hiện đối với các nguyên tố đó trong khoảng 0,01-0,05 ppb với sai số không quá 20%.

II. Nguyên tắc của phương pháp

Mẫu sau khi lọc qua phễu lọc màng xốp (kích thước lỗ 0,45 µm) được đưa vào cốc đo trên khay mẫu của thiết bị bơm mẫu tự động. Bơm sẽ đưa lượng mẫu cần thiết vào lò graphit cùng với chất cải biến hoá học có nồng độ thích hợp (NH_4NO_3 hoặc $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$ hoặc $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ hoặc $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$). Mẫu được nguyên tử hoá trong ống graphit đặt trong lò nung gia nhiệt nhờ cặp điện cực. Đo cường độ hấp thụ của từng nguyên tố ở trạng thái hơi tại bước sóng xác định, từ đó tính hàm lượng nguyên tố đó theo phương pháp đồ thị chuẩn hoặc thêm chuẩn.

III. Thiết bị, dụng cụ, hoá chất

III.1 Thiết bị, dụng cụ

Máy quang phổ hấp thụ nguyên tử (VARIO-6 - Analytik Jena)

Bơm mẫu tự động (Autosampler MPE50)

Cuvet graphit

Khí trơ Ar

Bơm hút chân không (GAST DOA-P725-BN, USA)

Thiết bị tinh chế nước “siêu sạch” SG (điện trở 18 MΩ);

Dụng cụ thuỷ tinh: bình định mức 10 ml, các loại pipet chia vạch 1/20

Phễu lọc chân không, màng lọc 0,45 µm

Chai nhựa PE, PP 50 và 100 ml;

III.2 Hoá chất

Dung dịch tiêu chuẩn gốc của các nguyên tố Cd, V, Tl, Cu, Pb, Cr, Ti và As 1000 µg/ml (ppm) dùng cho phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử; Các dung dịch chuẩn thứ cấp (100 ppm, 10 ppm, 1ppm được pha loãng từ dung dịch gốc với nước cất tinh khiết và thêm một lượng nhỏ axit HNO_3 sao cho nồng độ trong dung dịch đạt 0,1%).

NH_4NO_3 , $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, tinh khiết phân tích;

Các axit HCl, HNO_3 tinh khiết phân tích;

IV. Mẫu và xử lý mẫu

Mẫu sau khi thu từ hiện trường (theo TCVN 6000-1995), lập tức được axit hoá đến $\text{pH} \leq 1$ (bằng HCl 1:3) để tránh keo tụ, đánh số, ký hiệu và chuyển ngay về phòng thí nghiệm; Bảo quản mẫu trong chai PE ở nhiệt độ 20°C; Tiến hành lọc mẫu dùng phễu hút chân không và màng lọc 0,45 μm ; Những mẫu đã lọc được chia theo yêu cầu phân tích, mã hoá và đem phân tích ngay. Trong trường hợp cần bảo quản, lưu mẫu theo TCVN 5993-1995.

Mẫu được pha loãng thích hợp với nước cất tinh khiết và thêm axit HNO_3 sao cho nồng độ axit trong nền mẫu 0,1% đối với tất cả các trường hợp.

V. Tiến hành

V.1 Chuẩn bị dung dịch chuẩn

Chuẩn bị các dung dịch nền chứa các nguyên tố kim loại đa lượng chính (Na, K, Ca, Mg, Fe) và các nguyên tố vi lượng còn lại (trừ nguyên tố cần xác định) với nồng độ tương đương như trong nước ngầm (TCVN 5944-1995, sửa đổi 2002). Thêm một lượng nhỏ axit HNO_3 10% sao cho nồng độ HNO_3 trong mẫu đo là 0,1%.

Dung dịch chuẩn từng nguyên tố Cu, Cd, V, Tl, Pb, Zn, Cr, Ti và As 20 $\mu\text{g/l}$ hay 20 ppb được chuẩn bị trong dung dịch nền, thêm một lượng nhỏ axit HNO_3 10% rồi đưa vào vị trí xác định trong thiết bị bơm mẫu tự động (Autosampler). Dung dịch pha loãng là dung dịch nền (không chứa nguyên tố cần xác định) và chất cải biến hoá học phù hợp, với nồng độ thích hợp cho từng nguyên tố (ví dụ khi xác định Zn, dùng $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$ 20 $\mu\text{g/ml}$, còn khi định lượng Cu cần thêm NH_4NO_3 20 mg/ml , hay phải thêm hỗn hợp $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$ + Axit Ascorbic (20 $\mu\text{g/ml}$ + 10 $\mu\text{g/ml}$) cho phép xác định Pb, Cd,...) cũng được đưa vào các vị trí xác định trong thiết bị bơm mẫu tự động. Đặt chế độ bơm mẫu sao cho các điểm chuẩn thoả mãn thứ tự nồng độ như sau: 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 10 $\mu\text{g/l}$ (ppb). Thể tích mỗi phép đo là 20 μl .

Khi đo, bơm sẽ tự động đưa thể tích dung dịch cần thiết vào cuvet graphit.

V.2 Đo cường độ hấp thụ của các nguyên tố trên máy quang phổ hấp thụ nguyên tử dùng kỹ thuật nguyên tử hoá không ngọn lửa

Lần lượt đo từng nguyên tố cần xác định trong dung dịch chuẩn và dung dịch nền không chứa nguyên tố đó để loại trừ sai số do nền mẫu đóng góp. Mẫu được đo trong cùng điều kiện với dung dịch chuẩn. Các thông số kỹ thuật chính của thiết bị được ghi trong bảng sau. Tuy nhiên khi sử dụng thiết bị bơm mẫu tự động cũng cần lưu ý khi chọn độ sâu của đầu tip đưa mẫu vào cuvet graphit.

Căn cứ vào độ hấp thụ đo được trên thiết bị quang phổ hấp thụ nguyên tử, đường chuẩn được dựng nhờ phần mềm WinAAS của thiết bị. Nồng độ của nguyên tố cần xác định được tính toán tự động từ đường chuẩn trên phần mềm điều khiển thiết bị.

Nguyên tố	Thông số kỹ thuật chính						
	Bước sóng cực đại (nm)	Dòng đèn Catốt (mA)	Độ rộng khe sáng (nm)	Nhiệt độ sấy mẫu Tốc độ tăng nhiệt độ	Nhiệt độ tro hoá mẫu Tốc độ tăng nhiệt độ	Nhiệt độ nguyên tử hoá Tốc độ tăng nhiệt độ	Nhiệt độ làm sạch cuvet Năng nhiệt độ từng bậc
Cu	324,8	3	0,8	120°C 15°C/s	805°C 400°C/s	1800°C 1500°C/s	2200°C 1100°C
Pb	217,0	8	0,5	120°C 15°C/s	450°C 100°C/s	1350°C 2000°C/s	2000°C 1000°C
Zn	213,9	4	0,8	120°C 15°C/s	1000°C 500°C/s	1500°C 2000°C/s	2000°C 1000°C
Cd	228,8	4	0,8	105°C 10°C/s	300°C 300°C/s	1200°C 2000°C/s	1600°C 1000°C
Tl	276,79	4	0,8	105°C 15°C/s	400°C 300°C/s	2000°C 2000°C/s	2200°C 1100°C/s
As	193,7	8	0,8	100°C 20°C/s	300 °C 300 °C/s	2050 °C 1500 °C/s	2200 °C 1100 °C/s
V	318,54	10	0,8	150°C 50°C/s	1350 °C 400 °C/s	2650 °C 2200 °C/s	2700 °C 1500 °C/s
Cr	357,87	8	0,4	150°C 50°C/s	1200 °C 500 °C/s	2500 °C 2000 °C/s	2600 °C 1200 °C/s
Ti	365,35	10	0,4	150°C 25°C/s	1200 °C 500 °C/s	2600 °C 2200 °C/s	2700 °C 1500 °C/s

V.3 Tính toán kết quả

Hàm lượng nguyên tố M (đại diện cho một trong các nguyên tố cần xác định) trong mẫu được tính theo công thức sau:

$$X = C_M \times K$$

Trong đó :

X : Hàm lượng của nguyên tố M tính bằng µg/l (ppb)

C_M : Nồng độ của nguyên tố M trong dung dịch phân tích tính từ đường chuẩn (µg/l hay ppb)

K : Hệ số pha loãng (nếu có)

VI. Độ đúng của kết quả

Hàm lượng từng nguyên tố từ < 0,05 ppb đến < 0,5 ppb, độ lệch chuẩn của các phép đo mẫu song song là 20%;

Hàm lượng từng nguyên tố từ 0,5 ppb đến < 5 ppb, độ lệch chuẩn của các phép đo mẫu song song là 10%;

Hàm lượng từng nguyên tố từ 5 ppb đến 10 ppb, độ lệch chuẩn của các phép đo mẫu song song là 5%;

KẾT LUẬN CHUNG

So với mục tiêu và nội dung nghiên cứu đã đề ra ban đầu, đề tài “*Nghiên cứu đánh giá mức độ nhiễm bẩn nước ngầm Hà Nội do Asen và các kim loại nặng gây ra*”, đã thực hiện đầy đủ tất cả các phần việc được đăng ký, kết quả của đề tài có thể được tóm tắt như sau:

1. Đã thu thập tổng số 120 mẫu nước ngầm (nước dưới đất) tại các địa điểm khảo sát nằm trong khu vực Đông-Nam Hà Nội trong mùa khô và mùa mưa tại 5 địa điểm (độ sâu của các giếng khoan khác nhau theo yêu cầu nghiên cứu khảo sát); Đã dùng thiết bị định vị vệ tinh ghi lại tọa độ các điểm thu mẫu, và số liệu này được đưa vào hồ sơ của mẫu, bên cạnh địa danh hành chính;
2. Đã chọn lựa được các phương pháp phân tích hiện đại phù hợp với các cấp hàm lượng của hầu hết các ion kim loại nặng và arsen có trong mẫu; Thực hiện các nghiên cứu phân tích đối chứng, phân tích mẫu chuẩn so sánh quốc tế để đảm bảo thu được độ đúng cao cho bộ số liệu phân tích;
3. Đã tiến hành xây dựng 04 bộ quy trình phân tích thành phần các nguyên tố đa lượng và vi lượng trong các mẫu nước ngầm; Đã áp dụng các quy trình vừa xây dựng để định lượng các nguyên tố đa lượng và vi lượng trong toàn bộ 120 mẫu thu được từ hiện trường;
4. Đã hoàn chỉnh bộ số liệu phân tích hàm lượng các nguyên tố đa lượng và vi lượng đối với toàn bộ số mẫu thu thập được từ các địa điểm nghiên cứu khảo sát với hồ sơ mẫu đầy đủ, rõ ràng; Bộ số liệu này có thể sử dụng như một tài liệu tham khảo cho các nghiên cứu đánh giá sau này;
5. Trên cơ sở các số liệu phân tích, việc đánh giá khảo sát độ nhiễm bẩn của nước ngầm tại các địa điểm thuộc khu vực Đông Nam Hà Nội đã được thực hiện theo từng điểm địa lý hành chính, theo mùa, cũng như tìm hiểu được mối tương quan giữa hàm lượng các nguyên tố kim loại nặng và arsen tại địa điểm đó (kết luận nghiên cứu đánh giá trang 67-68);
6. Lần đầu tiên, việc nghiên cứu xây dựng quy trình định lượng As(III) vô cơ trong nước ngầm được thực hiện, và quy trình được áp dụng để định lượng As(III) trong toàn bộ 120 mẫu nước ngầm; tỉ lệ hàm lượng As(III) / As tổng số cũng được tính toán, và kết quả thực nghiệm đóng góp vào kết luận về tính chất môi trường nước ngầm của khu vực Đông-Nam Hà Nội: *môi trường khử*;
7. Hội thảo khoa học của đề tài đã được tổ chức với phần nội dung phong phú của báo cáo tổng kết và các báo cáo chuyên đề; Các đại biểu được mời dự đã đóng góp nhiều ý kiến đánh giá, phân tích sâu sắc, làm rõ nét thành công của đề tài (biên bản Hội thảo trong phần phụ lục);
8. Kiến nghị với các cấp quản lý: nên tiếp tục mở rộng mô hình nghiên cứu cho địa bàn toàn thành phố để có thể thu được những bộ số liệu đầy đủ về thành phần các nguyên tố kim loại nặng trong nước ngầm toàn vùng Hà Nội;

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Arsenic Contamination in GroundWater Affecting Some Countries in the South-East Asia Region, Provisional Agenda item 9, SEA/RC54/8, 3 July 2001;
- [2] M.Berg, "Arsenic in drinking Water-Vietnam, new Focus of Attention", *EAWAG News* **53**, 12-14;
- [3] Environmental Chemistry of Arsenic, Edit. W.Frankenberger, 2001;
- [4] P. L. Smedley and D. G. Kinniburgh, "Source and behaviour of arsenic in natural waters", *Chapter 1*, British Geological Survey, Wallingford, Oxon OX10 8BB, U.K. (và các tài liệu tham khảo trong tài liệu này).
- [5] Arsenic Contamination of Groundwater, Uton Muchtar Rafei, Regional Director, WHO South-East Asia Region, Volume II : 1997 - 2000.
- [6] Arsenic in drinking water, World Health Organization (WHO), Fact sheet N°210, Revised May 2001.
- [7] K.Christen, "The Arsenic Threat worsen", *EAWAG News* **54**;
- [8] Jonathan Lifland, "Northern Vietnam Drinking Water Contains Dangerous Arsenic Levels, Journal of the American Chemical Society", 2001-07-06
- [9]. Researcher Warn of Impending Disaster from Mass Arsenic Poisoning, Press Release WHO/55, 8 September, 2000.
- [10] Willard R. Chappell, Colorado University, Denver, CO, "Arenic Poisoning: A Problem of Environmental Health with Global Scale";
- [11] Phạm Xuân Sứ và các cộng sự, "Nghiên cứu xác định sự tồn tại, nguồn gốc, quy luật phân bố của Arsen trong đất và nước ở thành phố Hà nội. Đề xuất hệ thống giải pháp phòng ngừa ảnh hưởng của arsen đến sức khoẻ của nhân dân", Báo cáo tổng hợp đề tài, Cục Thủy lợi, Bộ NN và PTNT, 2004;
- [12] Nguyễn Khắc Hải và các cộng sự, "Tình hình ô nhiễm Arsen trong nguồn nước ngầm tại 3 xã Hoà Hậu, Vĩnh Trụ, Bồ Đề-Hà Nam", Kỷ yếu Hội thảo "Những vấn đề Khoa học và Công nghệ liên quan đến ô nhiễm Arsen-Hiện trạng, ảnh hưởng đến sức khoẻ và công nghệ xử lý", Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG Hà Nội, 11/2004, trang 34-42;
- [13] Tong Ngoc Thanh, "Arsenic Pollution in Groundwater in the Red River Delta, Geological Survey of Vietnam, Annual Report, 2003;
- [14] Nguyễn Văn Đản, "Kết quả điều tra địa chất thủy văn ở lãnh thổ Hà Nội và những kiến nghị thực hiện tiếp theo", Báo cáo Khoa học, Liên Đoàn ĐCTV-ĐCCT Miền Bắc, tháng 8 năm 2001
- [15] "Diễn biến môi trường nước dưới đất đồng bằng sông Hồng", Tài liệu của Bộ môn Địa chất Thủy văn, Trường Đại học Mỏ-Địa chất, 1997;
- [16] Berg et al. *Environ. Sci. Technol.*, 2001, **35** (13), 2621-2626 "Arsenic Contamination of Groundwater and Drinking water in Vietnam: A Human Health Threat";

- [17] W.Giger, *et al.*, *Chimia*, 2003, **57**, No 9, 529-536 “Environmental Analytical Research in Northern Vietnam-A Swiss-Vietnamese Cooperation Focusing on arsenic and Organic Contaminants in aquatic Environment and Drinking Water”;
- [18] Determination of metals in natural and treated waters, Editor T.R.Crompton, Publishing House , 2002;
- [19] H. Harms, “Phát triển phương pháp sinh học để phát hiện arsen theo kiểu giấy thử”; J.R.Meer, “Công nghệ chế tạo sensor sinh học sử dụng tế bào vi khuẩn”, Kỷ yếu Hội thảo khoa học “Xác định ô nhiễm arsen trong nước ngầm bằng phương pháp sinh học sử dụng vi khuẩn chỉ thị”, Hà Nội 26-27 tháng 10 năm 2005;
- [20] Groundwater Contamination: Field methods, ASTM Special Technical Publication 963, Editors: A.G.Collins, A.I.Johnson, 1991;
- [21] M.Berg *et al.*, “Overview on Arsenic Pollution of Groundwater”, Workshop on “Biosensors for Monitoring Arsenic in Water”, Hanoi, Oct.19-20, 2005;
- [22] Hoàng Đức Lực, “Sử dụng kỹ thuật đồng vị trong nghiên cứu nước ngầm ở đồng bằng sông Hồng”, Báo cáo Khoa học, năm 2002.

PHẦN PHỤ LỤC

1. Báo cáo tổng kết kinh phí thực hiện đề tài.
2. Kết quả phân tích kiểm tra 10 mẫu nước ngầm do phòng thí nghiệm công cụ Viện Hoá học Vô cơ và Phân tích, Đại học Freie Berlin thực hiện.
3. Chứng chỉ công nhận tham gia phân tích Intercomparison.
4. Biên bản Hội thảo Khoa học.

VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM
VIỆN CÔNG NGHỆ XẠ HIỂM

BÁO CÁO TỔNG KẾT KINH PHÍ
THỰC HIỆN ĐỀ TÀI CẤP BỘ 2004-2005


1. Tên đề tài: *Nghiên cứu đánh giá mức độ nhiễm bẩn nước ngầm Hà nội do Asen và các kim loại nặng gây ra*
2. Chủ nhiệm đề tài: TS. Nguyễn Thị Kim Dung
3. Thời gian thực hiện đề tài: 19 tháng, từ tháng 6/2004 đến tháng 12/2005
4. Tổng kinh phí từ ngân sách được cấp: **250.000.000 đồng**
5. Kinh phí tiết kiệm để chi thường xuyên: **4.280.000 đồng** (năm 2004)
6. Kinh phí được sử dụng: **245.720.000 đồng**

GIẢI TRÌNH CHI TIẾT

(Tính theo VNĐ)

Thứ tự	Nội dung	Dự toán được duyệt	Quyết toán	Ghi chú
1	Thuê khoán chuyên môn	91.000.000	89.400.000	
2	Nguyên, vật liệu, năng lượng	67.500.000	68.525.100	
3	Máy móc, thiết bị	50.500.000	49.670.910	
4	Xây dựng, sửa chữa nhỏ	0		
5	Chi khác	41.000.000	38.123.990	
Cộng		250.000.000	245.720.000	

Kế toán
(Ký tên, Ghi rõ họ tên)



Nguyễn Thị Bích Ngọc

Chủ nhiệm đề tài
(Ký tên, Ghi rõ họ tên)



Nguyễn Thị Kim Dung

Dr. Hellmut Bischoff

Freie Universität Berlin,
Institut für Anorganische und Analytische Chemie
Fabeckstr. 34-36, 14195 Berlin



Analytical Results

Requested by Contract on Sample Analysis, number : 05-12/HDTK

Sample name: Groundwater Samples

Units: µg/L (ppb)

Analytical Techniques: ICP-AES and ICP-MS

Elem.	GW01	GW02	GW03	GW04	GW05	GW06	GW07	GW08	GW09	GW10
Li	1.87	1.31	2.31	2.30	2.69	1.79	1.83	2.02	9.00	8.30
Be	0.097	0.046	0.089	0.046	0.095	0.034	0.029	0.021	0.095	0.035
B	16.48	8.92	17.48	9.90	18.01	11.56	23.13	17.75	14.20	11.80
Na	3460	4188	4830	5750	6599	6890	16850	20900	30400	35210
Mg	16420	18290	17490	18860	19890	20500	15510	15350	8600	8970
Al	0.530	0.890	0.590	1.030	5.980	0.495	1.110	0.800	7.100	4.900
K	2870	3045	3980	3930	4300	4210	3900	2810	6.000	5.800
Ca	81340	87550	88710	97440	85250	91600	82600	87000	27800	32200
Sc	1.700	3.04	1.60	2.90	1.50	2.90	1.30	2.20	2.10	3.00
Ti	0.990	1.08	0.93	1.10	1.00	1.25	0.86	0.90	1.80	4.10
V	0.490	0.26	0.13	0.14	0.12	0.13	0.18	0.19	0.59	0.90
Cr	0.810	0.87	0.70	0.77	0.86	0.88	0.64	0.66	1.20	3.20
Mn	401.9	478.4	278.6	303.0	301.0	342.0	136.0	147.0	62.9	63.0
Fe	5880.000	6260	6720	7150	6280	6530	10620	11820	10800	13500
Co	0.300	0.330	0.270	0.250	0.230	0.240	1.250	1.430	1.600	1.900
Ni	0.890	0.660	1.010	1.030	1.990	2.330	1.810	1.750	4.000	4.300
Cu	0.310	0.320	1.200	1.300	3.500	2.000	0.320	0.360	0.650	0.800
Zn	33.300	35.300	1.800	2.100	67.200	114.000	1.700	1.720	1.900	1.950
Ga	6.500	6.600	8.240	7.730	9.630	8.850	28.700	29.300	21.620	21.690
As	106.000	124.4	182.0	205.0	205.0	223.0	350.0	362.0	98.8	117.0
Se	0.171	0.188	0.170	0.260	0.200	0.260	0.170	0.270	0.260	0.870
Sr	395.000	434	433	459	490	493	330	349	195	205
Zr	0.036	0.410	0.022	0.340	0.077	0.280	0.017	0.430	0.032	0.330
Mo	2.310	2.29	3.42	3.54	3.63	3.64	5.53	4.83	3.10	3.20
Ag	0.040	0.019	0.025	0.019	0.038	0.023	0.099	0.025	0.013	0.019
Cd	0.027	0.400	0.008	0.150	0.012	0.190	0.010	0.300	0.034	0.096
Sn	0.390	0.850	0.310	0.830	0.299	0.680	0.280	1.200	0.110	0.510
Sb	0.450	0.54	0.22	0.59	0.28	0.82	0.39	1.30	0.56	1.10
Ba	151.000	166	192	193	193	210	522	630	328	332
W	0.060	0.280	0.046	0.300	0.043	0.240	0.100	0.600	0.180	0.500
Hg	0.089	0.810	0.088	0.860	0.081	0.800	0.061	0.590	0.062	0.270
Tl	0.003	0.030	0.002	0.026	0.003	0.028	0.030	0.070	0.017	0.016
Pb	0.680	0.910	0.770	0.850	1.470	0.790	0.630	0.280	0.280	0.410
Th	0.042	0.064	0.032	0.036	0.035	0.089	0.012	0.040	0.025	0.026
U	0.065	0.075	0.130	0.360	0.009	0.023	0.006	0.005	0.007	0.004

Head of Instrumentation Lab.
(Trưởng phòng Phân tích công cụ)

[Signature]
Hellmut Bischoff

December 15th, 2005

ARS 17-20: Arsenic Reference Samples

Interlaboratory Quality Evaluation (IQE)

Certificate of Participation

December 14, 2005

This is to certify that the following laboratory participated in the international ARS 17-20 Interlaboratory Quality Evaluation for arsenic and other trace elements in water samples.

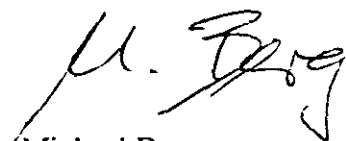
Center for Analytical Chemistry and Environment

Dr. Nguyen Thi Kim Dzung

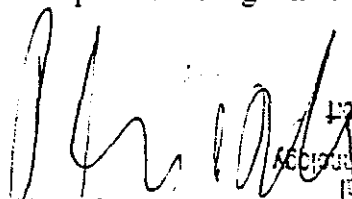
Institute for Technology of Radioactive & Rare Elements
48 Lang Ha Street
Hanoi, Viet Nam
Tel +84-4-776 32 25

Laboratory Nr: "S"

The results of this laboratory and all other participants are graphically presented in the original "Report to Participants" issued in October 2005. This report should be accessible together with this confirmation. Electronic copies can be requested through the e-mail address given below.



Michael Berg
Head of Contaminant Hydrology
Laboratory



Rolf Kipfer
Head of Water Resources and
Drinking Water Department

EAWAG, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology
Dept. Water Resources and Drinking Water
Ueberlandstrasse 133, CH-8600 Duebendorf (Zurich), Switzerland

E-mail: michael.berg@eawag.ch
Tel. ++41-1-823 5078, Fax ++41-1-823 5028



This IQE is organized by the Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology (EAWAG) in the frame of the ongoing cooperation of Vietnam and Switzerland in arsenic related surveys and research.

BIÊN BẢN HỘI THẢO KHOA HỌC ĐỀ TÀI CẤP BỘ

Mã số BO/04/03-10

Tên đề tài: *Nghiên cứu đánh giá mức độ nhiễm bẩn nước ngầm Hà Nội do Arsen và các kim loại nặng gây ra*

Chủ nhiệm đề tài: TS. Nguyễn Thị Kim Dung

Đơn vị thực hiện: Trung tâm Phân tích, Viện Công nghệ Xạ Hiếm

Danh sách cán bộ thực hiện đề tài:

Nguyễn Thị Kim Dung	TS, Hoá phân tích
Chu Văn Vĩnh	TS, Hoá phân tích
Trần Đức Hiến	KSC, Hoá phân tích
Phạm Ngọc Khải	CN, Hoá phân tích
Trần Thị Ngọc Diệp	CN, Hoá phân tích
Đỗ Văn Thuấn	KTV, Hoá phân tích
Huỳnh Văn Trung	PGS, TS Hoá phân tích

Tham gia hội thảo : tổng số 32 người bao gồm các khách mời, các cán bộ nghiên cứu và các cán bộ quản lý thuộc Viện Công nghệ Xạ Hiếm

Khách mời :

- KS Bùi Văn Mật, Giám đốc Công ty Kinh doanh nước sạch thành phố Hà Nội;
- Th.S Ngô Ngọc Anh, Trưởng phòng Chất lượng Nước;
- Th.S Vũ Minh Nguyệt, Phó Trưởng phòng Chất lượng Nước;
- TS Đặng Thị Minh Ngọc, chủ nhiệm khoa Sinh Hoá, Viện Y học Lao động và Vệ sinh Môi trường, Bộ Y tế;

Chủ toạ hội thảo : KS Phạm Quang Trung, Phó Viện trưởng,
Viện Công nghệ Xạ Hiếm

Thư ký hội thảo : KSC Trần Đức Hiến, Trung tâm Phân tích

Thời gian hội thảo : ngày 18 tháng 4 năm 2006

Địa điểm hội thảo : Phòng họp tầng 1, Viện CNXH

Nội dung hội thảo :

1. KS Phạm Quang Trung, chủ trì hội thảo tuyên bố lý do, giới thiệu đại biểu tham dự và giới thiệu các báo cáo trong chương trình hội thảo;
2. TS. Nguyễn Thị Kim Dung, chủ nhiệm đề tài báo cáo kết quả thực hiện đề tài cấp bộ trong hai năm 2004-2005 gồm tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước về As và các kim loại nặng trong các đối tượng nước môi trường, đặc biệt là nước ngầm; yêu cầu của đề tài; các nội dung đã đăng ký, các nội dung nghiên cứu đã được thực hiện;

3. CN Trần Thị Ngọc Diệp, thành viên của đề tài trình bày báo cáo chuyên đề “Định lượng As(III) và As(V) trong mẫu nước ngầm bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử với kỹ thuật hydrua hoá”;
4. CN Phạm Ngọc Khải, thành viên của đề tài trình bày báo cáo chuyên đề “Định lượng As tổng trong các mẫu nước ngầm bằng phương pháp ICP-MS, kỹ thuật xử lý mẫu để đảm bảo độ chính xác cao”;
5. Thảo luận của các đại biểu sau khi nghe các báo cáo tổng kết và các báo cáo chuyên đề. Các ý kiến của đại biểu, khách mời và phần trao đổi của nhóm thực hiện đề tài được ghi lại tóm tắt dưới dạng các ý kiến và trao đổi.

Chủ tọa nhận định : Đề tài thực hiện đáp ứng một phần nhu cầu bức xúc của cuộc sống và là vấn đề khá nhạy cảm của xã hội đối với các cơ quan quản lý nguồn nước sạch của thành phố Hà Nội.

Ý kiến 1: Vấn đề cần quan tâm là As có trong nước ngầm Hà Nội có nguồn gốc từ địa tầng hay nhiễm bẩn từ trên xuống. Vấn đề giảm thiểu nếu do nhiễm bẩn từ tác động của con người, nếu do cấu tạo địa tầng thì không nên có tác động làm biến đổi nhiều hơn, vấn đề nghiên cứu giải quyết là lâu dài để có thể xử lý chúng. Trong thực tế, sau khi xử lý lọc qua giàn phun để loại sắt, nồng độ As đã giảm, nhưng mức độ là bao nhiêu phần trăm? Vấn đề gây bệnh cho con người xảy ra thế nào, bệnh gì, mức độ ra sao, tích tụ bao nhiêu thì gây bệnh. Công ty kinh doanh nước sạch Hà Nội đã rất cố gắng đảm bảo nguồn cấp nước sạch cho sinh hoạt, rất mong sự phối hợp nghiên cứu của các nhà khoa học và cộng tác giải quyết những tồn tại mà một đơn vị kinh doanh không đủ công cụ giải quyết như vấn đề nhiễm bẩn As đối với nguồn nước ngầm Hà Nội.

Trao đổi: Trong khuôn khổ nghiên cứu của đề tài, sau khi khảo sát ở các tầng khai thác nước khác nhau, thấy rằng hàm lượng As trong các tầng nước này là tương tự nhau, thậm chí có mẫu thu ở độ sâu hơn lại cho giá trị cao hơn, như vậy chắc chắn nguồn gốc gây nhiễm bẩn là do địa tầng khu vực nam Hà Nội, chưa thấy biểu hiện ngấm bẩn từ tầng trên xuống ở khu vực nghiên cứu này đối với As, nhưng với một số kim loại nặng như Mn, Pb, có hiện tượng nhiễm bẩn do hoạt động của con người; Theo một số nghiên cứu trước đây, sau khi lọc sắt qua giàn phun, nồng độ As trong nước ngầm giảm đáng kể; Hiện tượng gây bệnh do As hiện vẫn còn đang nghiên cứu và thông qua một số biểu hiện lâm sàng, các chuyên gia của Viện Y học Lao động và Vệ sinh Môi trường bước đầu kết luận được là do dùng nước bị nhiễm As lâu năm, tuy nhiên chưa chứng minh được phần bệnh học, sẽ tiếp tục nghiên cứu và có kết luận chi tiết sau khi thực hiện đề tài cấp nhà nước về các bệnh liên quan đến dùng nước chứa hàm lượng As cao; Cho tới nay, trung tâm Phân tích đang là đối tác của công ty trong việc định lượng As trong các mẫu nước ngầm, hy vọng sẽ tiếp tục

là đối tác tin cậy của công ty trong tương lai để góp phần phục vụ tốt hơn nhu cầu của nhân dân thành phố, đảm bảo chất lượng nguồn cấp nước sạch cho xã hội;

Ý kiến 2: Trong việc đảm bảo độ tin cậy của các kết quả thí nghiệm phân tích, phòng kỹ thuật của Công ty kinh doanh nước sạch Hà Nội chúng tôi thực sự gặp khó khăn do cùng một mẫu gửi, nhưng kết quả mỗi nơi một khác, nên lựa chọn phương pháp phân tích của các đối tác là khá nan giải.

Trao đổi: Thực tế mỗi phương pháp định lượng đều có sai số nhất định. Tuy nhiên để so sánh các kết quả định lượng từ nhiều cơ sở phân tích khác nhau, trước hết là phải chia mẫu theo đúng quy chuẩn và có mẫu chuẩn, mẫu lặp kèm theo để sau khi nhận kết quả phân tích có thể kết luận và đánh giá được độ đúng của mỗi phép phân tích. Trung tâm Phân tích của Viện CNXH đã và đang nhận phục vụ kiểm tra hàm lượng As trong nhiều mẫu nước ngầm cho công ty kinh doanh nước sạch Hà Nội. Hy vọng sẽ tiếp tục nhận được sự hợp tác tin cậy của cơ quan các bạn.

Ý kiến 3: Viện Y học Lao động và Vệ sinh Môi trường chúng tôi đang có đề tài nhà nước mong muốn được hợp tác với các đồng chí bên này, và chúng tôi cũng lựa chọn phương pháp phân tích ICP-MS. Tuy nhiên còn chưa rõ ảnh hưởng của nền chất hữu cơ có trong mẫu đến kết quả phân tích ra sao. Do nền hữu cơ sau xử lý sẽ có thành phần khác nhau, có thể khắc phục được không ?

Trao đổi: Phương pháp ICP-MS dùng nhiệt độ rất cao, từ 6000 đến 7000 °K ở được plasma để chuyển hoàn toàn mẫu đo dạng dung dịch thành ion, do vậy nên các chất hữu cơ không gây ảnh hưởng đến kết quả định lượng. Mặt khác, nếu cần phải chuyển hoá chất hữu cơ từ mẫu, chúng tôi dùng lò vi sóng để thực hiện quá trình vô cơ hoá, không còn nền chất hữu cơ, và vì vậy không còn yếu tố ảnh hưởng của nền.

Ý kiến 4: Nên có bảng so sánh kết quả phân tích As với các nhóm nghiên cứu của các đề tài trước đây đã công bố.

Trao đổi: Do các nhóm nghiên cứu trước đây không lấy mẫu từ các mũi khoan của cơ quan cung cấp nước sạch thành phố nên không thể so sánh được.

Ý kiến 5: Cách đây 10-15 năm, Trung tâm Phân tích đã nghiên cứu và sản xuất thành công bộ tạo hydroa hoá lắp cho máy AAS để phân tích Hg và As, và cho kết quả rất tốt ngay từ khi các hệ máy hiện đại chưa được lắp đặt tại Viện. Đề tài nên cố gắng nghiên cứu sự tương quan giữa As và các nguyên tố khác vì đây là những nghiên cứu rất hay. Dựa trên các nghiên cứu này có thể suy đoán hàm lượng của As thông qua các kim loại khác hoặc ngược lại. Các con số phân tích cần có thêm giá trị sai số thì các số liệu đó mới có ý nghĩa.

Trao đổi: Thực tế khi nghiên cứu đề tài này, chúng tôi đã cố gắng đi tìm mối tương quan của hàm lượng As với hàm lượng các nguyên tố kim loại khác trong nền mẫu nước ngầm, tuy nhiên để tính toán và đưa thành các hàm số toán học thì cần

phải tiếp tục nghiên cứu sâu hơn và mở rộng khu vực nghiên cứu rộng hơn để thu được số liệu thống kê đầy đủ hơn, trên cơ sở đó mới có thể xây dựng được các hàm tương quan. Với các mẫu chuẩn và so sánh với mẫu chuẩn, chúng tôi đều có đưa giá trị độ lệch chuẩn vào bên cạnh giá trị mẫu. Trên cơ sở phân tích các mẫu chuẩn để thu được khoảng giá trị đúng của phương pháp định lượng, chúng tôi tiến hành phân tích hàng loạt mẫu thu được từ hiện trường.

Không có câu hỏi gì thêm

6. Chủ tọa tổng kết hội thảo lúc 17 giờ 00, kết luận về kết quả của Hội thảo và cảm ơn các vị khách mời đã đến dự và phát biểu các ý kiến đóng góp cho đề tài và nhóm thực hiện đề tài. Đề tài đã thực hiện tốt những yêu cầu về nội dung như đề ra ban đầu.

Thư ký hội thảo



Trần Đức Hiên