

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ Y TẾ

TRƯỜNG ĐẠI HỌC Y DƯỢC HẢI PHÒNG

NGUYỄN THỊ MINH NGỌC

**THỰC TRẠNG Ô NHIỄM MỘT SỐ KIM LOẠI NẶNG
TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC, THỰC PHẨM,
SỨC KHỎE DÂN CỐ Ở MỘT KHU VỰC VEN BIỂN
HẢI PHÒNG VÀ THỬ NGHIỆM GIẢI PHÁP CAN THIỆP**

LUẬN ÁN TIẾN SỸ

HẢI PHÒNG - 2020

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ Y TẾ

TRƯỜNG ĐẠI HỌC Y DƯỢC HẢI PHÒNG

NGUYỄN THỊ MINH NGỌC

**THỰC TRẠNG Ô NHIỄM MỘT SỐ KIM LOẠI NẶNG
TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC, THỰC PHẨM,
SỨC KHỎE DÂN CỐ Ở MỘT KHU VỰC VEN BIỂN
HẢI PHÒNG VÀ THỬ NGHIỆM GIẢI PHÁP CAN THIỆP**

Chuyên ngành : Y tế công cộng

Mã số : 62720301

LUẬN ÁN TIẾN SỸ

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

1. PGS.TS. Hồ Anh Sơn
2. PGS.TS. Phạm Văn Hán

HẢI PHÒNG - 2020

LỜI CAM ĐOAN

Đây là công trình nghiên cứu của tôi, có sử dụng một phần số liệu tại khu vực Hải Phòng của đề tài cấp quốc gia “*Nghiên cứu thực trạng ô nhiễm một số yếu tố hóa học, sinh học trong môi trường đến sức khỏe cộng đồng vùng ven biển, hải đảo miền Bắc và đề xuất giải pháp can thiệp*” (Mã số: KC10.06/16-20) do Trường Đại học Y Dược Hải Phòng chủ trì và GS.TS. Phạm Văn Thức là chủ nhiệm đề tài.

Một số kết quả đã được công bố trên tạp chí khoa học chuyên ngành với sự đồng ý của đồng tác giả phù hợp với các quy định hiện hành. Các số liệu, thông tin tham khảo chứng minh và so sánh từ các nguồn khác đã được trích dẫn theo đúng quy định.

Tôi xin cam đoan các số liệu, kết quả trong luận án là do tôi thực hiện, trung thực và chính xác.

Hải Phòng, ngày 20 tháng 8 năm 2020

Tác giả luận án

Nguyễn Thị Minh Ngọc

LỜI CẢM ƠN

Trong quá trình học tập và thực hiện luận án này, tôi đã nhận được sự giúp đỡ, hỗ trợ, tạo điều kiện của nhiều đơn vị, các thầy, cô giáo, đồng nghiệp, bạn bè và người thân trong gia đình.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến Ban Giám hiệu, Phòng Đào tạo sau đại học, Khoa Y tế công cộng, Bộ môn Sức khỏe môi trường- Khoa Y tế công cộng, Phòng Quản lý khoa học; giảng viên, cán bộ các Khoa/Phòng, Trung tâm của Trường Đại học Y Dược Hải Phòng luôn hỗ trợ, giúp đỡ, tạo điều kiện cho tôi trong suốt quá trình học tập và hoàn thành luận án.

Tôi xin trân trọng bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới PGS.TS. Phạm Văn Hán, PGS.TS. Hồ Anh Sơn, những người thầy giúp tôi lựa chọn, định hướng, trực tiếp hướng dẫn tôi trong suốt quá trình học tập cũng như hoàn thành luận án này.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn đến Ban chủ nhiệm đề tài KC10.06/16-20, các thành viên tham gia đề tài, đặc biệt GS.TS. Phạm Văn Thức- chủ nhiệm đề tài, PGS.TS. Nguyễn Văn Ba, TS. Nguyễn Văn Chuyên cùng các cán bộ, giảng viên, kỹ thuật viên của Viện Quân y 103, Viện Nghiên cứu Y dược học quân sự, Bộ môn Vệ sinh Quân đội, Học viện Quân y; Lãnh đạo Sở Y tế, Bệnh viện đa khoa Huyện Thủy Nguyên, Trung tâm Y tế huyện Thủy Nguyên, lãnh đạo, cán bộ y tế và nhân dân xã Tam Hưng và thị trấn Minh Đức, Thủy Nguyên, thành phố Hải Phòng; sinh viên đa khoa, y học dự phòng và các đồng nghiệp trường Đại học Y Dược Hải Phòng đã tích cực hỗ trợ, ủng hộ và phối hợp với cán bộ điều tra trong quá trình thu thập số liệu thực địa.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới gia đình và người thân đã luôn động viên, hỗ trợ về vật chất và tinh thần để tôi yên tâm học tập và nghiên cứu. Xin chân thành cảm ơn bạn bè, đồng nghiệp đã động viên, khích lệ tôi hoàn thành luận án.

Xin trân trọng cảm ơn!

Hải Phòng, ngày 20 tháng 8 năm 2020
Tác giả

Nguyễn Thị Minh Ngọc

DANH MỤC CÁC CHỮ, KÝ HIỆU VIẾT TẮT

STT	Phần viết tắt	Phần viết đầy đủ
1.	ADD/ADI	Average daily dose/ Acceptable Daily Intake (<i>Liều tiêu thụ trung bình hàng ngày</i>)
2.	ALA	Axít Delta-aminolevulinic dehydratase
3.	BW	Body weight (<i>trọng lượng cơ thể</i>)
4.	CSF	Cancer slope factor (<i>Yếu tố độ dốc ung thư</i>)
5.	DMA	Dimethylarsinic
6.	ED	Exposure dose (<i>Liều phơi nhiễm</i>)
7.	EDI, EWI, EMI	Lượng tiêu thụ trung bình hàng ngày, hàng tuần hoặc hàng tháng
8.	EF	Exposed frequency (<i>Tần suất phơi nhiễm</i>)
9.	GHCP HI	Giới hạn cho phép Hazard index (<i>Chỉ số tác động</i>)
10.	HQ	Hazard quotient (<i>Thương số nguy cơ</i>)
11.	CR	Cancer Risk (<i>Nguy cơ gây ung thư</i>)
12.	KLN	Kim loại nặng
13.	Min	Minimum (<i>giá trị nhỏ nhất</i>)
14.	Max	Maximum (<i>giá trị lớn nhất</i>)
15.	MMA	Monomethylarsonic (<i>Axit monomethylarsonic</i>)
16.	n QCVN	Số lượng Quy chuẩn Việt Nam
17.	RfD	Reference dose (<i>Liều tham khảo</i>)
18.	TB	Trung bình
19.	TCCP	Tiêu chuẩn cho phép
20.	TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam
21.	THCS	Trung học cơ sở
22.	THPT	Trung học phổ thông
23.	USEPA	United State Environmental Protection Agency (<i>Cơ quan Bảo vệ môi trường Hoa Kỳ</i>)
24.	WHO	World Health Organization (<i>Tổ chức Y tế Thế giới</i>)

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
DANH MỤC CÁC CHỮ, KÝ HIỆU VIẾT TẮT	iii
DANH MỤC BẢNG	vii
DANH MỤC HÌNH.....	ix
ĐẶT VẤN ĐỀ	1
Chương 1: TỔNG QUAN.....	3
1.1 Ô nhiễm một số yếu tố kim loại nặng trong môi trường nước, thực phẩm khu vực ven biển	3
1.1.1 Một số khái niệm về ô nhiễm môi trường.....	3
1.1.2 Kim loại nặng, nguồn gốc, chuyển hóa trong tự nhiên và ảnh hưởng của chúng đến sức khỏe	4
1.1.3 Thực trạng ô nhiễm kim loại nặng trong nước, thực phẩm trên thế giới và Việt Nam.....	8
1.2 Cơ cấu bệnh tật và nguy cơ phơi nhiễm KLN ở cư dân vùng ven biển....	14
1.2.1 Một số khái niệm	14
1.2.2 Cơ cấu bệnh tật khu vực ven biển trên thế giới và Việt Nam.....	15
1.2.3 Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do sử dụng nước, rau và thủy sản nhiễm kim loại nặng.....	21
1.3 Giải pháp loại bỏ kim loại nặng trong nguồn nước	27
1.3.1 Trên thế giới.....	27
1.3.2 Tại Việt Nam.....	32
Chương 2: ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	37
2.1 Đối tượng nghiên cứu	37
2.1.1 Môi trường	37
2.1.2 Thực phẩm	37

2.1.3 Người dân.....	37
2.2 Địa điểm, thời gian nghiên cứu.....	38
2.2.1 Địa điểm nghiên cứu.....	38
2.2.2 Thời gian nghiên cứu.....	38
2.3 Phương pháp nghiên cứu.....	38
2.3.1 Thiết kế nghiên cứu: Nghiên cứu gồm 2 giai đoạn.....	38
2.3.2 Cỡ mẫu và chọn mẫu nghiên cứu.....	39
2.3.3 Nội dung nghiên cứu.....	45
2.4 Sai số và cách khống chế sai số.....	59
2.5 Xử lý số liệu.....	60
2.6 Đạo đức nghiên cứu.....	61
Chương 3: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU.....	63
3.1 Thực trạng ô nhiễm một số kim loại nặng trong môi trường nước, thực phẩm ở khu vực ven biển huyện Thủy Nguyên, Hải Phòng năm 2017-2018.....	63
3.1.1. Hàm lượng kim loại nặng trong đất nông nghiệp.....	63
3.1.2. Hàm lượng kim loại nặng trong nước.....	63
3.1.3. Hàm lượng kim loại nặng trong rau ở khu vực nghiên cứu.....	64
3.1.4. Hàm lượng kim loại nặng trong thủy sản nuôi trồng.....	67
3.2 Thực trạng cơ cấu bệnh tật và nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe dân cư do thâm nhiễm kim loại nặng tại địa điểm nghiên cứu.....	69
3.2.1 Thực trạng bệnh tật của người dân khu vực nghiên cứu.....	69
3.2.2 Hàm lượng kim loại nặng trong máu, nước tiểu của đối tượng nghiên cứu.....	72
3.2.3 Mối liên quan giữa thâm nhiễm kim loại nặng và sức khỏe của đối tượng nghiên cứu.....	75
3.2.4 Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do tiêu thụ thực phẩm và nước nhiễm kim loại nặng.....	78

3.3	Kết quả thử nghiệm lọc kim loại nặng bằng than hoạt tính.....	85
3.3.1	Kết quả thử nghiệm loại bỏ kim loại nặng tại phòng thí nghiệm ...	85
3.3.2	Kết quả thử nghiệm loại bỏ kim loại nặng tại thực địa	89
	Chương 4: BÀN LUẬN.....	91
4.1	Thực trạng ô nhiễm một số kim loại nặng trong môi trường khu vực ven biển Thủy Nguyên, Hải Phòng.....	91
4.1.1	Hàm lượng kim loại nặng trong đất nông nghiệp.....	91
4.1.2	Hàm lượng kim loại nặng trong nước.....	93
4.1.3	Hàm lượng kim loại nặng trong rau ở khu vực nghiên cứu.....	95
4.1.4	Hàm lượng kim loại nặng trong thủy sản	97
4.2	Thực trạng bệnh tật và nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe dân cư liên quan đến thâm nhiễm kim loại nặng tại khu vực nghiên cứu.....	102
4.2.1.	Thực trạng bệnh tật của người dân khu vực nghiên cứu	102
4.2.2.	Hàm lượng kim loại nặng trong máu, nước tiểu của đối tượng nghiên cứu.....	104
4.2.3.	Mối liên quan giữa ô nhiễm môi trường và sức khỏe người dân khu vực nghiên cứu.....	106
4.2.4.	Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do tiêu thụ nước và thực phẩm nhiễm kim loại nặng.....	107
4.3	Kết quả loại bỏ kim loại nặng trong nước bằng than hoạt tính than dầu	112
4.3.1	Kết quả thử nghiệm trong phòng thí nghiệm.....	112
4.3.2	Kết quả thử nghiệm tại thực địa.....	116
	KẾT LUẬN	119
	KHUYẾN NGHỊ.....	120
	TÀI LIỆU THAM KHẢO	
	PHỤ LỤC	

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1.	Phân bố lượt khám theo chương bệnh ở người dân trong 5 năm... 18
Bảng 1.2.	Phân bố lượt khám theo chương bệnh ở Hải Phòng trong 5 năm ... 19
Bảng 1.3.	Phân bố tỷ lệ lượt khám theo chương bệng của người dân Thủy Nguyên trong 5 năm 20
Bảng 1.4.	Ưu nhược điểm của các kỹ thuật xử lý kim loại nặng..... 29
Bảng 2.1.	Đặc tính độc học của các kim loại nặng nghiên cứu 55
Bảng 3.1.	Hàm lượng kim loại nặng trong đất nông nghiệp 63
Bảng 3.2.	Hàm lượng kim loại nặng trong nước bề mặt 63
Bảng 3.3.	Hàm lượng kim loại nặng trong nước giếng 64
Bảng 3.4.	Hàm lượng kim loại nặng trong rau 64
Bảng 3.5.	Hàm lượng KLN trong rau theo nhóm 65
Bảng 3.6.	Hàm lượng kim loại nặng từng loại rau 66
Bảng 3.7.	Hàm lượng KLN trong một số mẫu thủy sản nuôi 67
Bảng 3.8.	Thông tin chung về đối tượng nghiên cứu..... 69
Bảng 3.9.	Phân bố tỷ lệ mắc một số bệnh thường gặp theo giới..... 70
Bảng 3.10.	Tỷ lệ mắc bệnh ở xã Tam Hưng và thị trấn Minh Đức theo chương bệnh trong 5 năm 71
Bảng 3.11.	Hàm lượng kim loại nặng trong máu và nước tiểu..... 72
Bảng 3.12.	Phân bố Asen thành phần trong nước tiểu..... 73
Bảng 3.13.	Phân bố hàm lượng Asen niệu theo giới..... 73
Bảng 3.14.	Phân bố ALA niệu theo giới 74
Bảng 3.15.	Phân bố hàm lượng Pb máu theo giới..... 74
Bảng 3.16.	Phân bố thâm nhiễm KLN theo giới..... 74
Bảng 3.17.	Mối liên quan giữa tỷ lệ mắc bệnh thường gặp với thâm nhiễm KLN..... 75
Bảng 3.18.	Mối liên quan giữa một số triệu chứng nhiễm độc với thâm nhiễm KLN..... 76

Bảng 3.19.	Phân bố chỉ số hoá sinh máu theo thắm nhiễm kim loại nặng ...	77
Bảng 3.20.	Liều ước lượng KLN đưa vào cơ thể qua đường uống/ngày	78
Bảng 3.21.	Thương số nguy cơ HQ do tiêu thụ thực phẩm ở nam giới.....	79
Bảng 3.22.	Thương số nguy cơ HQ do tiêu thụ thực phẩm ở nữ giới	80
Bảng 3.23.	Chỉ số tác động (HI) do tiêu thụ thực phẩm nhiễm KLN theo giới...	81
Bảng 3.24.	Nguy cơ ung thư ước tính do nước nhiễm Asen.....	82
Bảng 3.25.	Nguy cơ ung thư ước tính do nước nhiễm chì	83
Bảng 3.26.	Nguy cơ ung thư ước tính do nước nhiễm cadimi	83
Bảng 3.27.	Nguy cơ ung thư ước tính do nước nhiễm crom.....	84
Bảng 3.28.	Nguy cơ ung thư do tiêu thụ thủy sản nhiễm KLN theo giới	84
Bảng 3.29.	Nguy cơ ung thư do tiêu thụ rau nhiễm KLN theo giới	85
Bảng 3.30.	Kết quả lọc As trong nước bằng than hoạt tính sọ dừa và thầu dầu ..	85
Bảng 3.31.	Kết quả lọc Pb trong nước bằng than hoạt tính sọ dừa và thầu dầu ..	86
Bảng 3.32.	Kết quả lọc Cd trong nước bằng than hoạt tính sọ dừa và thầu dầu .	87
Bảng 3.33.	Kết quả lọc Cr trong nước bằng than hoạt tính sọ dừa và thầu dầu...	88
Bảng 3.34.	Kết quả loại bỏ KLN bằng than hoạt tính thầu dầu sau 18 tháng tại thực địa.....	89
Bảng 3.35.	Nguy cơ ung thư ước tính do sử dụng nguồn nước nhiễm KLN trước và sau lọc bằng than hoạt tính thầu dầu	90

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Nguồn gốc, chu trình KLN trong hệ sinh thái đất-nước-không khí .	7
Hình 1.2. Ảnh hưởng của một số KLN chính đến sức khỏe.....	7
Hình 1.3. Nguyên nhân tử vong năm 2016 và dự báo năm 2040	15
Hình 1.4. Tỷ lệ tử vong theo nhóm nguyên nhân theo khu vực	16
Hình 1.5. Tỷ lệ tử vong do bệnh không lây nhiễm theo khu vực năm 2012 ..	16
Hình 1.6. Cơ cấu bệnh tật trong 5 năm 2012-2016.....	17
Hình 1.7. Khung khái niệm về phơi nhiễm đa KLN từ môi trường và sức khỏe	27
Hình 1.8. Các kỹ thuật loại bỏ kim loại nặng trong nước	30
Hình 1.9. Loại bỏ As bằng vật liệu hấp phụ tự nhiên giá thành thấp	31
Hình 1.10. Sơ đồ điểm nghiên cứu.....	35
Hình 2.1. Sơ đồ nghiên cứu.....	62
Hình 3.1. Vị trí ô nhiễm kim loại nặng tại khu vực nghiên cứu	68

ĐẶT VẤN ĐỀ

Ô nhiễm môi trường là vấn đề được quan tâm toàn cầu, đặc biệt ở các nước đang phát triển và khu vực ven biển do ảnh hưởng của quá trình phát triển công nghiệp, nông nghiệp, dịch vụ công cộng như y tế, du lịch và thương mại. Theo báo cáo năm 2016 của Tổ chức Y tế thế giới (WHO), trong năm 2012 toàn cầu có 12,6 triệu trường hợp tử vong (23%) do liên quan ô nhiễm môi trường [1]. Trong các tác nhân gây ô nhiễm môi trường, kim loại nặng là yếu tố ngày càng được quan tâm nghiên cứu vì đây là chất độc, có khả năng tích lũy sinh học, tồn tại bền vững, không phân hủy và có thể gây rủi ro sinh thái. Con người phơi nhiễm với kim loại nặng qua không khí, nguồn nước, thực phẩm hoặc từ hoạt động công nghiệp [2, 3]. Thảm họa Minamata do ô nhiễm thủy ngân hữu cơ tại vịnh Chisso, Nhật Bản là bằng chứng kinh điển về ô nhiễm nước ven biển với nhiều hậu quả nghiêm trọng tới hệ sinh thái và sức khỏe người dân khu vực này đồng thời tiêu tốn chi phí lớn của chính phủ quốc gia này nhằm xử lý môi trường cũng như chăm sóc sức khỏe nạn nhân [4].

Kết quả một số nghiên cứu cho thấy tình trạng ô nhiễm kim loại nặng trong nước, rau và thủy hải sản ở một số khu vực của nước ta. Nguyễn Thị Thu Hiền (2016), Testuro Agusa (2014) đã phát hiện Cd và Pb là chất ô nhiễm chính trong trầm tích bề mặt, lưu vực sông Hồng [5, 6] trong khi As, Cr và Hg cao hơn giới hạn cho phép ở đồng bằng sông Cửu Long [7]. Nguyễn Thị Kim Phượng (2013) đã phát hiện kim loại nặng (As, Cd, Cr, Pb) trong mô sò ở ven bờ Cần Giờ và Lê Quang Dũng (2013) tìm thấy hàm lượng cao ở hào đá, vẹm xanh ở khu ven biển Đồ Sơn-Đình Vũ [8, 9].

Với bờ biển dài 3200 km và 28 tỉnh, thành phố biển, ven biển, môi trường biển có vai trò quan trọng đối với sự phát triển kinh tế xã hội của Việt Nam [10]. Nằm bên sông Bạch Đằng, ở phía Bắc thành phố Hải Phòng với

nhều điều kiện tự nhiên thuận lợi trong phát triển đa dạng về ngành nghề cả nông nghiệp, công nghiệp, tiểu thủ công nghiệp, thủy sản và du lịch, Thủy Nguyên là một huyện ven biển đã và đang được quan tâm khai thác lợi thế về địa lý trong phát triển kinh tế xã hội với việc xây dựng và mở rộng các nhà máy, xí nghiệp sản xuất như sản xuất xi măng, đóng tàu, nhiệt điện,... tiềm ẩn nhiều nguy cơ ảnh hưởng đến môi trường và sức khỏe dân cư. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu nào về ô nhiễm kim loại nặng trong môi trường nước, thực phẩm và sức khỏe người dân ở khu vực này.

Vậy thực trạng ô nhiễm kim loại nặng trong môi trường nước, thực phẩm ở khu vực này hiện nay như thế nào? Cơ cấu bệnh tật và nguy cơ liên quan đến thâm nhiễm kim loại nặng trong môi trường nước, thực phẩm của dân cư ở khu vực này ra sao? Giải pháp nào phù hợp để loại bỏ kim loại nặng trong môi trường nước có hiệu quả? Và liệu có thể loại bỏ kim loại nặng ra khỏi nguồn nước bằng vật liệu dễ kiếm, chi phí thấp để đáp ứng đa số nhu cầu người dân hay không?

Để trả lời những câu hỏi trên, chúng tôi thực hiện đề tài: ***Thực trạng ô nhiễm một số kim loại nặng trong môi trường nước, thực phẩm, sức khỏe dân cư ở một khu vực ven biển huyện Thủy Nguyên Hải Phòng và thử nghiệm giải pháp can thiệp***, với các mục tiêu cụ thể sau:

1. Mô tả thực trạng ô nhiễm một số kim loại nặng trong môi trường nước, thực phẩm tại 2 xã ven biển huyện Thủy Nguyên, Hải Phòng năm 2017-2018.
2. Mô tả cơ cấu bệnh tật và yếu tố nguy cơ do thâm nhiễm kim loại nặng ở người dân tại khu vực nghiên cứu.
3. Thử nghiệm và đánh giá kết quả loại bỏ kim loại nặng trong nước bằng than hoạt tính cây thầu dầu từ 2018-2019.

Chương 1. TỔNG QUAN

1.1 Ô nhiễm một số yếu tố kim loại nặng trong môi trường nước, thực phẩm khu vực ven biển

1.1.1 Một số khái niệm về ô nhiễm môi trường

- Khái niệm ô nhiễm môi trường: Theo Luật Bảo vệ môi trường năm 2014, ô nhiễm môi trường là sự làm thay đổi tính chất lý học, hóa học, sinh vật học của môi trường, vi phạm tiêu chuẩn môi trường đến mức có thể gây hại đến sức khỏe con người, đến sự phát triển của sinh vật hoặc làm suy giảm chất lượng môi trường [11].

- Chất gây ô nhiễm là các chất hóa học, yếu tố vật lý và sinh học khi xuất hiện trong môi trường cao hơn ngưỡng cho phép làm môi trường bị ô nhiễm [10]. Theo WHO, các yếu tố nguy cơ môi trường như ô nhiễm không khí, nước, đất, phơi nhiễm hóa chất, biến đổi khí hậu và tia tử ngoại gây ra hơn 100 bệnh và chấn thương [1].

- *Môi trường ven biển hoặc cửa biển*

Vùng ven biển là vùng chuyển tiếp giữa đất liền và biển, và đại diện cho một trong những khu vực quan trọng nhất của đại dương thế giới. Các hệ sinh thái biển ven bờ, bao gồm cửa sông, thảm cỏ biển, đầm lầy muối, bãi triều, rừng ngập mặn và rạn san hô; cung cấp khoảng 2×10^{10} kg cá tầng đáy và 8×10^9 kg cá biển, chiếm 28% sản lượng cá toàn cầu năm 2013 [12].

- *Kim loại nặng*

Kim loại nặng (KLN) là thuật ngữ dùng để chỉ những kim loại có tỷ trọng lớn hơn 5g/cm^3 so với nước. KLN có thể có nguồn gốc tự nhiên hoặc nhân tạo. KLN được sử dụng rộng rãi trong một số ngành công nghiệp, nông nghiệp, y tế và ứng dụng kỹ thuật. Chúng có thể gây độc với cơ thể sống khi phơi nhiễm ở hàm lượng rất thấp. Dựa vào mức độ đe dọa tức thời đến sức

khỏe con người và môi trường, As, Pb, Cd, Cr và Hg là những KLN được WHO và cộng đồng quan tâm xem xét, nghiên cứu [13]. Vì vậy, nhóm nghiên cứu đi sâu tìm hiểu về các kim loại trên trong môi trường nước, thực phẩm và xem xét mối liên quan với một số chỉ số sức khỏe của cộng đồng dân cư.

1.1.2 Kim loại nặng, nguồn gốc, chuyển hóa trong tự nhiên và ảnh hưởng của chúng đến sức khỏe

1.1.2.1 Asen (As)

Asen, bản chất là á kim nhưng được xếp vào nhóm kim loại nặng dựa trên mức độ độc, luôn được quan tâm trên cả quan điểm sức khỏe cá thể và sinh thái. Con người có thể bị phơi nhiễm Asen từ nguồn tự nhiên, chủ yếu từ hoạt động của núi lửa và hoạt động nhân tạo như nấu chảy kim loại màu, các ngành sản xuất năng lượng từ nhiên liệu hóa thạch; sản xuất thuốc trừ sâu, dịch hại, trừ cỏ, và là thành phần của nhiều hợp kim, chất bảo quản gỗ [14, 15].

Vi khuẩn, tảo, nấm và con người có khả năng methyl hóa hợp chất Asen vô cơ thành axit monomethylarsonic (MMA) và axit dimethylarsinic (DMA).



Asen vô cơ có độc tính mạnh trong khi Asen hữu cơ- có nguồn gốc từ phân hủy cá, hải sản tự nhiên, thường không độc và được đào thải nhanh khỏi cơ thể [16]. Đường xâm nhập chính của As vào cơ thể là qua thức ăn, nước uống; một lượng nhỏ có thể qua đường không khí. Phơi nhiễm Asen ở mức thấp có thể làm giảm sản xuất hồng cầu và bạch cầu, gây buồn nôn, nhịp tim bất thường, cảm giác tê, đau chi và đi lại khó khăn. Phơi nhiễm Asen mãn tính có thể hình thành tổn thương da, bệnh thần kinh, phổi, tăng huyết áp, tim mạch và đái tháo đường [14, 15].

1.1.2.2 Chì (Pb)

Chì trong môi trường có nguồn gốc chính từ hoạt động công nghiệp và các sản phẩm dân dụng, sinh hoạt như pin, sơn,.... Nguồn phơi nhiễm chì là từ thực phẩm và nguồn nước [15, 17, 18]. Cơ quan bảo vệ môi trường Hoa Kỳ

(USEPA) và cơ quan quản lý hóa chất Hoa Kỳ (ATSDR) xếp chì thuộc nhóm chất gây ung thư. Chì gây độc qua cơ chế ion và stress oxy hóa (ROS). Ở nồng độ cao, ROS có thể gây tổn thương cấu trúc tế bào, protein, axit nucleic, màng và lipid, dẫn đến tình trạng stress tế bào cấp [15, 17]. Chì có thể thay thế canxi trong điều hòa picomole, từ đó ảnh hưởng đến protein kinase C, gây kích thích thần kinh và giảm trí nhớ [15]. 95% chì được lắng đọng dưới dạng phốt phát không hòa tan trong xương. Nhiễm độc chì có thể ảnh hưởng cấp tính (gây mất vị giác, đau đầu, tăng huyết áp, đau bụng, rối loạn chức năng thận, mệt mỏi, mất ngủ, viêm khớp, ảo giác và chóng mặt) hoặc mãn tính (gây dị tật bẩm sinh, rối loạn tâm thần, tự kỷ, dị ứng, diễn đạt khó khăn, giảm cân, tăng động, tê liệt, yếu cơ, tổn thương não, tổn thương thận và tử vong) [17, 19].

1.1.2.3 Cadimi (Cd)

Cd được thải vào môi trường từ nguồn tự nhiên (phun trào núi lửa, phong hóa) và hoạt động của con người (khai thác, luyện kim, hút thuốc lá, đốt rác thải đô thị và sản xuất phân bón). Cd được sử dụng, ứng dụng trong pin, bột màu, nhựa và sơn kim loại, mạ điện. Theo ATSDR, Cd là kim loại nặng độc hại thứ bảy [15, 20].

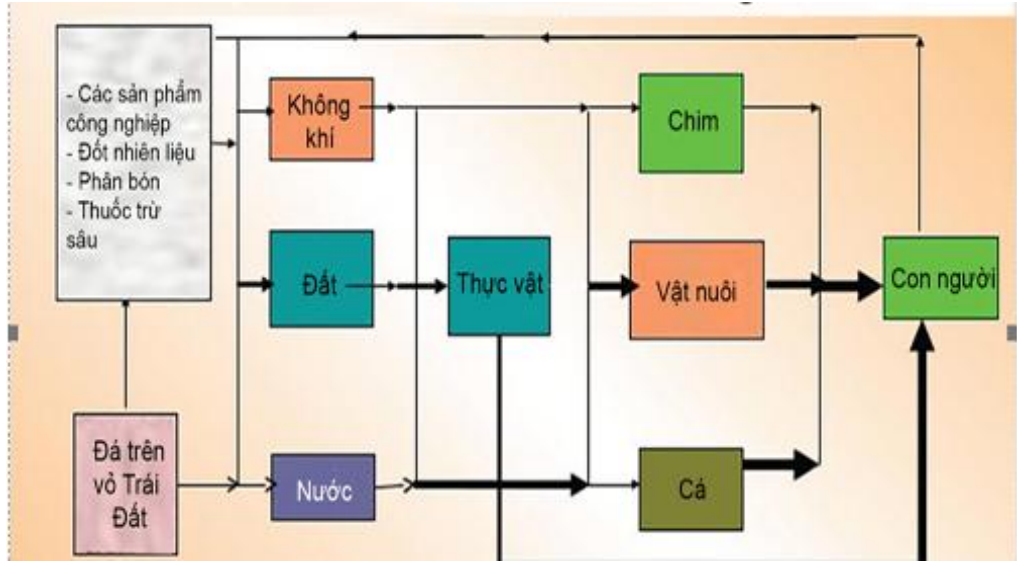
Cd có khả năng liên kết với cystein, glutamate, histidine và aspartate và gây thiếu sắt. Do có cùng trạng thái oxy hóa, Cd có thể thay thế kẽm có trong metallothionein [15, 21]. Cd có thể gây nhiễm độc cấp tính và mãn tính. Thuốc lá là nguồn nhiễm Cd chính ở người hút thuốc. Do tỷ lệ chuyển từ đất vào cây trồng cao nên rau, hoa quả có thể nhiễm Cd [15, 21, 22]. Phơi nhiễm với Cd có thể gây loãng xương, rối loạn chuyển hóa canxi, tăng canxi niệu, sỏi thận và rối loạn chức năng thận. Phơi nhiễm Cd hàm lượng cao có thể làm kích ứng dạ dày, nôn mửa và tiêu chảy. Cd gây ra tác dụng độc tính thông qua tương tác với chất dinh dưỡng thiết yếu [21, 22].

1.1.2.4 Crôm (Cr)

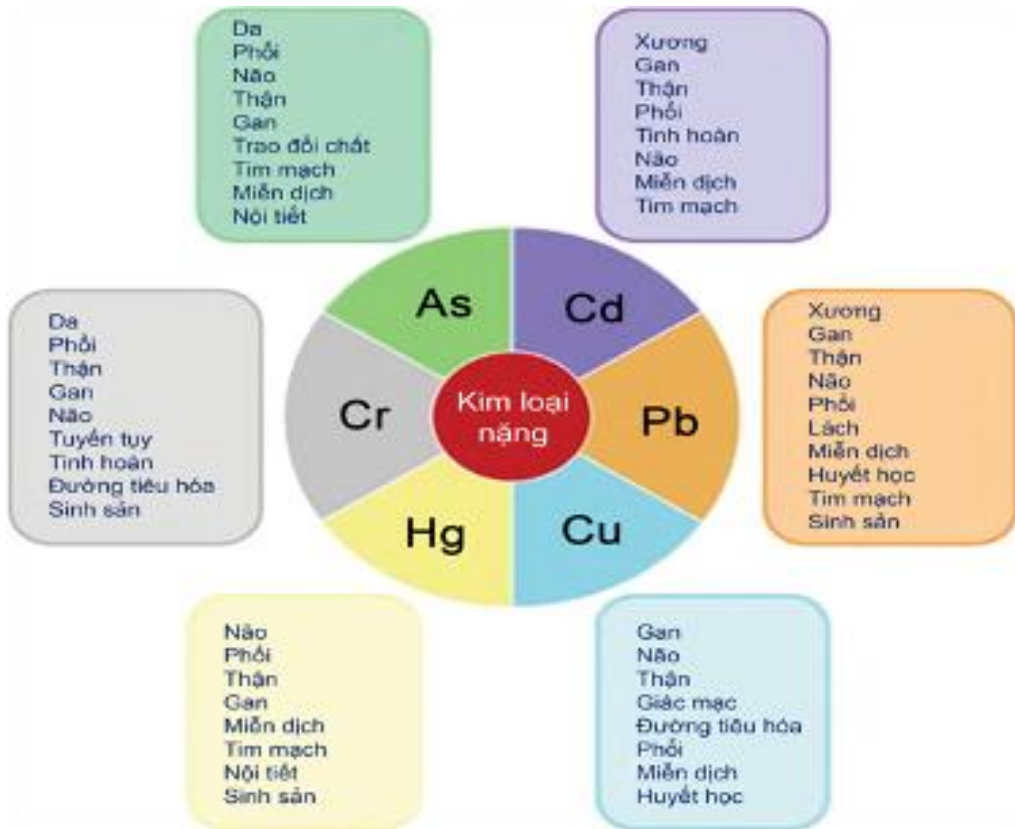
Crôm được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp luyện kim, mạ điện, sản xuất sơn và phẩm màu, thuộc da, bảo quản gỗ; sản xuất hóa chất, giấy và bột giấy... Cr (III) dễ dàng bị oxy hóa thành Cr (VI), cực kỳ độc hại và tan mạnh trong nước. Trong môi trường, Cr (III) hoàn toàn vô hại do tính thấm màng yếu, còn Cr (VI) nguy hiểm hơn nhiều vì có khả năng gây đột biến và dễ dàng xâm nhập tế bào trước khi bị chuyển thành Cr (III). Cr (VI) được cơ quan nghiên cứu ung thư quốc tế xếp vào nhóm chất gây ung thư ở người (nhóm 1) và là tác nhân oxy hóa mạnh; khi bị khử có thể tạo Cr và tetravalent khác. Hợp chất Crôm (VI) (canxi cromat, kẽm cromat, strontium cromat và chì cromat) có độc tính cao và gây ung thư trong tự nhiên. Sự hấp thu hợp chất Crôm (VI) qua đường thở và đường tiêu hóa nhanh hơn so với crôm (III). Phơi nhiễm với lượng Crôm cao hơn có thể gây ức chế hồng cầu [15, 20, 23].

1.1.2.5 Thủy ngân (Hg)

Thủy ngân là một nguyên tố tự nhiên được tìm thấy trong không khí, nước và đất. Tiếp xúc với Hg dù chỉ với một lượng nhỏ có thể gây ra các vấn đề sức khỏe nghiêm trọng và là mối đe dọa đối với sự phát triển của thai nhi trong tử cung và giai đoạn đầu đời. Hg có thể có tác dụng độc đối với hệ thần kinh, tiêu hóa và hệ miễn dịch, cũng như phổi, thận, da và mắt. Thủy ngân được WHO coi là một trong mười hóa chất hoặc nhóm hóa chất quan trọng nhất đối với sức khỏe cộng đồng. Người dân cộng đồng chủ yếu tiếp xúc với methylmercury, một hợp chất hữu cơ, khi tiêu thụ cá và động vật có vỏ có chứa hợp chất này. Ethylmercury được sử dụng làm chất bảo quản trong một số vắc xin và không gây nguy hiểm cho sức khỏe [24, 25].



Hình 1.1. Nguồn gốc, chu trình KLN trong hệ sinh thái đất-nước-không khí [26]



Hình 1.2. Ảnh hưởng của một số KLN chính đến sức khỏe [26]

1.1.3 Thực trạng ô nhiễm kim loại nặng trong nước, thực phẩm trên thế giới và Việt Nam

1.1.3.1 Trên thế giới

- *Ô nhiễm kim loại nặng trong môi trường nước và thủy hải sản*

Khu vực cửa sông, ven biển là nơi có mức độ đa dạng sinh học cao và mang lại nguồn lợi thủy sản lớn cho con người. Tuy nhiên, đây cũng là khu vực có nguy cơ ô nhiễm kim loại nặng cao bởi đặc điểm thủy động lực học và thường tiếp nhận chất thải từ hoạt động sinh hoạt và sản xuất của con người. Việc phát hiện tình trạng nhiễm kim loại nặng trong sinh vật đã làm tăng mối lo ngại về sức khỏe cộng đồng địa phương tại nhiều khu vực cửa sông, ven biển trên thế giới [27]. Hàm lượng KLN trong thủy hải sản, đặc biệt trong cơ và gan đã được nhiều tác giả Châu Á nghiên cứu. Một số nghiên cứu phát hiện hàm lượng KLN trong cá, tôm thường được tiêu thụ ở vịnh Ả rập và Malaysia đều trong giới hạn cho phép quốc gia [28, 29]. Tuy nhiên, nghiên cứu tại Jizan, Ả rập Xê út (2013), đã phát hiện hàm lượng trung bình của KLN trong nước đều vượt giá trị khuyến cáo của WHO/USEPA và giảm dần theo thứ tự $Cr > Pb > As > Cd$ [30].

+ **As**

Musaiger, DSouza (2008) và Agah (2009) khi phân tích hàm lượng KLN trong cá ở Bahrain và trạm vùng biển Iran thuộc vịnh Ả rập, chỉ phát hiện As cao hơn giới hạn cho phép [28, 31].

+ **Pb**

Một số nghiên cứu đã phát hiện hàm lượng Pb ở một số loại thủy hải sản (cá và vỏ bút) dao động từ 0,5-2,31 $\mu\text{g/g}$ trọng lượng ướt, cao hơn giới hạn cho phép quốc gia tại vịnh Ả rập và Đông Nam vịnh California (0,5 $\mu\text{g/g}$ trọng lượng ướt) [32-34].

+ Cd

Hàm lượng Cd được phát hiện cao hơn giới hạn cho phép nhiều lần tùy thuộc từng loại thủy hải sản và vị trí tại Châu Á và Châu Mỹ. Cụ thể, một nghiên cứu ở Đài Loan năm 1995 đã phát hiện hầu như ở khu vực công nghiệp ven biển LuGon có Cd cao gấp 2-5 lần khu vực nguyên sơ không có dấu hiệu ô nhiễm trong khi vỏ bút tại Mexico có hàm lượng rất cao (18,15 $\mu\text{g/g}$ trọng lượng ướt) và gấp 36,34 lần tiêu chuẩn cho phép [27, 34].

+ Cr

Cr trong nước được phát hiện ở giá trị cao nhất trong 4 KLN có hàm lượng vượt giá trị khuyến cáo của WHO/USEPA được nghiên cứu tại Jizan, Ả rập Xê út (2013) [30].

+ Hg

Hg đã được phát hiện trong cá ở một số khu vực, trong đó cao hơn giới hạn cho phép của WHO (0,5 $\mu\text{g/g}$) ở vùng biển Iran, Vịnh Ả Rập năm 2010 trong khi nằm trong giới hạn ở bờ biển phía nam biển Caspi năm 2019 [34]. Hàm lượng thủy ngân trong gan và mô cơ có xu hướng tăng theo kích thước, tuổi và vị trí gần đô thị [36].

- Ô nhiễm kim loại nặng trong thực phẩm (rau, củ quả)

Nghiên cứu về rau, củ quả nhiễm KLN cũng được nhiều nhà khoa học quốc tế quan tâm.

+ As

Nghiên cứu của Yanchun Wang và cộng sự năm 2011, phát hiện hàm lượng trung bình của As trong rau nghiên cứu dao động rộng từ 0,17 - 0,52 mg/kg trọng lượng khô [37]. Hàm lượng KLN cao được xác định ở rau trồng gần khu vực công nghiệp tại Bangladesh (2,28 mg/kg) [38].

+ Pb

Oteef và cộng sự (2015) nghiên cứu tại vùng Aseer, Ả rập Xê út đã phát hiện được hàm lượng Pb trong rau lá, (arugula và rau bina) [39].

+ Cd

Oteef và cộng sự (2015) tại vùng Aseer, Ả rập Xê út chỉ phát hiện được Cd trong rau lá với hàm lượng trung bình giảm dần từ arugula ($0,35 \pm 0,12$ mg/kg) > rau bina > rau diếp/xà lách ($0,28 \pm 0,13$ mg/kg) [39].

Nghiên cứu KLN trong rau ở Rukeya Sawut (2018) ở Tân Cương, Trung Quốc cho thấy Cd là chất gây ô nhiễm chính và gợi ý nguy cơ sinh thái từ trung bình đến nghiêm trọng [40].

+ Cr

Nghiên cứu của Husain ở Dubai, Tiểu vương quốc Ả rập (2020) cho thấy Cr tương đối cao ở rau bina, rau diếp và cà rốt trong khi tương đối thấp ở củ cải và cà tím [41]].

+ Hg

Nghiên cứu KLN trong rau ở Rukeya Sawut (2018) ở Tân Cương, Trung Quốc cho thấy Hg là chất gây ô nhiễm chính và gợi ý nguy cơ sinh thái từ trung bình đến nghiêm trọng [40].

1.1.3.2 Tại Việt Nam

- Ô nhiễm kim loại nặng trong nước và thủy hải sản

+ As

As đã được phát hiện trong nguồn nước tự nhiên, nước sinh hoạt, trầm tích và một số thủy hải sản ở một số khu vực của nước ta. Trần Đức Thạnh và cộng sự đã cảnh báo ô nhiễm KLN trong trầm tích ở vịnh Bái Tử Long, Quảng Ninh [42]. Phạm Long Hải và cộng sự (2016) nghiên cứu tại Hà Nam đã phát hiện hàm lượng As dao động từ 12,8 - 884 $\mu\text{g/L}$ và 83% mẫu nước ngầm có vượt quá khuyến nghị của WHO về nước sinh hoạt (10 $\mu\text{g/L}$) [43]. Tuy nhiên, hàm lượng As trong thủy hải sản có vẻ tương đối khác biệt theo khu vực: rất cao với độ dao động từ 33,82-262,91 $\mu\text{g/g}$ tại Khánh Hòa theo Trần Thị Mai Phương (2012) và cao nhất trong nghêu trắng nuôi ở cửa sông Bạch Đằng, Hải Phòng và hào đá tại 4 điểm ô nhiễm dọc bờ biển Hải Phòng -

Hạ Long [9, 44, 45], nhưng thấp ($< 3 \mu\text{g/g}$ tươi) và ít khác biệt giữa 2 mùa tại Cần Giờ [46].

+ Pb

Hàm lượng Pb ở mức độ trung bình được phát hiện trong trầm tích tại vịnh Bái Tử Long, Quảng Ninh cũng như trong một số loài thủy hải sản tại một số khu vực ở nước ta [42, 44, 47, 48].

Theo Lê Xuân Sinh, khả năng tích lũy của loài nghêu trắng được nuôi ở vùng cửa sông Bạch Đằng, Hải Phòng là rất lớn [45]. Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của Lê Quang Dũng (2013) đã phát hiện Pb cao trong hào đá từ bốn điểm ô nhiễm kim loại dọc bờ biển Hải Phòng - Hạ Long lần lượt [9].

Kết quả khảo sát hàm lượng Pb trong trầm tích và động vật đáy (vẹm xanh nuôi, sò lông) tại vùng đầm Nha Phu, Khánh Hòa cho thấy hầu hết KLN đều nằm trong giới hạn khuyến cáo trong nước và quốc tế [44]. Lê Thị Vinh và cộng sự (2016) nghiên cứu tại Cần Giờ đã phát hiện hàm lượng chì (Pb) $< 3 \mu\text{g/g}$ tươi, ít khác biệt giữa 2 mùa [46].

Võ Văn Minh và Nguyễn Văn Khánh đã phát hiện hàm lượng Pb trong 65% mẫu hến, ngao dầu, vẹm xanh và hào tại cửa sông miền Trung cao hơn GHTĐ vượt TCCP từ 1,3-2,8 lần [47, 48].

+ Cd

Nhiều nghiên cứu đã phát hiện hàm lượng Cd dao động tương đối lớn trong môi trường và nhiều loại thủy hải sản tại một số điểm ở cả 3 miền Bắc, Trung và Nam nước ta. Hàm lượng Cd ở sò lông vùng đầm Nha Phu, Khánh Hòa; trong trầm tích và nhiều loại thủy hải sản có vỏ (hến, ngao dầu, vẹm xanh và hào) ở cửa biển, cửa sông miền Trung và cửa sông, dọc bờ biển Hải Phòng-Hạ Long (hào đá) cao hơn TCCP [44, 47, 48]. Nghiên cứu tại Khánh Hòa của Trần Thị Mai Phương (2012) đã xác định nồng độ Cd trong mô cao hơn vỏ, dao động từ 0,80-6,24 $\mu\text{g/g}$; tuy nhiên, theo Lê Thị Vinh (2016), hàm lượng Cd $< 3 \mu\text{g/g}$ tươi, ít khác biệt theo mùa tại Cần Giờ [44, 46].

+ Cr

Hầu hết các nghiên cứu thực hiện ở cả 3 miền nước ta đã phát hiện được hàm lượng Cr cao ở thủy hải sản có vỏ dày, cứng. Theo Lê Xuân Sinh và Lê Quang Dũng, khả năng tích lũy Cr cao ở nghêu trắng nuôi và hào đá tại khu vực cửa sông Bạch Đằng và dọc bờ biển Hải Phòng-Hạ Long là rất lớn [9, 45]. Trần Thị Mai Phương (2012) và Nguyễn Văn Khánh (2014) đã xác định nồng độ Cr với dao động tương đối lớn (0,12-87,67 $\mu\text{g/g}$) trong hến, ngao dầu, vẹm xanh và hào và cao hơn GHCP tại cửa sông miền Trung và Khánh Hoà [44, 48]. Tuy nhiên, nghiên cứu tại Cần Giờ năm 2016 phát hiện hàm lượng Cr thấp hơn ($< 3 \mu\text{g/g}$ tươi) [46].

- Ô nhiễm KLN trong đất và rau trồng

Sự tích lũy KLN trong môi trường đất và nước canh tác từ hoạt động nông nghiệp không chỉ ảnh hưởng tới sự phát triển của cây trồng mà nghiêm trọng hơn, nó ảnh hưởng tới sức khỏe của con người cũng như các loài động vật thông qua chuỗi thức ăn. Tuy nhiên, chưa có nhiều nghiên cứu về hàm lượng KLN trong đất và rau. Đa số các nghiên cứu quan tâm đến hàm lượng As, Pb và Cd trong đất và rau trồng tại các khu vực nông nghiệp lân cận Hà Nội và một số mỏ kim loại phía Bắc Việt Nam.

+ As

As được xác định trong đất trồng và rau tại một số khu vực canh tác nông nghiệp ở Hà Nội và khu vực lân cận khai thác mỏ ở Bắc Kạn. Nguyễn Thị Mai Hương và cộng sự (2011) nghiên cứu ở vùng canh tác nông nghiệp tại 2 xã của Hà Nội đã phát hiện đa số hàm lượng As trong môi trường đất nằm trong giá trị cho phép của QCVN từ tại một số vị trí quan trắc, hàm lượng As trung bình đạt 76,5 $\mu\text{g/g}$ [49]. Trần Thị Quý và cộng sự (2019) đã phát hiện tích lũy As trong đất và rau trồng tại huyện Phú Xuyên, Hà Nội.

Hàm lượng As biến động trong đất trồng cải dưa, bắp cải, xà lách (rau diếp) từ 0,031-0,159 mg/kg trong khi mức biến động trong hàm lượng As tích lũy ở 3 loại rau trên thấp hơn, từ 0,02-0,04 mg/kg [50]. Theo Bùi Thị Kim Anh (2016), đất đồng rau trong khu vực khai thác mỏ bị nhiễm As và 44,1% mẫu rau tươi có As trung bình cao hơn mức tối đa cho phép theo tiêu chuẩn thực phẩm quốc tế [51].

+ Pb

Pb được phát hiện cao trong đất trồng rau ở một số khu vực lân cận mỏ tại Bắc Kạn. Theo Bùi Thị Kim Anh và Nguyễn Thị Thu Hiền, đất trồng rau trong khu vực khai thác bị nhiễm Pb, cao gấp 8,4 lần QCVN 03-MT: 2015/BTNMT. Pb có xu hướng tích lũy cao trong rau muống (17,3 mg/kg) và 70,6% mẫu rau tươi nghiên cứu có hàm lượng Pb cao hơn mức tối đa theo tiêu chuẩn thực phẩm quốc tế. [51, 52]

+ Cd

Hàm lượng Cd cũng được phát hiện trong đất và rau ở một số nghiên cứu tại Bắc Kạn. Theo Bùi Thị Kim Anh (2016), đất đồng rau trong khu vực khai thác bị nhiễm Cd; nồng độ trung bình của Cd ở rau < GHCP (0,2mg/kg) [51] trong khi Nguyễn Thị Thu Hiền đã phát hiện Cd ở khu vực lân cận mỏ Chợ Điện cao hơn 2,1 lần QCVN và có xu hướng tích lũy cao hơn trong rau ngót (10,8 mg/kg) [52].

+ Cr

Chưa có nhiều nghiên cứu quan tâm đến hàm lượng Cr trong đất và rau. Nguyễn Thị Mai Hương và cộng sự (2011) nghiên cứu ở vùng canh tác nông nghiệp (hoa, rau, cây ăn quả) tại 2 xã của Hà Nội đã phát hiện hàm lượng Cr trong môi trường đất tuy nhiên, giá trị này nằm trong ngưỡng giới hạn cho phép [49].

1.2 Cơ cấu bệnh tật và nguy cơ phơi nhiễm KLN ở cư dân vùng ven biển

1.2.1 Một số khái niệm

1.2.1.1 Sức khỏe

Theo Tổ chức Y tế thế giới (WHO), “Sức khỏe là trạng thái hoàn toàn thoải mái về thể chất, tinh thần và xã hội chứ không chỉ là không có bệnh hay tàn tật” [53].

1.2.1.2 Cơ cấu bệnh tật

Cơ cấu bệnh tật là cách sắp xếp các đặc trưng chủ yếu về tỷ lệ các loại hình bệnh và tật của con người trong một cộng đồng [54].

1.2.1.3 Đánh giá nguy cơ:

Đánh giá nguy cơ (Risk Assessment): Là quá trình tính toán tác động tiềm tàng của một chất nguy hại về mặt hóa học, lý học, vi sinh vật học và sinh lý lên một hệ sinh thái hay một cộng đồng ở điều kiện đặc thù trong một khoảng thời gian nhất định [55, 56].

1.2.1.4 Liều lượng (Dose)

Lượng độc chất đưa vào cơ thể qua các con đường khác nhau tính trên 1 kg thể trọng trong 1 ngày.

1.2.1.5 Phơi nhiễm (Exposure)

Quá trình tiếp xúc với các tác nhân hóa, lý, sinh học từ bên ngoài cơ thể qua các con đường hô hấp, tiêu hóa và tiếp xúc với da.

1.2.1.6 Nguy cơ sức khỏe (Health risk)

Quá trình tính toán với các tác nhân hóa học, sinh học hay vật lý hoặc đánh giá một yếu tố xã hội lên một cộng đồng dân cư trong một số điều kiện cụ thể trong một thời gian nhất định [56].

1.2.1.7 Liều tham chiếu (Reference Dose- RfD)

Giá trị ước tính cho phơi nhiễm hàng ngày (mg/kg/ngày) ở nhóm đối tượng nghiên cứu.

1.2.1.8 Hệ số cancer slope factor (CSF)

Hệ số cancer slope factor được sử dụng để ước tính nguy cơ ung thư do phơi nhiễm với một chất gây ung thư hoặc có khả năng gây ung thư.

1.2.2 Cơ cấu bệnh tật khu vực ven biển trên thế giới và Việt Nam

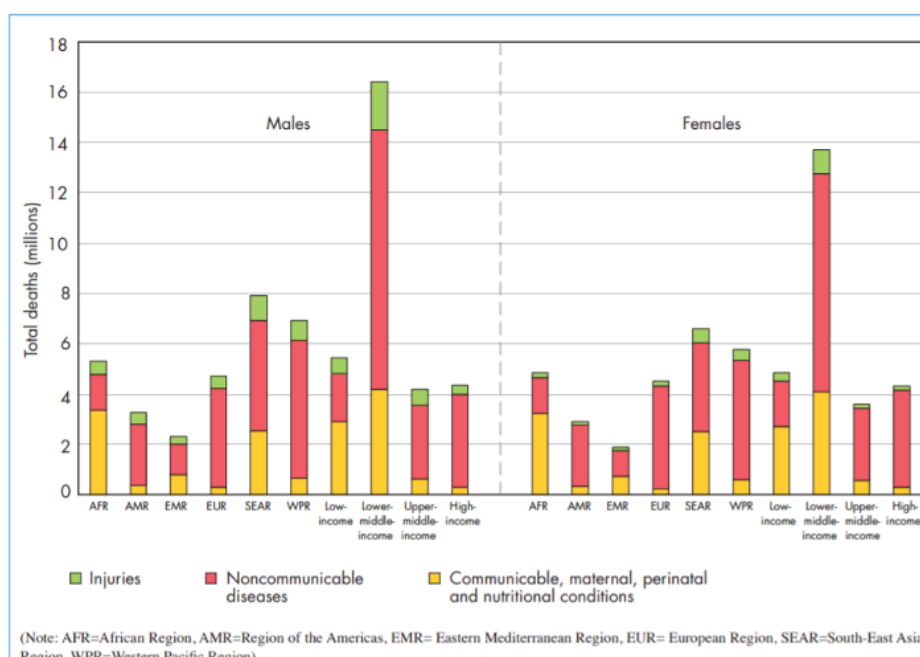
1.2.2.1 Trên thế giới

Theo dự báo của Viện đánh giá y tế quốc tế về nguyên nhân gây tử vong hàng đầu năm 2040 từ số liệu năm 2016, ngoài bệnh tim mạch và đột quỵ vẫn là nguyên nhân thứ 1 và thứ 2, các bệnh không lây nhiễm khác (COPD, Ung thư phổi, Đái tháo đường, thận mạn tính, bệnh Alzheimer) từ vị trí số 9, 13-18 năm 2016 có xu hướng trở thành nguyên nhân gây tử vong hàng 4 -7 và 9 tương ứng. (Hình 1.3)

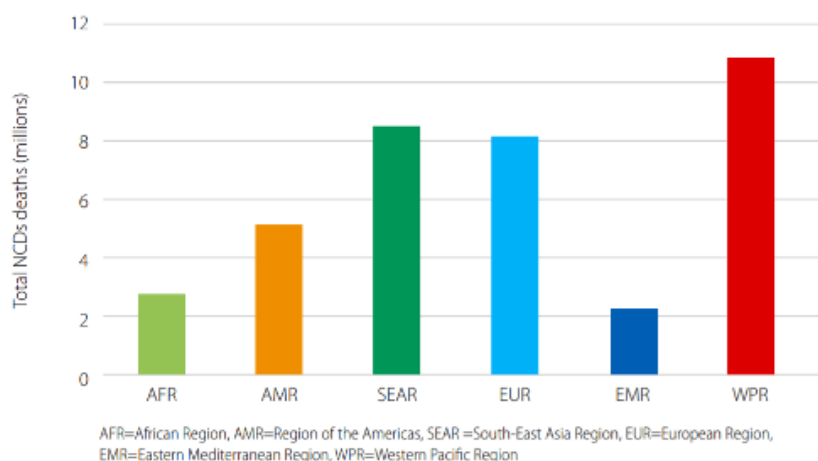


Hình 1.3. Nguyên nhân tử vong năm 2016 và dự báo năm 2040 [57, 58]

Thống kê của WHO và các tổ chức quốc tế về cơ cấu bệnh tật, nguyên nhân gây tử vong hàng đầu trên toàn cầu đều cho thấy xu hướng tăng tỷ lệ mắc, tử vong do các bệnh không lây nhiễm trong khi các bệnh truyền nhiễm có dấu hiệu giảm. Bệnh không lây nhiễm vẫn là gánh nặng lớn nhất trên toàn cầu, đặc biệt ở các nước có thu nhập thấp và trung bình trong đó có Việt Nam [58, 59].



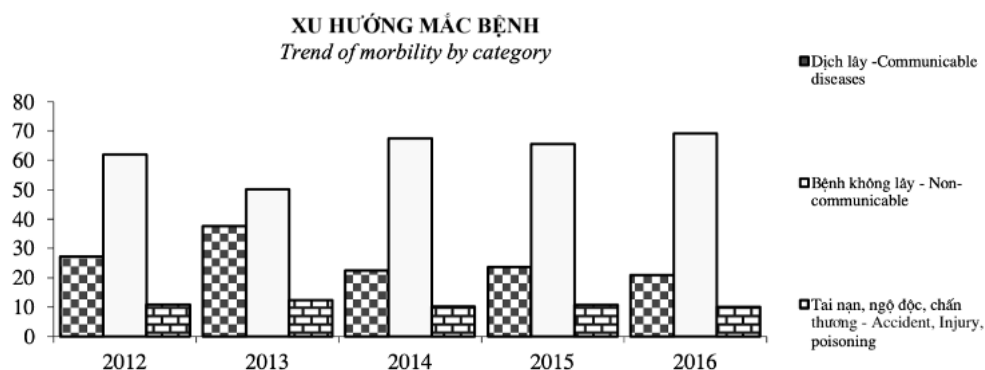
Hình 1.4. Tỷ lệ tử vong theo nhóm nguyên nhân theo khu vực



Hình 1.5. Tỷ lệ tử vong do bệnh không lây nhiễm theo khu vực năm 2012

1.2.2.2 Việt Nam

Tại Việt Nam, cơ cấu các bệnh theo chương vẫn được phân loại 3 nhóm chính là bệnh truyền nhiễm, bệnh không lây và tai nạn ngộ độc. Theo thống kê của Bộ Y tế, trong năm 2016, nhóm bệnh không lây nhiễm vẫn chiếm tỷ lệ cao nhất với 69,1% tăng lên so với năm 2015 là 65,6%. Tỷ lệ mắc các bệnh lây nhiễm là 20,8% giảm so với tỷ lệ 23,6% của năm 2015. Trong 5 năm qua, mô hình bệnh tật vẫn diễn biến theo xu hướng bệnh không lây chiếm 2/3 tổng nguyên nhân bệnh tật, bệnh dịch lây chiếm tỷ lệ trên dưới 1/4, còn lại là tai nạn, ngộ độc, chấn thương (Hình 1.6) [58].



Hình 1.6. Cơ cấu bệnh tật trong 5 năm 2012-2016

Nguồn: Niên giám thống kê y tế, 2012-2016 [60]

Tại Hải Phòng, kết quả bảng 1.1. thống kê số bệnh nhân nhập viện và điều trị nội trú tại bệnh viện đa khoa tuyến 1 trong 5 năm cho thấy, có sự tương đồng về cơ cấu tỷ lệ bệnh nhân nhập viện của huyện Thủy Nguyên, Hải Phòng với cơ cấu chung của thành phố. Các chương bệnh chính có tỷ lệ bệnh nhân khám và nhập viện cao nhất của Hải Phòng và Thủy Nguyên lần lượt là Khô u (21,12-26,31%), Bệnh hệ tiêu hóa (13,67-12,24%), Bệnh hệ tuần hoàn (11,41-10,63%) và Chấn thương, ngộ độc (15%).

Bảng 1.1. Phân bố lượt khám theo chương bệnh ở người dân trong 5 năm (2014-2018)

Chương bệnh	Hải Phòng (n=295.277)		Thủy Nguyên (n=38127)	
	n	%	n	%
I - Bệnh nhiễm khuẩn và ký sinh vật	14700	4,98	1848	4,85
II - Khối u	62350	21,12	10031	26,31
III - Bệnh máu, cơ quan tạo máu, miễn dịch	5163	1,75	1080	2,83
IV - Bệnh nội tiết, dinh dưỡng chuyển hóa	10150	3,44	1049	2,75
VI - Bệnh hệ thần kinh	5170	1,75	534	1,40
VII - Bệnh mắt và phần phụ	8220	2,78	737	1,93
VIII - Bệnh tai và xương chũm	3930	1,33	336	0,88
IX - Bệnh hệ tuần hoàn	36797	12,46	4053	10,63
X - Bệnh hệ hô hấp	19905	6,74	2436	6,39
XI - Bệnh tiêu hóa	40371	13,67	4667	12,24
XII - Bệnh da và mô dưới da	3896	1,32	463	1,21
XIII - Bệnh hệ cơ xương và mô liên kết	9186	3,11	767	2,01
XIV - Bệnh hệ tiết niệu-sinh dục	17952	6,08	2656	6,97
XVIII - Triệu chứng, dấu hiệu bất thường, không phân loại ở nơi khác	7064	2,39	799	2,10
XIX - Chấn thương, ngộ độc	45890	15,54	6054	15,88
Khác	4533	1,54	617	1,62

Nguồn: Sở Y tế Hải Phòng [61]

Theo thời gian, cơ cấu tỷ lệ phân bố lượt khám theo chương bệnh của Hải Phòng qua 5 năm có sự thay đổi. Tuy các chương bệnh chiếm tỷ lệ khám cao nhất qua các năm không có sự thay đổi bao gồm Chương II (Khối U), Chương IX (Bệnh hệ tuần hoàn), Chương XI (Bệnh tiêu hóa), Chương XIX (Chấn thương, ngộ độc), Chương X (Bệnh hô hấp) nhưng có sự thay đổi về xu thế mức Chương IX và Chương XII có xu thế giảm (bệnh chương IX từ 15,60% năm 2014 giảm còn 7,04% năm 2018; bệnh chương XI giảm từ 16,55% năm 2014

còn 11,62% năm 2018), trong đó tỷ lệ mắc Chương X có xu hướng tăng (trung bình 6,7% các năm trước tăng lên 11,65% năm 2018). (Bảng 1.2)

Bảng 1.2. Phân bố lượt khám theo chương bệnh ở Hải Phòng trong 5 năm (2014-2018)

Chương bệnh	Năm	2014 (n=42.217)	2015 (n=54.933)	2016 (n=62.168)	2017 (n=68.345)	2018 (n=67.614)
I- Bệnh NK & KSV		5,39	5,01	4,84	5,09	4,72
II- Khối u		17,51	19,49	21,71	21,32	23,94
III- Bệnh máu, cơ quan tạo máu, miễn dịch		0,93	0,86	1,68	2,26	2,53
IV- Bệnh nội tiết, dinh dưỡng chuyển hóa		4,51	3,62	3,41	3,14	2,94
VI- Bệnh hệ thần kinh		2,02	1,82	1,98	1,70	1,36
VII- Bệnh mắt & phần phụ		3,16	2,69	2,72	2,28	3,19
VIII- Bệnh tai & xương chũm		1,35	1,09	1,16	1,35	1,65
IX- Bệnh hệ tuần hoàn		15,60	12,94	11,80	11,55	7,04
X- Bệnh hệ hô hấp		7,20	6,07	6,49	6,93	11,65
XI- Bệnh tiêu hóa		16,55	14,70	13,87	12,92	11,62
XII- Bệnh da & mô dưới da		1,45	1,20	1,11	1,29	1,55
XIII- Bệnh hệ cơ xương & mô liên kết		3,06	3,61	3,63	2,70	2,67
XIV- Bệnh hệ tiết niệu-sinh dục		5,61	6,23	5,90	6,51	5,98
XVIII- Triệu chứng, dấu hiệu bất thường, không phân loại ở nơi khác		1,28	2,24	1,94	2,94	3,09
XIX- Chấn thương, ngộ độc		12,07	16,79	16,64	16,47	14,74
Khác		2,31	1,63	1,12	1,55	1,34

Nguồn: Sở Y tế Hải Phòng [61]

Kết quả thống kê số bệnh nhân của Thủy Nguyên khám cho tỷ lệ tương tự với Hải Phòng. Các chương bệnh có tỷ lệ khám cao nhất qua các năm không có sự thay đổi bao gồm Chương II (Khối U), Chương IX (Bệnh hệ tuần hoàn), Chương XI (Bệnh tiêu hóa), Chương XIX (Chấn thương, ngộ độc), Chương X (Bệnh hô hấp). (Bảng 1.3)

Bảng 1.3. Phân bố tỷ lệ lượt khám theo chương bệnh của người dân Thủy Nguyên trong 5 năm (2014-2018)

Năm Chương bệnh	2014 (n=5541)	2015 (n=7127)	2016 (n=8139)	2017 (n=8678)	2018 (n=8642)
I - Bệnh NK & KSV	5,39	5,01	4,84	5,09	4,72
II - Khối u	17,51	19,49	21,71	21,32	23,94
III - Bệnh máu, cơ quan tạo máu, miễn dịch	0,93	0,86	1,68	2,26	2,53
IV - Bệnh nội tiết, dinh dưỡng chuyển hóa	4,51	3,62	3,41	3,14	2,94
VI - Bệnh hệ thần kinh	2,02	1,82	1,98	1,70	1,36
VII - Bệnh mắt và phần phụ	3,16	2,69	2,72	2,28	3,19
VIII - Bệnh tai và xương chũm	1,35	1,09	1,16	1,35	1,65
IX - Bệnh hệ tuần hoàn	15,60	12,94	11,80	11,55	7,04
X - Bệnh hệ hô hấp	7,20	6,07	6,49	6,93	11,65
XI - Bệnh tiêu hóa	16,55	14,70	13,87	12,92	11,62
XII - Bệnh da & mô dưới da	1,45	1,20	1,11	1,29	1,55
XIII - Bệnh hệ cơ xương và mô liên kết	3,06	3,61	3,63	2,70	2,67
XIV - Bệnh hệ tiết niệu-sinh dục	5,61	6,23	5,90	6,51	5,98
XVIII - Triệu chứng, dấu hiệu bất thường, không phân loại ở nơi khác	1,28	2,24	1,94	2,94	3,09
XIX - Chấn thương, ngộ độc	12,07	16,79	16,64	16,47	14,74
Khác	2,31	1,63	1,12	1,55	1,34

Nguồn: Sở Y tế Hải Phòng [61]

Như vậy, các nghiên cứu, thống kê báo cáo đã công bố trên thế giới, đặc biệt ở những nước đang phát triển và Việt Nam đều cho thấy xu hướng tăng tỷ lệ mắc các bệnh không lây nhiễm, gồm cả bệnh có liên quan với phơi nhiễm kim loại nặng.

1.2.3 Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do sử dụng nước, rau và thủy sản nhiễm kim loại nặng

1.2.3.1 Phương pháp đánh giá nguy cơ

Đánh giá nguy cơ là phương pháp xác định ảnh hưởng của ô nhiễm môi trường đất, nước, không khí đến môi trường và sức khỏe con người. Nguy cơ là sự kết hợp xác suất, hoặc tần suất xảy ra của một mối nguy hiểm xác định và mức độ hậu quả xảy ra: Nguy cơ = yếu tố nguy cơ + tiếp xúc. Tổ chức Nông lương thế giới, USEPA và WHO đã phát triển nhiều cách tiếp cận để xác định nguy cơ sức khỏe con người do tiếp xúc với các chất độc hại qua chế độ ăn uống. Phương pháp phổ biến nhất được sử dụng để xác định chế độ ăn uống với kim loại nặng là tính lượng tiêu thụ hàng ngày, hàng tuần hoặc hàng tháng, thương số nguy cơ (HQ) và chỉ số tác động (HI). Kết quả của quá trình đánh giá là chỉ số tác động/ảnh hưởng sức khỏe hoặc nguy cơ gây ung thư [62].

1.2.3.2 Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do sử dụng nước, rau và thủy sản thực phẩm nhiễm kim loại nặng

- Trên thế giới

+ Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe từ nguồn nước nhiễm kim loại nặng

Một số nghiên cứu đã phát hiện nguy cơ ung thư với người sử dụng nguồn nước nhiễm KLN ở Châu Á và Châu Phi. Catherine Nyambura và cộng sự (2020) ước tính chỉ số nguy cơ và nguy cơ ung thư ở người trưởng thành do Cd là 26,2 và 4,9/1000 người; do Pb là 57,0 và 7,3/100 người tương ứng [63].

Nghiên cứu của Shamar (2019) tại Ấn Độ cho thấy hàm lượng KLN Cd, Cr, Pb trong nước ngầm mùa hè và mùa đông là 0,05; 0,01; 0,04 và 0,10, 0,05, 0,004 mg/l tương ứng. Thương số nguy cơ HQ trong mùa đông của Cr và Cd lần lượt là 5,89 và 1,54. Trung bình thương số nguy cơ (HQ) với người lớn do phơi nhiễm KLN từ uống nước ngầm hàng ngày là Cr > Cd > 1 ở cả 2 mùa. Giá trị chỉ số tác động HI cao ở cả mùa hè (6,00) và mùa đông (7,53)

cho thấy nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do tiếp xúc tích lũy với KLN ở khu vực nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu cho thấy nguy cơ ung thư ở người trưởng thành tại khu vực nghiên cứu do Cr là 2,31 trường hợp vào mùa đông và 1,20 trường hợp ung thư trong mùa hè [64].

+ Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do tiêu thụ rau nhiễm KLN

Tiêu thụ thực phẩm nhiễm hóa chất có thể gây nhiễm độc cấp tính hoặc mạn tính và đường chính gây 90% trường hợp nhiễm độc ở cộng đồng [40]. Nghiên cứu ảnh hưởng của tiêu thụ thực phẩm ở Nigeria, hàm lượng Pb được phát hiện thấp hơn giá trị khuyến nghị của WHO/FAO (2,0 mg/kg). Cd cao hơn giá trị cho phép WHO khuyến cáo (1,0 mg/kg). Cr có hàm lượng thấp ở củ cải và cà tím nhưng tương đối cao ở rau bina, rau diếp/xà lách và cà rốt; cụ thể thương số nguy cơ HQ ở rau bina (11,91) > xà lách (7,75) > cà rốt (4,22) cho thấy nguy cơ ảnh hưởng tới sức khỏe người tiêu thụ. Giá trị chỉ số tác động HI từ Cu, Zn, Cd, Cr, Pb, và As ở xà lách (12,80) > cà rốt (9,21). Điều này cho thấy nên tránh tiêu thụ xà lách và cà rốt ở khu vực được tưới từ nguồn nước thải vì có thể ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe [65].

+ Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do tiêu thụ thủy hải sản nhiễm KLN

Bonsignorea (2018) nghiên cứu tại bờ biển Zawya, Libia đã phát hiện thương số nguy cơ của Asen vô cơ ở cá vược (1,31); cá trích tròn (1,52) và cá tráp (1,04; 1,21) cho thấy nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe và nguy cơ ung thư do tiêu thụ các loại cá này ở người dân địa phương [66].

Nghiên cứu của Liu (2019) tại Vịnh Tương Sơn, Trung Quốc đã phát hiện nguy cơ ảnh hưởng tiềm ẩn sức khỏe do Asen từ hải sản tiêu thụ với HQ > 1 ở tất cả các loài với giá trị cao nhất là 12,28 [67].

Saher (2019) đã ước tính nguy cơ ung thư ở cua từ Pb và Cd cao hơn ngưỡng chấp nhận (10^{-6} - 10^{-4}). Nguy cơ ung thư của Cd > Pb gợi ý nguy cơ ung thư từ cả Cd và Pb khi tiêu thụ các loài có vỏ nhiễm KLN ngoại trừ tôm [68].

Varol (2019) phát hiện cá đối đở có giá trị chỉ số tác động HI cao nhất (0,888) do thương số nguy cơ HQ cao từ As vô cơ (0,791). Nguy cơ gây ung thư (CR) do As vô cơ là $1,32 \times 10^{-4}$ ở cá đối đở cho thấy nguy cơ ảnh hưởng của việc tiêu thụ loại cá này [69].

Sanjeev Debipersadh (2018), Wang (2019), Ahmed (2019) chưa phát hiện được nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do tiêu thụ cá, của nhiễm kim loại tại lưu vực Nam Durban, Nam Phi, khu vực biển Hoa Đông và cửa sông Karnaphuli, Ấn Độ. [70],[71],[72]

- Ở Việt Nam

Đánh giá nguy cơ do phơi nhiễm tích lũy KLN trong nước, rau và thủy hải sản tiêu thụ đến sức khỏe cộng đồng ở Việt Nam vẫn đang là vấn đề khá mới.

Nguyễn Văn Anh cùng cộng sự (2009) đã khảo sát hàm lượng Asen trong hệ thống xử lý nước ngầm bằng lọc cát tại 4 làng của Hà Nam. Nguy cơ ung thư tiềm tàng được phát hiện cao hơn ở nhóm người dân sử dụng nước ngầm chưa được xử lý, cụ thể là 5 người có nguy cơ bị ung thư trong 1000 người [73].

Một nghiên cứu tại Vĩnh Quỳnh năm 2015 của Thanh Long về nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe tiềm tàng do phơi nhiễm KLN tích lũy trong rau trồng cho thấy, chỉ số nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe, không gây ung thư HI đều cao hơn 1 ở cả trẻ em và người lớn [74].

Nguyễn Thị Thu Hiền và cộng sự (2018) nghiên cứu tại Chợ Điền, Bắc Kạn đã phát hiện thấy nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do tiêu thụ rau, đặc biệt với trẻ em khi giá trị thương số nguy cơ của Cd và Pb ở rau gần bằng 1 [52].

Penradee và cộng sự (2016) nghiên cứu tại đồng bằng sông Cửu Long đã phát hiện hàm lượng KLN trong cá trê là $0,03 \pm 0,02$ ppm (As), $0,19 \pm 0,08$ ppm (Cr); $0,002 \pm 0,00$ ppm (Cd). Thương số nguy cơ ước tính cho từng loại KLN trong cá nuôi trồng và mua tại chợ được phát hiện theo thứ tự $As > Cd >$

Pb. Thương số nguy cơ do tiêu thụ As đều lớn hơn 1 có thể gây ảnh hưởng sức khỏe bất lợi đến người dân địa phương [75].

Trần Thị Quý và cộng sự nghiên cứu đánh giá tích lũy kim loại nặng trong đất, nước và rau sử dụng các nguồn nước tưới khác nhau và rủi ro sức khỏe đối với cây rau vùng trồng chuyên canh huyện Phú Xuyên, Hà Nội năm 2019. Kết quả cho thấy hàm lượng As trong các mẫu nước đo được từ 1,90-17,43 $\mu\text{g/L}$. Hàm lượng As trong mẫu đất trồng cải dưa, bắp cải, xà lách dao động từ 0,031-0,159 mg/kg. Hàm lượng As tích lũy trong 3 loại rau trên dao động từ 0,02-0,04 mg/kg. Chỉ số nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe người lớn do xà lách là $7,59 \times 10^{-2}$. Tuy nhiên, thương số nguy cơ HQ < 1 cho thấy vùng trồng rau xã Minh Tân, Phú Xuyên, Hà Nội vẫn ở ngưỡng an toàn [50].

Nguyễn Thị Hoàng Hà và cộng sự nghiên cứu tại mỏ Núi Pháo, Thái Nguyên năm 2019 đã phát hiện: tổng hàm lượng As, Cd trong đất dao động là 34-3390; 4,87-81,6 mg/kg tương ứng. Hàm lượng của As, Cd trong rau/chồi tương ứng nằm trong khoảng 0,71-2400; 0,05-5,5 mg/kg trọng lượng khô. Hàm lượng As và Cd trong tất cả các mẫu đất dao động trong khoảng 2-227, 3-54, và cao gấp 21 lần giới hạn tối đa cho phép với đất nông nghiệp ở Việt Nam (QCVN 03-MT:2015/BTNMT) [76].

Nước ngầm là một trong những nguồn chính để cung cấp nước cho sinh hoạt, tưới tiêu, nuôi trồng thủy sản và công nghiệp. Với sự gia tăng nhanh chóng trong dân số, nước ngầm trở nên quan trọng hơn đối với các hoạt động kinh tế và xã hội. Phan Kim Anh, Nguyễn Thanh Giao năm 2018 đánh giá chất lượng trong nước ngầm ở An Giang sử dụng dữ liệu quan trắc từ 8 giếng giai đoạn 2009-2016. Kết quả phát hiện cho thấy các giếng nước ngầm ở tỉnh An Giang đã bị nhiễm vi sinh vật. Giếng nước ngầm ở một số đảo nhỏ của An Giang đã bị ô nhiễm As nghiêm trọng. Nồng độ Asen trung bình lên tới $0,55 \pm 1,21 \text{ mg/L}$. Ước tính nguy cơ ung thư dao động từ trung bình ($8,66 \times 10^{-4}$) đến cao ($8,26 \times 10^{-2}$) cho cả trẻ em và người lớn. Tác giả khuyến nghị cung

cấp bổ sung nguồn cung cấp nước thay thế đồng thời cần thường xuyên kiểm tra sức khỏe cho người dân địa phương có nguy cơ [77].

Phạm Long Hải và cộng sự (2016) nghiên cứu tại Hà Nam đã phát hiện As trong nước ngầm dao động từ 12,8 - 884 $\mu\text{g/L}$. 83% mẫu nước có hàm lượng As vượt quá hướng dẫn của WHO về nước sinh hoạt (10 $\mu\text{g/L}$). Trung bình lượng tiêu thụ As hàng ngày từ nguồn nước ngầm chưa xử lý và đã xử lý dao động tương ứng từ 0,02 - 11,5 và 0,003 - 1,6 $\mu\text{g/kg/ngày}$ [43].

Trần Thị Mai Phương xác định mức độ ô nhiễm KLN ở động vật thân mềm hai mảnh vỏ tại vịnh Nha Trang năm 2015 đã phát hiện giá trị trung bình cao nhất (mg/kg trọng lượng khô) của kim loại là 15,53 với As; 11,58 đối với Cr và 1,26 đối với Cd. Kết quả cho thấy, chỉ số nguy cơ đích của As, Cr, Cd trong sò 2 mảnh vỏ \leq HQ tạm thời [78].

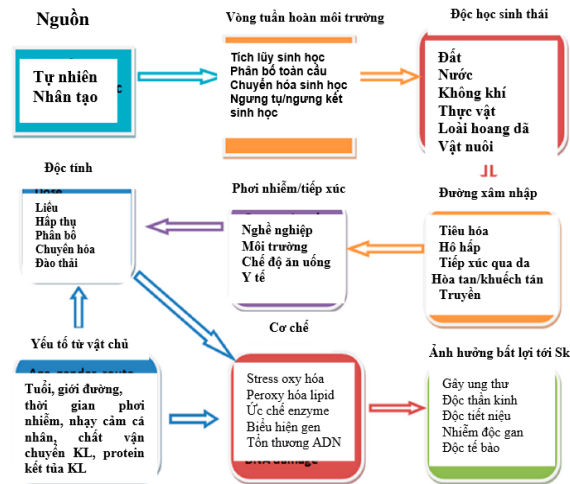
Theo Nguyễn Mạnh Hà cùng cộng sự năm 2019, tổng lượng As ước tính qua nguồn nước và gạo tiêu thụ tại Hà Nam được ước tính là 80-836 $\mu\text{g/ngày}$. Lượng As tiêu thụ hàng ngày ở khu vực nghiên cứu dao động từ 1,6-16,7 $\mu\text{g/kg}$ cân nặng cơ thể, trung bình là 7,15 $\mu\text{g/kg}$ cân nặng, trong đó 85% người dân có lượng tiêu thụ cao hơn giá trị do WHO khuyến nghị [79].

Thực trạng ô nhiễm KLN trong mẫu sinh học

Viện Y học lao động và Vệ sinh môi trường nghiên cứu ảnh hưởng của Asen trong nước giếng khoan tới sức khỏe dân cư tại 3 xã huyện Lý Nhân tỉnh Hà Nam, nơi có sự nhiễm Asen cao đã phát hiện 16% mẫu nước tiểu có lượng Asen cao hơn giới hạn sinh học [80]. Kết quả nghiên cứu mở rộng tại 7 xã thuộc 2 tỉnh Hà Nam và Hưng Yên năm 2004-2005 của Viện cho thấy tỷ lệ bệnh lý thai sản, ung thư ở các xã này cao hơn so với tỷ lệ toàn quốc. Hàm lượng Asen trong tóc và nước tiểu của người dân tiếp xúc với nguồn nước nhiễm Asen qua đường ăn uống và qua da cao hơn có ý nghĩa thống kê so với nhóm đối chứng sử dụng nguồn cấp nước sạch tập trung. Điều này chứng tỏ nguy cơ nhiễm Asen rất cao ở đối tượng có tiếp xúc. Các biểu hiện bệnh

ngoài da như dày sừng, biến đổi sắc tố da (tăng, giảm hoặc kết hợp 2 dạng) ở đối tượng tiếp xúc với Asen có xu hướng tăng theo thời gian khi họ vẫn tiếp tục sử dụng nước nhiễm Asen [80]. Nghiên cứu của tác giả Nguyễn Khắc Hải về ảnh hưởng của ô nhiễm Asen trong nguồn nước ăn uống, sinh hoạt tới sức khỏe bệnh tật của cộng đồng dân cư vùng đồng bằng sông Hồng cho thấy tỷ lệ người dân trong nhóm tiếp xúc với nguồn nước bị ô nhiễm Asen có hàm lượng As trong nước tiểu ở mức nhiễm độc là 37,1%; ở trẻ em dưới 6 tuổi tỷ lệ này là 44,1% cao hơn so với các nhóm tuổi khác. Tỷ lệ người dân có hàm lượng As trong nước tiểu cao ở mức nhiễm độc tăng tuyến tính theo mức tiếp xúc với nồng độ As trong nguồn nước [81]. Nguyễn Mạnh Hà cùng cộng sự năm 2019 đã tìm thấy tương quan thuận giữa hàm lượng As trong nước ngầm và As trong mẫu sinh học (tóc và nước tiểu) khi nghiên cứu tại Hà Nam [79].

Nguyễn Bích Thủy và cộng sự (2016) khi khảo sát về bệnh lý thai sản ở 2.123 phụ nữ trong độ tuổi sinh đẻ theo phơi nhiễm với Asen đã xác định được 32,0% phụ nữ có hàm lượng Asen trong mẫu tóc ở mức thâm nhiễm (10,3%) và nhiễm độc (21,7 %), cao hơn có ý nghĩa thống kê so với nhóm chứng (với $p < 0,001$). Hầu hết các bệnh lý thai sản như mất thai, sinh con thiếu tháng, thiếu cân, và tử vong sơ sinh ở nhóm nghiên cứu cao hơn nhóm đối chứng có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$. Nguy cơ tăng rõ rệt với sinh con thiếu tháng và chết sơ sinh ở nhóm phụ nữ có hàm lượng Asen tóc trên giới hạn sinh học với tỷ suất chênh OR tương ứng là 2,29 và 3,44 với $p < 0,05$. [82] Mọi tương quan tuyến tính giữa hàm lượng Asen tóc với nồng độ Asen nước uống trong nghiên cứu này tương đồng kết quả thực hiện tại Campuchia và Úc. [66], [83]



Hình 1.7. Khung khái niệm về phơi nhiễm đa KLN từ môi trường và sức khỏe [84]

1.3 Giải pháp loại bỏ kim loại nặng trong nguồn nước

1.3.1 Trên thế giới

Loại bỏ kim loại nặng là một bước quan trọng để đảm bảo nước sinh hoạt ăn uống an toàn. Một số phương pháp phổ biến được sử dụng để loại bỏ kim loại nặng trong nước thường được sử dụng gồm: kết tủa hoá học, keo tụ-tạo bông, màng lọc, trao đổi ion, điện hóa và hấp phụ [85].

- *Kết tủa hóa học* là biện pháp đơn giản và được sử dụng phổ biến nhất. Bằng cách thêm chất kết tủa vào nước thải, các cation phản ứng để tạo thành các chất không hòa tan kết tủa từ dung dịch. Thông thường, điều này xảy ra do kết tủa hydroxit, sử dụng các tác nhân như vôi để tăng độ pH của nước thải, tuy nhiên cũng có thể sử dụng các sulfua, vì các sulfua kim loại có độ hòa tan thấp hơn các hydroxit kim loại tương ứng. Tuy nhiên, kết tủa hóa học tạo ra một lượng lớn bùn thải với việc xử lý và tiêu hủy tốn kém. Bên cạnh đó, phương pháp này dẫn đến nồng độ muối cao hơn trong nước thải và không đáp ứng tiêu chuẩn để xử lý [85].

- *Đông tụ và kết tủa:* Các chất đông tụ và kết tủa có thể được sử dụng đồng thời để tăng cường hiệu quả xử lý, do vậy cũng được sử dụng để loại bỏ

kim loại nặng cũng như chất lơ lửng trong nước. Thêm các chất keo tụ như nhôm hoặc sắt sunfat, dẫn đến sự mất ổn định của chất keo thành cốt liệu. Keo tụ sử dụng polyelectrolytes để liên kết các hạt thành các khối kết tụ lớn. Các chất keo tụ được sử dụng rộng rãi bao gồm polyferric sulfate, nhôm sulfate và polyacrylamide. Các chất kết tụ sau đó có thể được loại bỏ bằng cách lắng và lọc [85].

- *Công nghệ lọc màng* cũng được sử dụng để loại bỏ kim loại nặng trong nước. Màng siêu lọc (UltraFilter) có lỗ xốp lớn hơn các cation ngậm nước và các chất hòa tan có trọng lượng phân tử thấp. Do đó, để giữ lại các kim loại nặng hòa tan, các mixen hoạt động bề mặt liên kết với các cation hoặc polyme tạo phức với chúng được thêm vào nước thải, tạo ra các cấu trúc được màng giữ lại. Lọc nano có thể là một giải pháp thay thế cho một số cation như Niken, Crôm và Asen. Các màng được tích điện và hiệu ứng steric (loại trừ kích thước) và điện (loại trừ Donnan) độc đáo của chúng cho phép màng loại bỏ các chất hòa tan tích điện nhỏ hơn các lỗ màng. Thẩm thấu ngược (Reverse osmosis RO) cũng có thể được sử dụng cho mục đích này. Bằng cách tạo áp suất, màng bán thấm được sử dụng trong quá trình này có thể loại bỏ phần lớn các chất gây ô nhiễm hòa tan. Kỹ thuật này đã được chứng minh là có thể giữ lại hầu hết các kim loại nặng [85].

- *Nhựa trao đổi ion* là trao đổi thuận nghịch các ion giữa nhựa - pha rắn - và nước thải đầu ra đang xử lý - pha lỏng. Để loại bỏ kim loại nặng, phải chọn nhựa trao đổi cation. Hiện có nhiều loại nhựa chọn lọc thích hợp để phục hồi các kim loại có giá trị [85].

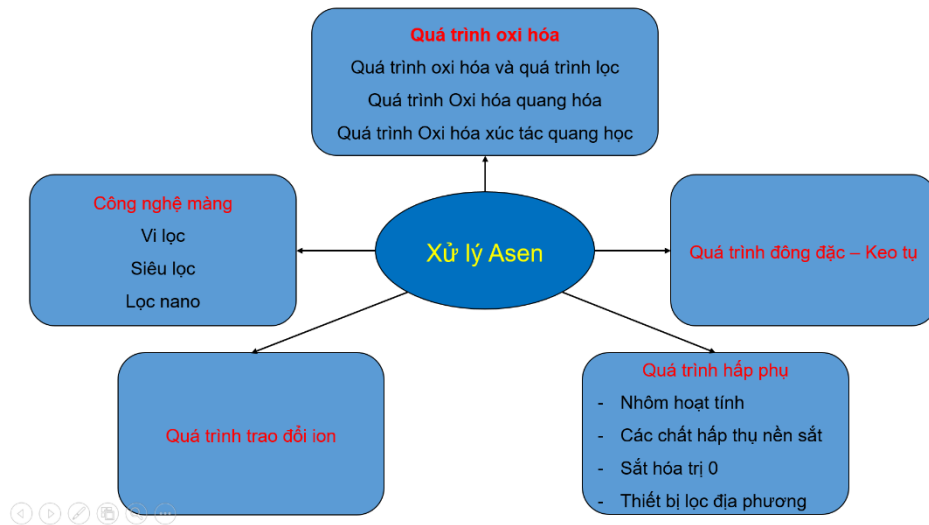
- *Phương pháp điện hóa* cũng là một lựa chọn để loại bỏ kim loại nặng ra khỏi nước. Chúng thường được liên kết với các ngành công nghiệp luyện kim. Lọc điện là một quá trình màng trong đó các loài bị ion hóa trao đổi qua màng tích điện bằng cách áp dụng một điện thế. Định vị điện là một quá trình trong đó một cation được giảm đến trạng thái hóa trị bằng 0 bằng

cách sử dụng một dòng điện. Nó được coi là một quy trình làm sạch của người Viking và rất hữu ích để phục hồi các cation có giá trị. [85]

- *Hấp phụ* là một quá trình khác được sử dụng để loại bỏ kim loại nặng khỏi môi trường nước. Trong quá trình này, chất hấp phụ có trong pha lỏng, tích lũy rỗng ở bề mặt của pha rắn - chất hấp phụ. Hấp phụ đã được sử dụng như một bước bổ sung để loại bỏ các chất ô nhiễm hữu cơ và vô cơ, xuống mức chấp nhận được, trong xử lý nước và nước thải. Hiệu quả của quá trình có liên quan mật thiết đến tính chất của chất hấp phụ - diện tích bề mặt hoặc vị trí hoạt động, tính chọn lọc và động học. Với chất hấp phụ thích hợp, hiệu quả cao và động học nhanh có thể thu được, trong khi chất hấp phụ giá rẻ có thể làm cho quá trình trở nên khả thi hơn. Sự đa dạng của chất hấp phụ được phát triển, đảm bảo tính linh hoạt, hiệu quả, đơn giản trong thiết kế và vận hành và khả năng chọn lọc của kỹ thuật. [85]

Bảng 1.4. Ưu nhược điểm của các kỹ thuật xử lý kim loại nặng [86]

Kỹ thuật	Ưu điểm	Nhược điểm
Kết tủa hóa học	Chi phí thấp, tiêu tốn ít năng lượng, vận hành đơn giản, an toàn	Khối lượng bùn thải lớn, chi phí cao để xử lý bùn, tiêu tốn nhiều chất kết tủa
Keo tụ, tạo bông	Giảm thời gian lắng các chất rắn lơ lửng	Chi phí cao cho xử lý bùn thải
Màng lọc	Không gian nhỏ, hiệu quả cao	Chi phí vận hành cao, tiêu thụ nhiều năng lượng.
Trao đổi ion	Không tạo ra bùn, khả năng loại bỏ nhanh	Giá thành cao và phải tái sinh
Điện hóa	Hiệu quả cao, không tạo bùn	Chi phí cao Tiêu thụ nhiều năng lượng
Hấp phụ	Thiết kế đơn giản, hoạt động với chi phí ban đầu thấp, vật liệu có sẵn, dễ dàng lựa chọn loại vật liệu	Hiệu suất hấp phụ phụ thuộc vào loại vật liệu.



Hình 1.8. Các kỹ thuật loại bỏ kim loại nặng trong nước [87]

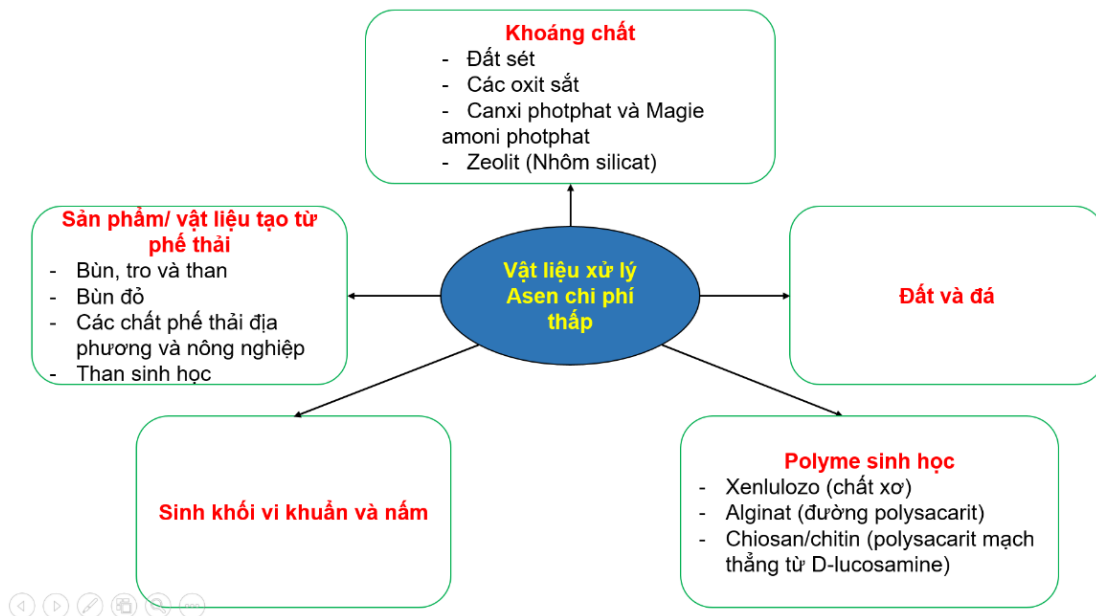
Phương pháp hấp phụ:

Do có ưu điểm về chi phí thấp, hiệu quả nên phương pháp hấp phụ ngày càng được quan tâm và sử dụng rộng rãi với nhiều loại vật liệu, chất hấp phụ mới và tự nhiên để loại bỏ kim loại nặng trong nước. Chất hấp phụ thường được sử dụng để loại bỏ KLN gồm vật liệu tự nhiên và dẫn xuất của chúng, chất hấp phụ carbon, chất hấp phụ dựa trên silica và aerogel. Chất hấp phụ tự nhiên bao gồm zeolit, vật liệu đất sét, polymer tự nhiên và chất thải hữu cơ. Đất sét là vật liệu tự nhiên kết hợp aluminosilicates - khoáng sét - với oxit kim loại và chất hữu cơ. Hamidpour (2010), Yavuz (2003), Ijagbemi (2009) và Etc (2010) đã sử dụng khoáng sét không biến đổi để hấp phụ ion kim loại từ nước. Khoáng vật sét (Bulut, 2009), đất sét tổng hợp (Mobasherpour, 2012) và khoáng sét biến đổi (Ghassabzadeh, 2010; Liu, 2010; Kumar, 2012; Hua, 2018) cũng đã được sử dụng cho mục đích này. Polyme tự nhiên cũng được sử dụng làm chất hấp phụ kim loại nặng. Các chất sinh học như chitin và chitosan đã được thử nghiệm thành công. Chúng có thể được sử dụng một mình, dưới dạng hỗn hợp hoặc đồng trùng hợp. Popuri và cộng sự (2009) tráng hạt PVC thương mại với chitosan, Heidari (2013) đã

chuẩn bị các hạt nano axit metacrylic chitosan và Thuận (2018) tổng hợp các hạt chitosan liên kết ngang, có vỏ từ tính. Aliabadi (2013) đã thử nghiệm màng sợi nano poly ethyleneoxide/chitosan. Chất thải hữu cơ như mùn cưa (Yang, 2010; Hashem, 2011; Sulaiman, 2011) và vỏ cây bạch đàn natri hydroxit biến đổi (Afroze, 2016), cũng được thử nghiệm cho mục đích này. Biochars được sản xuất từ chất thải hữu cơ và cũng có thể được sử dụng làm chất hấp phụ [88].

Chất hấp phụ dựa trên carbon cũng được sử dụng để hấp thụ các cation kim loại. Ống nano carbon (CNTs) đã được nghiên cứu bởi một số tác giả. Hayati (2016) đã nghiên cứu tính chất hấp phụ của hỗn hợp poly (amidoamine)/CNT [89].

Việc sử dụng sử dụng kỹ thuật hấp phụ thường dựa vào cân nhắc, xem xét chi phí và hiệu quả loại bỏ KLN trong nước.



Hình 1.9. Loại bỏ As bằng vật liệu hấp phụ tự nhiên giá thành thấp [87]

1.3.2 Tại Việt Nam

Tại Việt Nam, đã có nhiều công trình nghiên cứu giải pháp xử lý kim loại nặng trong nước tuy nhiên, chủ yếu tập trung vào xem xét, đánh giá hiệu quả loại bỏ Asen trong nước ngầm vì đây là một tác nhân ô nhiễm nước phổ biến ở các vùng nông thôn nước ta. Phương pháp hấp phụ bằng nhiều loại vật liệu được sử dụng kết hợp với lọc để xem xét kết quả trong lọc Asen nước.

- *Hệ thống lọc với vật liệu MF - 97*

Vật liệu sắt - mangan (MF - 97) được đưa vào sử dụng từ năm 1997 do có nhiều ưu điểm về tốc độ cao (30-60 lít/giờ), quá trình oxy hóa và hấp phụ xảy ra đồng thời (loại bỏ đồng thời As(III), As(V) và hầu hết các kim loại nặng khác (Mn, Hg, Fe)) [86]. Các nhà khoa học của Viện Địa lý đã cho thấy vật liệu MF-97 có khả năng hấp thụ Asen rất tốt [80].

- *Xử lý Asen bằng vật liệu oxy hóa và hấp phụ*

Lê Văn Cát và cộng sự đã nghiên cứu sử dụng vật liệu FeOOH để hấp phụ Asen. Oxy hóa As(III) được thực hiện bằng clo, pemanganat, hydrogen peroxide ở hàm lượng khác nhau, khi có mặt Fe(II) và nồng độ Asen ban đầu là 200ppb. Các vật liệu tự nhiên sẵn có ở Việt Nam như đất sét, đá ong và đá son đã được áp dụng thành công trong chế tạo thiết bị hấp phụ Asen trong nước sinh hoạt với quy mô gia đình với chi phí thay cột lọc chỉ thấp (20.000-30.000 đồng) [90].

Trần Thị Khuyên (2012), can thiệp xây dựng mới và cải tạo bể lọc bề lọc cát kết hợp với giàn mưa mẫu tại các hộ gia đình nông thôn ở Hà Nam. Kết quả cho thấy nồng độ Asen trung bình trong nước sau lọc đã giảm đi sau can thiệp tại xã can thiệp với $p < 0,05$: giảm từ 95 μ g/l (trước can thiệp) xuống 5,6 μ g/l (sau can thiệp), tỷ lệ mẫu nước đạt tiêu chuẩn về Asen sau lọc tăng từ 35,0% (trước can thiệp) lên 95,0% (sau can thiệp) [90].

- *Loại bỏ Asen bằng than hoạt tính làm từ gáo dừa*

Than hoạt tính gáo dừa, một sản phẩm thương mại hóa trên thị trường có dạng hạt đã được sử dụng rộng rãi để hấp phụ Asen trong nước ngầm ở Việt Nam. Tiến hành hấp phụ Asen qua cột lọc làm bằng ống nhựa PVC, tiết diện 40cm², mỗi cột lọc chứa 1 lít than. Nước được lọc trực tiếp qua vật liệu, thích hợp với công suất nhỏ [80].

Hà Xuân Sơn (2015) xây dựng và thử nghiệm thành công mô hình bể lọc nước bằng cát và than hoạt tính vỏ dừa tại hộ gia đình nông thôn ở Thái Nguyên [91]. Kết quả cho thấy chỉ số hiệu quả thay đổi kiến thức, thái độ và thực hành về vệ sinh môi trường là 45-57% và về một số bệnh như tiêu hóa (60,83%), tiết niệu (8,15%), nhiễm độc chì (28,02%).

Lý do lựa chọn địa điểm nghiên cứu và giải pháp thử nghiệm can thiệp

Tuy nhiên, tại Việt Nam nói chung và ở Hải Phòng nói riêng chưa có nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của ô nhiễm kim loại nặng trong nước, thực phẩm đến sức khỏe dân cư vùng ven biển. Vì vậy, chúng tôi chọn Thủy Nguyên là một huyện ven biển ở phía Bắc của Hải Phòng, thuộc vùng châu thổ sông Hồng được bao bọc 4 mặt bởi sông và biển; có giới hạn địa lý từ 20⁰52' đến 21⁰01' vĩ độ Bắc và 106⁰31' đến 106⁰46' kinh độ Đông. Huyện nằm ở vị trí tiếp giáp giữa 2 vùng địa lý tự nhiên lớn: vùng Đồng bằng sông Hồng và vùng đồi núi Đông Bắc. Với vị trí địa lý thuận lợi, nối thành phố Hải Phòng với vùng công nghiệp phía Đông Bắc của vùng kinh tế trọng điểm Bắc bộ, Thủy Nguyên nằm trên trục giao thông quốc lộ 10 nối các tỉnh duyên hải Bắc Bộ (Ninh Bình, Nam Định, Thái Bình, Quảng Ninh...) với thành phố Hải Phòng; và được xác định là vùng kinh tế động lực, một trung tâm du lịch sinh thái quan trọng của thành phố Hải Phòng. Đây là một trong những yếu tố quan trọng tạo điều kiện cho Thủy Nguyên phát triển mạnh trong giai đoạn từ nay tới năm 2020. Trong phát triển kinh tế, ngoài việc chịu ảnh hưởng trực tiếp của thành phố Hải Phòng, huyện còn chịu ảnh hưởng gián tiếp của việc

phát triển vùng kinh tế trọng điểm cũng như tuyến động lực ven biển Bắc Bộ [92]. Huyện có tổng diện tích tự nhiên là 24.279,9 ha, chiếm 15,6% diện tích thành phố; gồm 37 xã, thị trấn tập trung dân cư đông đúc. Tam Hưng và Minh Đức - 2 xã, thị trấn nằm ở phía Đông Bắc huyện Thủy Nguyên, có nhiều nhà máy, xí nghiệp đang hoạt động thu hút nhiều lao động địa phương đồng thời tiềm ẩn nhiều nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe cộng đồng dân cư. Xã Tam Hưng có 2 phía giáp sông (sông Giá ở phía Tây, giáp sông Bạch Đằng và Quảng Ninh ở phía Đông), phía Bắc giáp 2 xã (xã Phục Lễ, Ngũ Lão) và 1 xã giáp phía Nam (xã Phục Lễ). Vị trí địa lý của xã thuận lợi cho đánh bắt hải sản, trồng trọt và chăn nuôi. Diện tích đất tự nhiên của xã là 704,62 ha, dân số là 7237 người (3553 nam và 3684 nữ) tập trung tại 1747 hộ dân trong 10 tổ dân phố. Về nghề nghiệp, 70% là lao động trong các nhà máy, xí nghiệp và 30% làm nông nghiệp, lao động tự do. Thu nhập bình quân đầu người là 2,846 triệu đồng/người/tháng. Trên địa bàn xã, có 3 nhà máy hiện đang hoạt động, cụ thể: nhà máy đóng tàu Nam Triệu (thành lập từ năm 1966), nhà máy nhiệt điện Hải Phòng 1 và nhà máy nhiệt điện Hải Phòng 2 (bắt đầu hoạt động từ năm 2011 và 2014) [92, 93].

Minh Đức là thị trấn công nghiệp với 3 phía được sông bao quanh. Cụ thể: phía Đông giáp sông Bạch Đằng và tỉnh Quảng Ninh, phía Tây giáp xã Minh Tâm, phía Nam giáp sông Giá và xã Ngũ Lão; phía Bắc giáp sông Liễn, xã Gia Minh và Minh Đức. Vị trí địa lý của thị trấn thuận tiện cho việc giao lưu, buôn bán, vận chuyển hàng hóa cả về đường thủy và đường bộ. Diện tích đất tự nhiên là 1596, 24 ha gồm 12 tổ dân phố với 3312 hộ và 11.548 người (5692 nam và 5856 nữ). 80% lao động là công nhân trong các xí nghiệp; 20% là lao động nông nghiệp và tự do. Tại thị trấn, có hợp tác xã khai thác đá Tràng Kênh (hoạt động từ 1998), công ty cổ phần hóa chất Minh Đức (thành lập từ 1979), nhà máy xi măng Chinfon (bắt đầu hoạt động từ năm 1997), nhà máy xi măng Hải Phòng (bắt đầu sản xuất từ 2005) [92, 94].



Bản đồ: Thị trấn Minh Đức



Bản đồ: Xã Tam Hưng

Hình 1.10. Sơ đồ điểm nghiên cứu

Lý do lựa chọn vật liệu thử nghiệm can thiệp

Hấp phụ là một trong những phương hiệu quả, kinh tế để loại bỏ kim loại nặng trong nước. Than hoạt tính được sử dụng phổ biến nhằm loại bỏ kim loại nặng và chất màu trong chất thải công nghiệp do khả năng hấp phụ cao với nhiều loại kim loại và thuốc nhuộm. Than hoạt tính là một dạng carbon vô định hình, có độ xốp cao, do đó có khả năng hấp phụ cao. Than hoạt tính được sử dụng như là một chất hỗ trợ xúc tác để loại bỏ chất ô nhiễm hữu cơ,

vô cơ trong nước sinh hoạt. Khả năng hấp phụ của than hoạt tính phụ thuộc chủ yếu vào độ xốp và bề mặt tiếp xúc. Tính chất kết cấu của than hoạt tính phụ thuộc vào phương pháp sản xuất và vật liệu ban đầu. Nhìn chung, hai phương pháp hoạt hóa hóa học và lý học được sử dụng để tạo than hoạt tính. Trong quá trình hoạt hóa vật lý, sau khi được cacbon hóa ở nhiệt độ cao, nguyên liệu thô được hoạt hóa bằng CO₂ hoặc hơi nước dưới áp suất để tăng độ xốp và diện tích bề mặt của than hoạt tính. Trong quá trình hoạt hóa hóa học, quá trình cacbon hóa và quá trình hoạt hóa diễn ra đồng thời, trong đó nguyên liệu thô trước tiên được ngâm tẩm với hóa chất hoạt hóa và sau đó cacbon hóa ở nhiệt độ mong muốn thay đổi tùy theo hóa chất hoạt hóa được sử dụng. Than hoạt tính với diện tích bề mặt và độ xốp cao có thể được điều chế từ nhiều vật liệu lignocellulose như than đá, gạo dứa, gỗ, mùn cưa phế thải nông nghiệp, vỏ hạt điều, mít giác phế thải. Các nhà nghiên cứu ngày càng quan tâm đến việc sử dụng vật liệu sẵn có khác với chi phí thấp làm tiền chất cho việc điều chế than hoạt tính. Than hoạt tính làm từ lá cây thầu dầu đã được thử nghiệm để loại bỏ Cu, Ni, Pb trong nước và nước thải, hiệu suất tối ưu ở pH=7 [95], [96].

Tổng quan nghiên cứu về xu hướng bệnh tật của dân cư trên thế giới cũng như ở Việt Nam cho thấy có sự tăng tỷ lệ mắc các bệnh không lây nhiễm, trong đó có bệnh liên quan đến phơi nhiễm kim loại nặng trong môi trường, đặc biệt từ nguồn nước và thực phẩm. Sử dụng nước sạch là nhu cầu cơ bản của người dân, do vậy, việc loại bỏ kim loại nặng trong nguồn nước là rất cần thiết, đặc biệt bằng các vật liệu rẻ tiền, dễ kiếm ở những khu vực nông thôn nước ta. Nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy than hoạt tính từ cây thầu dầu có hiệu quả trong việc xử lý kim loại nặng trong nước, có thể áp dụng ở các khu vực này. Tuy nhiên, tuy nhiên cho đến nay, chưa có nghiên cứu nào thực hiện sử dụng mô hình bể lọc chậm với than hoạt tính thầu dầu tại khu vực nông thôn ven biển Hải Phòng. Vì vậy, chúng tôi lựa chọn thực hiện biện pháp can thiệp này tại Thủy Nguyên, Hải Phòng.

Chương 2.

ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu gồm:

2.1.1 Môi trường

- Đất nông nghiệp.
- Môi trường nước: Nước bề mặt (nước sông, hồ, ao, đầm) và nước giếng sử dụng trong ăn uống, sinh hoạt.

2.1.2 Thực phẩm

- 4 loại thủy sản (tôm sú, ốc nhồi, cá quả, cá trê) được nuôi tại các ao, hồ và bán ở 2 chợ lớn tại khu vực nghiên cứu.
- 27 loại rau trồng phổ biến tại khu vực nghiên cứu, gồm 12 loại rau ăn lá (cải bẹ dung, cải bẹ xanh, cải ngọt, cải xanh; rau dền đỏ, dền tiều, dền xanh; rau đắng, rau đay, rau lang, mồng tơi, rau muống); 4 loại đậu (đậu bắp, đậu cô ve, đậu đũa, đậu rồng) và 4 loại rau quả (cà tím, dưa chuột, mướp đắng, mướp), và 7 loại rau thơm (diếp cá, húng cây, húng quế; lá lốt; rau răm, tía tô, xà lách) có thời gian sinh trưởng từ 40 - 45 ngày.

2.1.3 Người dân

Người dân sống ở khu vực dân cư thuộc 2 xã Tam Hưng và Minh Đức cách các nhà máy, xí nghiệp 1500m.

- *Tiêu chuẩn lựa chọn*
 - + Người trưởng thành (≥ 18 tuổi), đủ khả năng hiểu và trả lời được các câu hỏi phỏng vấn trực tiếp.
 - + Có thời gian lao động, sinh sống tại khu vực nghiên cứu tối thiểu 3 năm liên tục.
- *Tiêu chuẩn loại trừ*
 - + Người trưởng thành có thời gian sống liên tục < 3 năm.
 - + Không có mặt tại thời điểm nghiên cứu hoặc từ chối tham gia nghiên cứu.

2.2 Địa điểm, thời gian nghiên cứu

2.2.1 Địa điểm nghiên cứu

Khu dân cư trong khoảng cách 1500 mét với các nhà máy, xí nghiệp sản xuất ở 2 xã Tam Hưng và thị trấn Minh Đức, thuộc huyện Thủy Nguyên, Hải Phòng.

2.2.2 Thời gian nghiên cứu

Từ tháng 12 năm 2016 đến tháng 05 năm 2019.

Nghiên cứu được chia làm 2 giai đoạn: giai đoạn nghiên cứu mô tả cắt ngang và giai đoạn thử nghiệm can thiệp.

- Giai đoạn nghiên cứu mô tả cắt ngang tiến hành từ tháng 12/2016 đến tháng 5/2017

- Giai đoạn nghiên cứu thử nghiệm can thiệp từ 5/2017 đến tháng 5/2019 (bao gồm 6 tháng thử nghiệm tại phòng thí nghiệm và 18 tháng thử nghiệm tại thực địa).

2.3 Phương pháp nghiên cứu

2.3.1 Thiết kế nghiên cứu: Nghiên cứu gồm 2 giai đoạn

- *Giai đoạn 1: Từ 12/2016-5/2017*

Giai đoạn thực hiện nghiên cứu mô tả cắt ngang có phân tích nhằm mô tả tỷ lệ mẫu nước bề mặt, nước sinh hoạt, thủy sản và rau có hàm lượng As, Pb, Cd, Cr và Hg cao hơn TCCP; tỷ lệ thâm nhiễm KLN và mối liên quan giữa tỷ lệ mắc bệnh theo chương bệnh ICD10 với tình trạng thâm nhiễm KLN trong mẫu sinh học; nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe và nguy cơ ung thư do sử dụng nước, thủy sản và rau nhiễm KLN ở người dân sống ở khu vực tiếp giáp các nhà máy, khu công nghiệp tại 2 xã Tam Hưng, Minh Đức thuộc huyện Thủy Nguyên, Hải Phòng.

- *Giai đoạn 2: Từ 5/2017-5/2019*

Nghiên cứu thử nghiệm can thiệp so sánh trước sau nhằm đánh giá kết quả của việc loại bỏ kim loại nặng trong nước bằng bể lọc chậm có than hoạt tính cây thầu dầu trong phòng thí nghiệm (6 tháng) và tại thực địa (tại xã Tam Hưng trong 18 tháng).

- + Thử nghiệm can thiệp tại phòng thí nghiệm.
- + Thử nghiệm can thiệp thực địa tại xã Tam Hưng.

Hàm lượng KLN trong mẫu nước trước và sau thử nghiệm được xác định, so sánh với tiêu chuẩn cho phép của Việt Nam để đánh giá hiệu quả của thử nghiệm.

2.3.2 Cỡ mẫu và chọn mẫu nghiên cứu

2.3.2.1 Cỡ mẫu nghiên cứu

Áp dụng công thức tính cỡ mẫu ước lượng cho một tỷ lệ và giá trị trung bình với nghiên cứu mô tả.

- ***Cỡ mẫu xét nghiệm kim loại nặng trong đất nông nghiệp, nước bề mặt:***

Áp dụng công thức tính cỡ mẫu cho nghiên cứu mô tả:

$$n = Z_{(1-\frac{\alpha}{2})}^2 \times \frac{\sigma^2}{d^2}$$

Trong đó:

n: cỡ mẫu tối thiểu cần điều tra

Ngưỡng xác suất $\alpha = 0,05$ thì $Z_{(1-\alpha/2)} = 1,96$

Chọn khoảng lệch mong muốn trong chọn mẫu là 5%, tương ứng $d=0,05$.

Tham khảo nghiên cứu của Dương Thị Tú Anh tại lưu vực sông Cầu năm 2016, qua các kết quả đo trong phân khảo sát độ chụm tính được độ lệch

chuẩn của chỉ số chì trong mẫu nước là 0,16; do đó $\sigma = 0,16$. [97] Thay vào công thức, tính được $n = (1,96 \cdot 2 \times 0,16^2) / 0,05^2 = 39,33$ (mẫu).

Chúng tôi lấy chỉ tiêu Pb để tính được cỡ mẫu lớn nhất bao trùm cỡ mẫu của các KLN khác trong mẫu đất và nước bề mặt. Cỡ mẫu tối thiểu cần thu thập là 40 mẫu đất và nước bề mặt. Thực tế chúng tôi thu thập được 54 mẫu đất nông nghiệp (27 mẫu ở Tam Hưng, 27 mẫu ở Minh Đức), 54 mẫu nước bề mặt (27 mẫu ở Tam Hưng, 27 mẫu ở Minh Đức) thuộc khu vực nghiên cứu.

- Cỡ mẫu xét nghiệm kim loại nặng trong nguồn nước sinh hoạt:

Áp dụng công thức tính cỡ mẫu cho nghiên cứu mô tả:

$$n = Z_{(1-\frac{\alpha}{2})}^2 \times \frac{p(1-p)}{d^2}$$

Trong đó: n là cỡ mẫu tối thiểu cần điều tra.

Tương ứng với độ tin cậy 95%, $\alpha = 0,05$ thì $Z_{(1-\alpha/2)} = 1,96$.

Theo nghiên cứu của Nguyễn Mạnh Khải, hàm lượng Asen trong nước ngầm tại xã Trung Châu, Đan Phượng, Hà Nội có 70,0% ô nhiễm Asen trong mẫu nước xét nghiệm, tương ứng chọn $p=0,7$ [98].

Chọn khoảng lệch mong muốn trong chọn mẫu là 10% tương ứng $d = 0,1$.

Thay vào công thức: $n = (1,96^2 \times 0,7 \times 0,3) / 0,1^2 = 80,67$ (mẫu).

Cỡ mẫu tối thiểu xét nghiệm hàm lượng KLN trong nước giếng (nước ăn uống sinh hoạt) là 81. Thực tế, chúng tôi lấy 222 mẫu nước giếng tại khu vực nghiên cứu.

- Cỡ mẫu xét nghiệm thực phẩm (rau, thủy sản)

+ Cỡ mẫu xét nghiệm hàm lượng kim loại nặng trong rau trồng

Áp dụng công thức tính cỡ mẫu cho nghiên cứu cắt ngang ước lượng 1 giá trị trung bình:

$$n = Z_{(1-\frac{\alpha}{2})}^2 \times \frac{s^2}{d^2}$$

Trong đó:

n: cỡ mẫu tối thiểu cần điều tra.

$Z_{(1-\alpha/2)}$: hệ số tin cậy, ở ngưỡng xác suất $\alpha = 0,05$ thì $Z_{(1-\alpha/2)} = 1,96$.

s: độ lệch chuẩn. Theo nghiên cứu của Bùi Thị Kim Anh [51], hàm lượng Cd trong rau cải xanh tại Bắc Kạn là $1,52 \pm 0,56$ mg/kg. Do vậy, $s = 0,56$.

d: khoảng sai lệch mong muốn giữa tham số mẫu và tham số quần thể, chọn là 10% tương ứng $d = 0,1$.

Thay vào công thức, cỡ mẫu tối thiểu là 120. Thực tế, chúng tôi lấy 135 mẫu rau ở khu vực nghiên cứu.

+ *Cỡ mẫu xét nghiệm kim loại nặng trong thủy sản*

Áp dụng công thức tính cỡ mẫu cho ước lượng giá trị trung bình:

$$n = Z_{(1-\frac{\alpha}{2})}^2 \times \frac{s^2}{d^2}$$

Trong đó:

n: cỡ mẫu tối thiểu cần điều tra

$Z_{(1-\alpha/2)}$: hệ số tin cậy, ở ngưỡng xác suất $\alpha = 0,05$ thì $Z_{(1-\alpha/2)} = 1,96$.

s: độ lệch chuẩn. Theo nghiên cứu của Lê Quang Dũng, hàm lượng Cd trong ngao tại Phù Long, Cát Hải, Hải Phòng là $0,78 \pm 0,25$ mg/kg [9]. Do vậy, $s = 0,25$.

d: khoảng sai lệch mong muốn giữa tham số mẫu và tham số quần thể, chọn là 10% tương ứng $d = 0,1$.

Thay vào công thức, cỡ mẫu thực phẩm tối thiểu xét nghiệm là 24,01 mẫu. Thực tế chúng tôi lấy 40 mẫu thủy sản.

- Cỡ mẫu điều tra cơ cấu bệnh tật:

Áp dụng công thức ước lượng cho một tỷ lệ:

$$n = Z_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}^2 \times \frac{p(1-p)}{d^2}$$

Trong đó: n là cỡ mẫu điều tra.

$Z_{(1-\alpha/2)}$: độ tin cậy 95% ($Z_{(1-\alpha/2)} = 1,96$)

p: ước tính tỷ lệ % thắm nhiễm kim loại nặng trong cộng đồng. Theo kết quả nghiên cứu của Hà Xuân Sơn, tỷ lệ % số người thắm nhiễm kim loại nặng là 28% dân số quần thể nghiên cứu [91].

d: Sai số tuyệt đối do nghiên cứu lựa chọn, chọn $d = 0,04$

Thay vào công thức, cỡ mẫu tối thiểu cần nghiên cứu là:

$$n = (1,96^2 \times 0,28 \times 0,72) / 0,0016 = 484 \text{ người.}$$

Như vậy, cỡ mẫu tối thiểu cần điều tra tại mỗi xã là 484 người/xã. Tổng số đối tượng điều tra của cả 2 xã là 968 người. Thực tế, chúng tôi nghiên cứu 1010 đối tượng.

- Cỡ mẫu máu, nước tiểu xét nghiệm xác định các yếu tố gây bệnh cho cộng đồng:

Áp dụng công thức cho nghiên cứu mô tả

$$n = Z_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}^2 \times \frac{p(1-p)}{d^2}$$

Trong đó:

n: cỡ mẫu điều tra.

$Z_{(1-\alpha/2)}$: độ tin cậy 95% ($Z_{(1-\alpha/2)} = 1,96$).

p: tỷ lệ mẫu máu, nước tiểu không đạt tiêu chuẩn cho phép.

Theo kết quả của Hà Xuân Sơn năm 2015 “*Nghiên cứu áp dụng giải pháp can thiệp giảm thiểu ảnh hưởng của ô nhiễm môi trường tới sức khỏe người dân khu vực khai thác kim loại màu Thái Nguyên*”, tỷ lệ nhiễm độc chì trong nước tiểu tại khu vực dân cư xã Tân Long có nguy cơ ô nhiễm cao khoảng 10,9% [91]. Do vậy, chọn $p = 0,109$.

d: khoảng lệch mong muốn trong chọn mẫu, chọn $d = 0,03$.

Như vậy, cỡ mẫu tối thiểu xét nghiệm mẫu máu, nước tiểu là:

$$n = (1,96^2 \times 0,109 \times 0,891) / 0,03^2 = 415 \text{ mẫu.}$$

Thực tế nghiên cứu trên 450 người, gồm 225 nam giới và 225 nữ giới với 450 mẫu máu và 450 mẫu nước tiểu.

2.3.2.2 Phương pháp chọn mẫu

- **Chọn mẫu đất nông nghiệp và nước mặt**

Lập bản đồ địa điểm nghiên cứu gồm khu vực dân cư có khoảng cách 1500 mét với các nhà máy, xí nghiệp ở 2 xã Tam Hưng và Minh Đức. Mỗi xã có 9 thôn, do vậy, nhóm nghiên cứu chọn mỗi thôn 3 mẫu đất nông nghiệp, 03 mẫu nước bề mặt theo Thường quy kỹ thuật sức khỏe nghề nghiệp và môi trường, 2015.

- **Chọn mẫu nước giếng**

Trong khoảng cách 1500 m từ nhà máy, xí nghiệp tới nhà văn hoá xã, có 222 hộ gia đình đang sử dụng nước giếng để ăn uống, sinh hoạt. Do vậy, chúng tôi lấy toàn bộ 222 mẫu nước giếng để xét nghiệm.

- **Chọn mẫu thực phẩm**

+ **Mẫu rau**

Khảo sát thực địa cho thấy có 27 loại rau được trồng phổ biến trên đất nông nghiệp của hộ gia đình và bán tại 2 chợ tại khu vực nghiên cứu. Chọn mẫu có chủ đích, với mỗi loại rau được trồng phổ biến tại khu vực này, lấy 5 mẫu gồm 03 mẫu tại hộ gia đình và 2 mẫu tại chợ để xét nghiệm. Như vậy, tổng mẫu rau được lấy là 135 mẫu.

+ **Mẫu thủy sản:** Chọn động vật sống ở tầng đáy, được nuôi hoặc đánh bắt, bán ở chợ lớn tại địa bàn nghiên cứu. Có 4 loại thủy sản thường được nuôi và bán tại chợ trên địa bàn. Chọn ngẫu nhiên 5 mẫu cho từng loại thủy sản mỗi xã từ 3 mẫu tại ao, đầm nuôi và 2 mẫu từ chợ. Mẫu hải sản được lấy theo Thông tư 14/2011/TT-BYT, ngày 01 tháng 04 năm 2011 của Bộ Y tế về hướng dẫn chung về lấy mẫu thực phẩm phục vụ thanh tra, kiểm tra chất lượng, vệ sinh an toàn thực phẩm.

- **Chọn mẫu người dân điều tra cơ cấu bệnh tật: bằng phương pháp chọn mẫu ngẫu nhiên đơn**

+ Lập toàn bộ danh sách người dân từ 18 tuổi trở lên sống trong khu vực cách nhà máy, xí nghiệp 1500 mét tại 2 xã Tam Hưng và Minh Đức, huyện Thủy Nguyên, Hải Phòng, đủ tiêu chuẩn lựa chọn tham gia nghiên cứu. Tổng có 648 người ở xã Tam Hưng và 512 người ở thị trấn Minh Đức.

+ Chọn 498 người dân ở từng xã theo phương pháp chọn mẫu ngẫu nhiên đơn tại mỗi địa điểm bằng cách đánh số thứ tự người dân đủ điều kiện từ nhỏ đến lớn, bốc ngẫu nhiên đối tượng đưa vào nghiên cứu. Thực tế có 522 người ở Tam Hưng và 492 người ở Minh Đức sống liên tục tại địa phương từ 3 năm trở lên. Do vậy, chúng tôi chọn toàn bộ các đối tượng đủ điều kiện, cụ thể là 522 người ở xã Tam Hưng và 490 người ở thị trấn Minh Đức.

+ Gửi giấy mời các đối tượng được chọn tới khám bệnh và phỏng vấn về các yếu tố nguy cơ phơi nhiễm, nhiễm độc kim loại nặng tại trạm y tế xã.

- **Chọn đối tượng lấy mẫu máu, nước tiểu: chọn chủ đích**

Trong quá trình khám và phỏng vấn 1010 người dân của 2 xã, dựa trên việc phát hiện đối tượng có dấu hiệu phơi nhiễm, thấm nhiễm và nhiễm độc kim loại nặng, chúng tôi chọn chủ đích 125 nam và 125 nữ mỗi xã có biểu hiện, dấu hiệu phơi nhiễm kim loại nặng, tổng được 250 nam và 250 nữ theo thứ tự từ người đầu tiên để khi đủ số lượng mẫu để lấy mẫu máu và hướng dẫn lấy mẫu nước tiểu 24 giờ nhằm xét nghiệm độc chất (Pb, As, Cd, Cr và Hg).

2.3.3 Nội dung nghiên cứu

2.3.3.1 Biến số và chỉ số nghiên cứu

Nội dung	Biến số	Chỉ số nghiên cứu	Phương pháp thu thập
<p>Mục tiêu 1: Mô tả thực trạng ô nhiễm một số kim loại nặng trong môi trường nước, thực phẩm ở khu vực ven biển huyện Thủy Nguyên, Hải Phòng năm 2017-2018.</p>	<p>Hàm lượng KLN trong môi trường nước tự nhiên (mg/l)</p>	<p>Hàm lượng As, Cd, Pb, Cr và Hg trung bình, giá trị lớn nhất, nhỏ nhất, tỉ lệ % mẫu vượt GHCP năm 2015</p>	<p>Lấy mẫu và làm xét nghiệm mẫu nước tự nhiên</p>
	<p>Hàm lượng KLN trong nước giếng (mg/l)</p>	<p>Hàm lượng As, Cd, Pb, Cr và Hg trung bình, giá trị lớn nhất, nhỏ nhất, tỉ lệ % mẫu vượt GHCP của Bộ Y tế (TCVN 01/2009)</p>	<p>Lấy mẫu và làm xét nghiệm mẫu nước giếng</p>
	<p>Hàm lượng KLN trong thủy sản (mg/kg)</p>	<p>Hàm lượng As, Cd, Pb, Cr và Hg: trung bình, giá trị lớn nhất, nhỏ nhất, tỉ lệ % mẫu vượt GHCP</p>	<p>Lấy mẫu và làm xét nghiệm mẫu thủy sản</p>
	<p>Hàm lượng KLN trong rau (mg/kg)</p>	<p>Hàm lượng As, Cd, Pb, Cr và Hg: trung bình, giá trị lớn nhất, nhỏ nhất, tỉ lệ % mẫu vượt GHCP</p>	<p>Lấy mẫu và làm xét nghiệm mẫu rau</p>
	<p>Thông tin chung của người dân - Giới - Tuổi - Dân tộc, Nghề nghiệp, Trình độ học vấn</p>	<p>- Tỷ lệ % nam/nữ - Tuổi: dương lịch - Tỷ lệ % theo từng nhóm</p>	<p>Phỏng vấn trả lời bộ câu hỏi</p>

Nội dung	Biến số	Chỉ số nghiên cứu	Phương pháp thu thập
<p>Mục tiêu 2: Mô tả cơ cấu bệnh tật và yếu tố nguy cơ do thắm nhiễm kim loại nặng ở người dân tại khu vực nghiên cứu từ năm 2014-2018.</p>	<p>Nồng độ KLN trong mẫu máu ($\mu\text{g}/\text{dl}$), nước tiểu ($\mu\text{g}/\text{l}$)</p>	<p>▪ Nồng độ Pb máu, Cd-máu; As niệu, ALA-niệu, Cr niệu, Hg niệu: trung bình, giá trị lớn nhất, nhỏ nhất, phân bố theo giới tỉ lệ % vượt ngưỡng sinh học theo tiêu chuẩn của Bộ Y tế</p>	<p>Xét nghiệm nồng độ KLN trong máu, nước tiểu</p>
	<p>Tỷ lệ người dân mắc chứng bệnh theo ICD10</p>	<p>Tỷ lệ % người dân mắc các bệnh theo ICD10</p>	<p>Khám và phỏng vấn</p>
	<p>Tỷ lệ thắm nhiễm KLN theo giới</p>	<p>Tỉ lệ % người dân có thắm nhiễm chì ($> 10 \mu\text{g}/\text{dl}$) theo QĐ 1548/2012 của BYT, hoặc thắm nhiễm Asen ($\geq 60 \mu\text{g}/\text{L}$) theo QĐ /2007 hoặc có ALA niệu ($\geq \text{mg}/\text{l}$)</p>	<p>Xét nghiệm nồng độ KLN trong máu, nước tiểu</p>
	<p>Tỷ lệ mắc bệnh thường gặp ở người dân theo thắm nhiễm KLN</p>	<p>Tỷ lệ % người dân mắc chứng bệnh theo ICD10 có thắm nhiễm và không thắm nhiễm KLN</p>	<p>Khám và phỏng vấn</p>
	<p>Tỷ lệ người dân có triệu chứng nhiễm độc theo mức thắm nhiễm</p>	<p>Tỷ lệ % người dân có triệu chứng nhiễm độc theo thắm nhiễm và không thắm nhiễm KLN</p>	<p>Khám và phỏng vấn</p>
	<p>Chỉ số thương số nguy cơ do sử dụng rau, thủy sản nhiễm KLN</p>	<p>Giá trị thương số nguy cơ trung bình của As, Pb, Cd, Cr > 1 theo loại rau, loại thủy sản được tiêu thụ phổ biến</p>	<p>-Xét nghiệm KLN - Phỏng vấn tần suất tiêu thụ thực phẩm - Tính theo công thức của USEPA</p>
	<p>Chỉ số tác động theo từng loại rau, thủy sản theo giới</p>	<p>Số loại rau, thủy sản có chỉ số tác động > 1</p>	<p>Xét nghiệm KLN - Phỏng vấn tần suất tiêu thụ thực</p>

Nội dung	Biến số	Chỉ số nghiên cứu	Phương pháp thu thập
			phẩm - Tính theo công thức của USEPA
	Nguy cơ ước tính của cộng đồng do KLN trong nguồn nước sinh hoạt	Nguy cơ ung thư ước tính trung bình do As, Pb, Cd và Cd trong nước > ngưỡng chấp nhận (10^{-6} - 10^{-4})	- Xét nghiệm KLN trong nước giếng - Tính theo công thức của USEPA
	Nguy cơ ước tính của cộng đồng do KLN trong rau và thủy sản	Nguy cơ ung thư ước tính trung bình do As, Pb, Cd và Cd trong rau, thủy sản > ngưỡng chấp nhận (10^{-6} - 10^{-4})	- Xét nghiệm KLN trong rau, thủy sản - Phòng vấn tuân suất tiêu thụ thực phẩm - Tính theo công thức của USEPA
Mục tiêu 3: Thử nghiệm và đánh giá kết quả loại bỏ kim loại nặng trong nước bằng than hoạt tính cây thầu dầu từ 2018-2019.	Hiệu quả can thiệp: - Chỉ số hiệu quả loại bỏ KLN trước và sau lọc theo vật liệu ở phòng thí nghiệm	- Thể tích nước lớn nhất có hàm lượng As, Pb, Cd và Cr sau lọc tại phòng thí nghiệm theo vật liệu < giới hạn cho phép	- Lấy mẫu và xét nghiệm
	Hiệu quả can thiệp trong loại bỏ KLN tại thực địa	Số mẫu thử nghiệm tại thực địa có hàm lượng hàm lượng As, Pb, Cd và Cr sau can thiệp < giới hạn cho phép	- Lấy mẫu và xét nghiệm
	Chỉ số hiệu quả	% hàm lượng As, Pb, Cd, Cr giảm so với trước can thiệp	Lấy mẫu và xét nghiệm

2.3.3.2 Kỹ thuật và công cụ thu thập thông tin

- **Kỹ thuật thu thập thông tin về mẫu môi trường** (đất nông nghiệp, nước bề mặt và nước giếng) và **mẫu máu, nước tiểu** (Thường quy kỹ thuật Sức khỏe môi trường và nghề nghiệp, Viện Sức khỏe nghề nghiệp và môi trường) [99].

Các mẫu môi trường và mẫu máu, nước tiểu sau khi thu thập sẽ được phân tích đánh giá nồng độ As, Pb, Cd, Cr và Hg tại Trung tâm Nghiên cứu Y dược học Quân sự, Học viện Quân Y theo kỹ thuật tương ứng sau:

+ **Kỹ thuật thu thập mẫu đất và xác định hàm lượng KLN trong đất bằng quang phổ hấp thụ nguyên tử**

✓ Kỹ thuật lấy mẫu đất: lấy mẫu xáo trộn, độ sâu đến 30 cm, mỗi điểm lấy mẫu lấy 1 kg đất, đựng trong túi plastic khử khuẩn, sau đó bảo quản ở 4⁰C cho đến khi phân tích.

✓ Nguyên lý xác định hàm lượng As, Pb và Cd trong đất: Mẫu được trộn đều, làm khô ở 45⁰C cho đến khi trọng lượng không đổi, nghiền, lọc mẫu. Cân 0,25g đất khô rồi vô cơ hóa với dung dịch axit HNO₃ bằng lò vi sóng. Đo hàm lượng Asen, chì và Cd trong dung dịch bằng phương pháp ICP-MS (NexION 350 X-Perkin Elmer), giới hạn định lượng (LOQ): 0,0004 mg/kg, độ thu hồi 91 - 105%. As, Pb và Cd dung dịch thu được bằng hệ thống quang phổ hấp thụ nguyên tử.

✓ Đánh giá kết quả hàm lượng As, Pb và Cd trong đất theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về giới hạn cho phép của một số kim loại nặng trong đất (QCVN 03 MT:2015/BTNMT) [100].

+ **Kỹ thuật thu thập mẫu và xác định hàm lượng As, Pb, Cd, Cr và Hg trong nước:**

✓ Kỹ thuật lấy mẫu nước:

- Dụng cụ: Chai thủy tinh bosilicat trong suốt, không màu hoặc các bình bằng polyetylene bền vững về mặt hóa học và ít hấp phụ các ion trong

nước lên thành bình, nút đậy chắc và kín. Bình và nút cần được rửa sạch trước khi dùng bằng hỗn hợp cromic, sau đó rửa nhiều lần bằng nước thương và tráng lại từ 2 - 3 lần bằng nước cất 2 lần, cuối cùng đem sấy hoặc để khô trong không khí.

- Thao tác lấy mẫu: Trước khi lấy mẫu cần có nhãn ghi rõ địa điểm, thời gian, phương pháp lấy mẫu và người lấy mẫu. Để nước chảy tự do tối thiểu 5 phút hoặc lâu hơn để xả hết nước cũ trong đường ống lấy mẫu trước khi lấy mẫu vào chai. Tráng chai 3 lần với chính nguồn nước cần lấy mẫu. Cho nước chảy đầy chai và đậy nắp lại. Nếu không có đường ống lấy mẫu, có thể dùng quang chai hoặc gàu để lấy mẫu. Khi đó gàu/gáo cần được tráng sạch nhiều lần bằng nước cần phân tích.

- ✓ Xác định hàm lượng As, Pb, Cd, Cr và Hg trong nước bằng phương pháp cảm ứng khối phổ plasma ICP-MS (SMEWW3125B:2012), giới hạn định lượng LOQ: 0,002 mg/l, độ thu hồi 95 - 103%.

- ✓ Đánh giá kết quả hàm lượng As, Pb, Cd, Cr và Hg trong nước bề mặt theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về giới hạn cho phép của một số kim loại nặng trong nước bề mặt (QCVN 08 MT:2015/BTNMT) và Đánh giá kết quả hàm lượng As, Pb, Cd, Cr và Hg trong nước theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sinh hoạt (QCVN 01:2009/BYT) [101, 102].

+ ***Kỹ thuật thu thập mẫu và xác định hàm lượng As, Pb, Cd, Cr và Hg trong thực phẩm (rau, thủy sản):***

- ✓ *Kỹ thuật lấy mẫu rau:* mỗi điểm lấy mẫu lấy 1 kg rau, đựng trong túi plastic khử khuẩn, sau đó bảo quản ở 4⁰C cho đến khi phân tích.

- Chuẩn bị mẫu rau: Bụi và đất được loại bỏ khỏi bề mặt của rau bằng cách nhúng mỗi mẫu 20 lần vào bình nước cất. Mỗi phần ăn được của rau được xay, nghiền nhuyễn. Khoảng 10g khối lượng đã nghiền nhuyễn được cho vào túi khóa và đông khô ngay sau đó. Tất cả các túi đựng mẫu được làm

đông khô loại bỏ độ ẩm và xác định trọng lượng khô bằng cân chính xác đến 4 số sau dấu phẩy. Sau khi xử lý bằng vô cơ nung, thành phần các KLN trong mẫu rau được phân tích bằng máy quang phổ hấp thụ nguyên tử tại Viện nghiên cứu y dược học quân sự, Học viện Quân y.

- Xác định hàm lượng As, Pb, Cd và Cr, Hg trong rau bằng phương pháp cảm ứng khối phổ plasma ICP-MS (SMEWW3125B:2012), giới hạn định lượng LOQ: 0,002 mg/l, độ thu hồi 95 - 103%.

- Đánh giá kết quả phân tích: theo Quy định quản lý sản xuất, kinh doanh rau, quả và chè an toàn ban hành kèm theo Quyết định số 99/2008/QĐ-BNN& PTNT [103]

✓ *Kỹ thuật lấy mẫu thủy sản*

- Lấy mẫu hải sản nguyên con (cá, tôm và ốc), khối lượng mẫu lấy trung bình 1-2kg đựng trong túi plastic khử khuẩn, sau đó bảo quản ở 4⁰C cho đến khi phân tích (3-7 ngày sau đó).

- Chuẩn bị mẫu hải sản (cá, tôm, ốc): Mẫu cá, ốc, tôm (*sau khi lột bỏ vỏ ngoài*) được rửa sạch bằng nước cất 2 lần. Phần ăn được của mẫu hải sản được nghiền nát bằng kéo và chày thép không gỉ. Cho khoảng 20g phần ăn được của từng mẫu vào các túi khóa kéo và làm đông ngay. Các túi được cân khối lượng chính xác đến 4 số sau dấu phẩy và được đông khô để loại bỏ hơi nước và xác định khối lượng.

- Mẫu hải sản sau khi đông khô được xử lý, xác định KLN bằng máy quang phổ hấp thụ nguyên tử tại Viện nghiên cứu y dược học quân sự, Học viện Quân y.

- Đánh giá kết quả hàm lượng As, Pb, Cd, Cr và Hg trong thủy sản theo Quy chuẩn Quốc gia về thực phẩm theo QCVN 8-2:2012/BYT.[104]

+ Kỹ thuật thu thập mẫu máu và xét nghiệm Pb và Cd máu bằng quang phổ hấp thụ nguyên tử

✓ Kỹ thuật lấy máu: máu tĩnh mạch được lấy bằng xi lanh y tế sử dụng 1 lần.

✓ Trước khi lấy máu, lau sạch bằng bông cồn để tránh nhiễm bẩn vào mẫu máu để tránh sai lệch kết quả và đảm bảo an toàn cho đối tượng nghiên cứu. Máu lấy vào xi lanh được chia vào bảo quản trong các ống chống đông bằng EDTA, sau đó vận chuyển bằng thùng giữ lạnh 4-8⁰C và bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ -80⁰C cho đến khi xét nghiệm.

✓ Nguyên lý xét nghiệm chì và Cd máu: Máu được vô cơ hoá bằng HNO₃ cho tới khi phá huỷ hoàn toàn các chất hữu cơ. Axit thừa được xử lý bằng 0,5mL dung dịch H₂O₂- 30% tinh khiết. Sau đó hoà tan cặn thu được trong 5ml nước cất 2 lần và đo trên máy quang phổ hấp thụ nguyên tử kỹ thuật lò Graphit.

✓ Loại mẫu: máu tĩnh mạch, lấy khoảng 1-1,5ml máu vào ống chống đông bằng EDTA, vận chuyển trong điều kiện nhiệt độ 4-8⁰C, bảo quản ở nhiệt độ -80⁰C.

✓ Các bước tiến hành: Vô cơ hóa mẫu bằng cách cho vào ống nghiệm đã được xử lý 0,5ml máu và 0,5 ml HNO₃ đậm đặc, ngâm qua đêm ít nhất là 4 giờ. Đun cách thủy đến khi mẫu cạn khô. Để nguội, cho thêm 0,5 ml HNO₃ đậm đặc đun cho tới khi thu được cặn trắng. Cho thêm 0,5 ml H₂O₂, đun tiếp cho tới khi hết khói trắng. Để nguội, hòa tan cặn bằng nước cất cho đủ thể tích 5 ml. Phân tích mẫu trên máy quang phổ hấp thụ nguyên tử.

✓ Đọc kết quả: kết quả được tính dựa theo thang chuẩn đã xây dựng với mẫu chuẩn chì có các nồng độ 5 - 10 - 20 - 45 µg/dl. Các bước phân tích được tiến hành như với mẫu thử. Độ hấp thụ nguyên tử của các mẫu chuẩn tỷ lệ với nồng độ chì, Cd có trong mẫu.

+ Kỹ thuật thu thập mẫu nước tiểu và xét nghiệm As niệu, ALA niệu, Cr và Hg niệu bằng quang phổ hấp thụ nguyên tử

✓ Kỹ thuật lấy nước tiểu 24 giờ (*Phụ lục 3*) và bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ -20°C cho đến khi xét nghiệm.

Xét nghiệm As niệu, ALA niệu, Cr và Hg niệu theo Thường quy kỹ thuật Sức khỏe nghề nghiệp và môi trường (năm 2015) [99].

- Kỹ thuật và công cụ thu thập thông tin về tình trạng sức khỏe, nguy cơ và dấu hiệu nhiễm độc KLN (thâm nhiễm As và Pb), tần suất tiêu thụ rau và thủy sản

+ Thu thập thông tin về tình trạng sức khỏe, dấu hiệu, triệu chứng nhiễm độc bằng khám và phỏng vấn đối tượng nghiên cứu

○ Sử dụng phiếu điều tra cơ cấu bệnh tật và khám sức khỏe được xây dựng dựa trên tham khảo của mẫu phiếu khám sức khỏe của Bộ Y tế và các nghiên cứu trước đây về dấu hiệu triệu chứng thâm nhiễm, nhiễm độc KLN để khám và phỏng vấn người dân. (*Phụ lục 1*) Tình trạng bệnh tật của người dân được phân loại theo ICD10 trên cơ sở dấu hiệu, triệu chứng bệnh khai thác, phát hiện được trong quá trình khám lâm sàng kết hợp với thông tin từ phỏng vấn theo phiếu.

○ Phiếu gồm 3 phần:

▪ Phần A - Thông tin chung: gồm 8 câu hỏi về thông tin cá nhân của người được khám và phỏng vấn (tuổi, giới, dân tộc, trình độ học vấn, nghề nghiệp, tiền sử hút thuốc lá và thời gian sinh sống tại khu vực nghiên cứu).

▪ Phần B - Tình trạng bệnh tật theo chương bệnh ICD10 trong 5 năm gần đây (28 câu) gồm các nhóm bệnh tuần hoàn/tim mạch, hô hấp, tiêu hoá, tiết niệu, vận động, nội tiết-chuyển hoá, Tai mũi họng, Răng hàm mặt, Mắt, Da liễu, Tâm thần kinh và Truyền nhiễm.

▪ Phần C - Biểu hiện nhiễm độc (gồm 22 triệu chứng, dấu hiệu nhiễm độc KLN như rụng tóc, dày sừng, tiêu chảy, vàng da,)

+ *Thu thập số liệu khám bệnh và phân loại theo chương bệnh ICD10 tại bệnh viện:* Hồi cứu số liệu khám bệnh của người dân của 2 xã nghiên cứu, huyện Thủy Nguyên và Hải Phòng tại một bệnh viện đa khoa tuyến tỉnh trong 5 năm (2014-2018).

+ *Thu thập thông tin về tần suất tiêu thụ thực phẩm*

○ Sử dụng Phiếu điều tra tần suất tiêu thụ và nguy cơ phơi nhiễm hóa chất từ thực phẩm (rau, thủy sản) hàng ngày trong 7 ngày gần nhất (*Phụ lục 2*).

○ Gồm 3 phần: Thông tin chung về hộ gia đình và cá nhân người được phỏng vấn (11 câu); thông tin về tần suất và lượng tiêu thụ nước, cá/tôm/thịt/rau theo từng loại thực phẩm hàng ngày (54 câu hỏi).

- ***Phương pháp đánh giá nguy cơ ảnh hưởng do tiêu thụ nước, thực phẩm nhiễm kim loại nặng***

Căn cứ nồng độ KLN trong môi trường và chuỗi thức ăn để mô tả nguy cơ theo lượng tiêu thụ trung bình ngày (ADD), thương số nguy cơ (HQ), chỉ số tác động (HI). Nghiên cứu này đánh giá nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe qua sử dụng nước ngầm, tiêu thụ hải sản (cá, tôm, ốc) và rau nhiễm KLN [105, 106].

+ *Thương số nguy cơ HQ*

Trong phạm vi nghiên cứu của đề tài, căn cứ vào kết quả điều tra, phân tích đánh giá nguy cơ sức khỏe cộng đồng do tiêu thụ thực phẩm (rau, hải sản) nhiễm kim loại nặng. Các loại thủy hải sản và rau địa phương được sử dụng phổ biến nhất gồm: 4 loại hải sản (tôm sú, ốc nhồi, cá quả, cá trê); 5 loại rau ăn lá (rau cải xanh, cải ngọt, rau muống, rau lang, mồng tơi) và 3 loại rau củ/quả (đậu đũa, mướp và dưa chuột).

Áp dụng phương pháp ước tính nguy cơ không gây ung thư theo Cơ quan Bảo vệ môi trường Hoa Kỳ (USEPA), sử dụng chỉ số thương số nguy cơ để ước tính rủi ro sức khỏe của người tiêu thụ nước và thực phẩm. Đây là chỉ số giữa liều lượng của chất ô nhiễm và liều lượng tham chiếu (liều lượng được cho là không có nguy cơ tác động).

Chỉ số HQ được xác định theo công thức sau:

$$HQ = [(C \times FIR \times ED \times EFr) / (BW \times ATn \times RfD)] \times 10^{-3}$$

Trong đó:

C: hàm lượng KLN trong rau, cá xét nghiệm (mg/kg).

FIR: tỷ lệ tiêu thụ thực phẩm (cá, rau) (kg/ngày/người). Kết quả khảo sát cho thấy, lượng cá tiêu thụ trung bình một ngày của người lớn là 0,02 kg/ngày với nam và 0,0165 với nữ; Lượng rau tiêu thụ 0,065 g/người/ngày với cả 2 giới.

ED: Khoảng thời gian phơi nhiễm (70 năm) (Tuổi thọ trung bình của người Việt Nam là 70 tuổi).

EF: Tần suất phơi nhiễm (365 ngày/năm).

AT: Thời gian phơi nhiễm trung bình với nguy cơ không gây ung thư, AT = 365 ngày x 70 năm.

RfD là liều lượng tham khảo (As = 0,0003 mg/kg/ngày, Cd = 0,001 mg/kg/ngày, Pb = 0,0035 mg/kg/ngày, Cr = 1,5 mg/kg/ngày).

BW: trọng lượng cơ thể (kg). Kết quả khảo sát cho thấy: Cân nặng trung bình của đối tượng nghiên cứu là 55,86 kg với nam giới và 44,26 kg với nữ giới.

Đánh giá kết quả:

HQ < 1: không ảnh hưởng đến sức khỏe người tiêu thụ.

HQ > 1: có nguy cơ tiềm tàng ảnh hưởng sức khỏe.

+Chỉ số tác động HI

Nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe không chỉ từ từng kim loại riêng lẻ mà có thể từ sự tương tác của nhiều kim loại với nhau. Để đánh giá tổng thể ảnh hưởng tiềm tàng không gây ung thư của nhiều hơn 1 KLN, chỉ số tác động HI được tính dựa vào công thức đánh giá hỗn hợp chất hóa học của USEPA[105]. Tổng HQ của tất cả KLN được gọi là chỉ số tác động HI (Hazard index).

$$HI = \sum HQ_i$$

$$= HQ_{KLN1} + HQ_{KLN2} + HQ_{KLN3} + \dots + HQ_n$$

Trong đó: i là kim loại khác nhau.

$HI < 1$: không ảnh hưởng đến sức khỏe người tiêu thụ.

$HI > 1$: nguy cơ rủi ro cao đến sức khỏe người tiêu thụ.

+*Nguy cơ gây ung thư (CR)*

Với tác nhân gây ung thư, nguy cơ được ước tính dựa vào khả năng phát triển ung thư ở cá thể khi phơi nhiễm với yếu tố tiềm tàng này suốt thời gian sống. Các nguy cơ ung thư đích do các KLN nghiên cứu được tính dựa vào phương trình từ Bảng nguy cơ dựa vào hàm lượng khu vực III của USEPA [106]:

$$CR = [(EF \times ED \times FIR \times C \times CSF_0)/(BW \times AT)] \times 10^{-3}$$

Trong đó:

CSF_0 : hệ số gây ung thư tiềm tàng qua đường ăn uống (mg/kg bw/ngày). Tham khảo giá trị CSF_0 cho As, Pb, Cd và Cr từ USEPA và các nghiên cứu trước.

Ngưỡng nguy cơ ung thư có thể chấp nhận được là từ 10^{-6} (nguy cơ phát triển ung thư trong cả cuộc đời phơi nhiễm là 1/1.000.000) đến 10^{-4} (nguy cơ phát triển ung thư trong cả cuộc đời phơi nhiễm là 1/10.000).

Bảng 2.1. Đặc tính độc học của các KLN nghiên cứu

KLN	CASRN	RfD (mg/kg/ngày)	CSF ₀ (mg/kg/ngày)	Nguồn
As	7440-38-2	0,0003	1,5	USDOE (2011) USEPA (2011a) FAO/WHO (1993) USEPA K. W. Nkpaa, 2015 Anh T. K. Bui, 2016
Cr	7440-47-3	1,5	0,5	
Cd	7440-43-9	0,0001	0,38	
Pb	7439-92-1	0,0035	0,0085	

- Thu thập thông tin cho nghiên cứu thử nghiệm can thiệp

Nghiên cứu thử nghiệm can thiệp gồm 2 phần:

+ **Thử nghiệm loại bỏ kim loại nặng bằng mô hình bể lọc chậm với 02 vật liệu lọc (than hoạt tính sọ dừa và than hoạt tính cây thầu dầu) trong phòng thí nghiệm** bằng các mẫu giả định với hàm lượng As, Pb, Cd và Cr với quy trình xây dựng chi tiết ở *phụ lục 4* tham khảo mô hình thử nghiệm bể lọc kim loại nặng bằng than hoạt tính tham khảo từ nghiên cứu của Hà Xuân Sơn, 2015, kết quả của việc sử dụng than hoạt tính vỏ dừa/sọ dừa - một loại than hoạt tính được bán và sử dụng phổ biến tại Việt Nam, có điều chỉnh thay đổi vật liệu lọc. (*Phụ lục 4*) Trên thế giới, một số nghiên cứu công bố và chứng minh hiệu quả của bột từ lá và thân của cây thầu dầu trong việc loại bỏ Pb và Cd trong nước sông ở Brazil [93, 94]. Vì vậy, chúng tôi sử dụng và so sánh hiệu quả của 2 loại than hoạt tính từ vỏ dừa và cây thầu dầu trong loại bỏ KLN trong mô hình phòng thí nghiệm. Than hoạt tính cây thầu dầu được thu hoạch tại vùng ven biển địa phương và thuê xử lý thành than hoạt tính theo quy trình ở *phụ lục 5*.

▪ **Thể tích nước thử nghiệm**

• Than hoạt tính vỏ dừa: ở các thể tích nước thử nghiệm: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 và 48 lít nước.

• Than hoạt tính cây thầu dầu: ở 10 thể tích nước thử nghiệm là 20, 300, 600, 900, 1200, 1500, 1800, 2100, 2400 và 2600 lít nước.

▪ **Nồng độ KLN đầu vào được pha chế từ dung dịch gốc đa nguyên tố pha loãng theo các bước ở *phụ lục 4* để có:**

• As và Pb đầu vào là 0,1; 0,2; 0,5; 1,0 mg/l (ppm).

• Cd đầu vào là 0,03; 0,06; 0,15; 0,3 mg/l (ppm).

• Cr đầu vào là 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 mg/l (ppm).

+ ***Thử nghiệm loại bỏ kim loại nặng bằng mô hình bể lọc chậm với vật liệu lọc là than hoạt tính cây thầu dầu) tại thực địa***

- Lựa chọn cải tạo bể lọc theo mô hình đã nghiên cứu ở phòng thí nghiệm, sử dụng vật liệu lọc là than hoạt tính cây thầu dầu ở 04 hộ gia đình có giếng có hàm lượng KLN cao hơn QCVN 01:2009/BYT tại xã Tam Hưng.

- Mục tiêu: xử lý nước giếng, loại bỏ KLN trong nước về giới hạn cho phép theo QCVN 01:2009/BYT.

- Thời gian thử nghiệm và đánh giá: 18 tháng.

- Các mẫu nước được lấy ở các bể lọc thử nghiệm tại thực địa hàng ngày trong tháng đầu tiên và vào ngày chủ nhật hàng tuần từ tháng thứ 2 bằng chai nhựa và bảo quản ở 4⁰C, được vận chuyển hàng tuần về xử lý và xác định hàm lượng 4 KLN nghiên cứu tại Viện Y Dược học quân sự, Học viện Quân Y.

- ***Giám sát thực hiện can thiệp:***

Toàn bộ quá trình thử nghiệm can thiệp tại phòng thí nghiệm (6 tháng) và trên thực địa (18 tháng) được giám sát về nội dung và quy trình can thiệp bởi nghiên cứu viên và cán bộ nghiên cứu của Viện Nghiên cứu Y dược học Quân sự, Học viện Quân Y.

- Công cụ đánh giá hàm lượng KLN trong nước: xét nghiệm hàm lượng KLN trong nước theo kỹ thuật sử dụng ở giai đoạn trước can thiệp.

- *Đánh giá kết quả, hiệu quả lọc*

- So sánh hàm lượng KLN trong mẫu nước thử nghiệm ở phòng thí nghiệm và tại thực địa (sau 18 tháng) với QCVN 01:2009/BYT.

- Tính chỉ số hiệu quả sau lọc.

****Các bước triển khai nghiên cứu***

a. Chuẩn bị công cụ thu thập thông tin

- Phiếu khám sức khỏe và đánh giá cơ cấu bệnh tật.

- Phiếu khảo sát tần suất tiêu thụ thực phẩm.

- Chuẩn bị phương tiện lấy mẫu môi trường, thực phẩm, mẫu máu, nước tiểu.

- Lập kế hoạch tổ chức đoàn khám bệnh.
- Dụng cụ chuẩn bị cho thăm khám: cân, thước đo, ống nghe, dụng cụ lấy mẫu máu, nước tiểu.

b. Tập huấn cho cán bộ điều tra

c. Lấy mẫu môi trường, thực phẩm và phỏng vấn theo bộ câu hỏi và tổ chức khám sức khỏe và xét nghiệm hàm lượng KLN trong máu, nước tiểu tại địa điểm nghiên cứu

d. Thực hiện can thiệp

e. Đánh giá sau can thiệp bằng xét nghiệm hàm lượng KLN trong mẫu nước

STT	Nội dung hoạt động	Thời gian	Kết quả cần đạt	Người thực hiện
1	Chuẩn bị nhân lực, tập huấn	3 tháng	Nhóm nghiên cứu thành thạo công việc	Tác giả cùng nhóm nghiên cứu
2	Liên hệ, tiền trạm, gặp cán bộ Trung tâm Y tế huyện Thủy Nguyên, Hải Phòng	1 tháng	Đồng ý và nhiệt tình hợp tác, phối hợp	Tác giả cùng nhóm nghiên cứu
3	Tổ chức phỏng vấn và khám sức khỏe, lấy và xét nghiệm mẫu máu, mẫu nước tiểu; lấy mẫu môi trường	4 tháng	Tỷ lệ mẫu nước, rau, thủy sản có hàm lượng KLN cao hơn QCVN Tỷ lệ đối tượng nghiên cứu có hàm lượng KLN trong mẫu máu, nước tiểu > ngưỡng bình thường	Tác giả, nhóm nghiên cứu, bác sỹ, giảng viên, cán bộ y tế Viện 103, Học viện Quân y; cán bộ giảng viên; sinh viên đa khoa, y học dự phòng Trường ĐH Y Dược Hải Phòng; cán bộ trạm y tế 2 xã

STT	Nội dung hoạt động	Thời gian	Kết quả cần đạt	Người thực hiện
4	Phân tích mẫu, thu thập số liệu trước can thiệp	2 tháng	Đầy đủ, trung thực, chính xác	Tác giả, nhóm nghiên cứu tại Viện NC Y dược học Quân sự-Học viện Quân Y, Trường ĐH Y Dược Hải Phòng
5	Nghiên cứu xây dựng mô hình và thử nghiệm loại bỏ kim loại nặng ở phòng thí nghiệm	6 tháng	Đúng quy trình, tiêu chuẩn, khoa học, tin cậy; đúng mục đích, đảm bảo thời gian	Tác giả, nhóm nghiên cứu tại Viện NC Y dược học Quân sự-Học viện Quân Y, Trường ĐH Y Dược Hải Phòng
6	Nghiên cứu xây dựng mô hình bể lọc và thử nghiệm can thiệp tại thực địa	20 tháng	- Hộ gia đình và cán bộ cơ sở hợp tác, phối hợp trong xây dựng, sử dụng bể lọc và thu thập mẫu - Đúng quy trình, tiêu chuẩn, khoa học, tin cậy; đúng mục đích, đảm bảo thời gian	Tác giả, nhóm nghiên cứu tại Viện NC Y dược học Quân sự-Học viện Quân Y, Trường ĐH Y Dược Hải Phòng; cán bộ y tế xã Tam Hưng
7	Thu thập tổng hợp số liệu thử nghiệm can thiệp	2 tháng	Đầy đủ, chính xác	Tác giả và nhóm nghiên cứu
8	Xử lý số liệu, viết báo cáo	3 tháng	Trung thực, chính xác	Tác giả và nhóm nghiên cứu

2.4 Sai số và cách không chế sai số

Sai số đo lường (lấy mẫu xét nghiệm, khám): liên quan đến việc lấy mẫu, đo lường các chỉ số như đo hàm lượng các KLN (As, Pb, Cd, Cr và Hg) trong mẫu môi trường; chỉ số hoá sinh máu, công thức máu; đo nồng độ chì

máu, Cd máu; As niệu, ALA niệu, Cr niệu, Hg niệu. Hạn chế sai số bằng sử dụng công cụ đã được đánh giá độ tin cậy và chuẩn hoá trước khi tổ chức lấy số liệu. Các kỹ thuật và xét nghiệm sử dụng trong nghiên cứu đều thực hiện theo đúng quy chuẩn Việt Nam do Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành và quy chuẩn của Viện Sức khoẻ nghề nghiệp và môi trường đã được Bộ Y tế phê duyệt.

Sai số thu thập thông tin: liên quan đến việc thu thập thông tin cho việc khám bệnh, hỏi bệnh, hỏi bộ câu hỏi về tần suất tiêu thụ thực phẩm của người dân. Không chế sai số bằng cách chuẩn bị, lựa chọn và tập huấn chuẩn hoá nhóm nghiên cứu. Nhóm nghiên cứu là giảng viên, bác sỹ Trường Đại học Y Dược Hải Phòng, Viện Quân y 103, Học viện Quân y cùng các sinh viên y đa khoa, y học dự phòng đã được tập huấn kỹ trước khi điều tra tại cộng đồng. Số liệu thu thập được làm sạch ngay tại cộng đồng vào cuối mỗi ngày điều tra.

2.5 Xử lý số liệu

- Số liệu sau khi thu thập được làm sạch và nhập liệu bằng Excel và phân tích, xử lý bằng phần mềm SPSS 22.0.

- Các chỉ số thống kê: n, trung bình, trung vị, độ lệch chuẩn, tỷ lệ %.

- Các test kiểm định thống kê: test χ^2 , Fisher exact được sử dụng để so sánh tỷ lệ %; test t và Anova được dùng để so sánh giá trị trung bình.

- Tính số mẫu, tỷ lệ % số mẫu môi trường (nước sinh hoạt, nước bề mặt), thực phẩm (rau, thủy hải sản) có hàm lượng/giá trị trung bình KLN không đạt tiêu chuẩn cho phép.

- Tính tỷ lệ % và test so sánh χ^2 về sự khác biệt về tỷ lệ mắc bệnh theo ICD10, tỷ lệ có triệu chứng nhiễm độc và chỉ số hóa sinh máu, huyết học giữa nhóm thâm nhiễm và không thâm nhiễm KLN.

- Tính và so sánh thương số nguy cơ HQ, chỉ số tác động HI của 8 loại rau, 4 loại thủy sản được tiêu thụ phổ biến ở khu vực nghiên cứu.

- Tính và so sánh nguy cơ ung thư ước tính do sử dụng nước và rau, thủy sản nhiễm KLN với ngưỡng chấp nhận được (10^{-6} - 10^{-4}).

- So sánh hàm lượng As, Pb, Cd và Cr trong mẫu nước thử nghiệm sau can thiệp với tiêu chuẩn cho phép (< giới hạn cho phép).
- So sánh nguy cơ ung thư ước tính do KLN trong nước giếng trước và sau can thiệp tại thực địa với ngưỡng chấp nhận được (10^{-6} - 10^{-4}).
- Ngưỡng ý nghĩa thống kê khi chỉ số $p < 0,05$.
- Với kết quả thử nghiệm can thiệp, tính chỉ số hiệu quả ở mẫu can thiệp bằng công thức:

$$\text{Chỉ số hiệu quả} = (|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|) / (\bar{X}_1)$$

Trong đó:

\bar{X}_1 giá trị trung bình tại thời điểm bắt đầu can thiệp.

\bar{X}_2 : giá trị trung bình tại thời điểm sau can thiệp.

- Số liệu được trình bày dưới dạng bảng và hình biểu thị tần số, giá trị trung bình, tỷ lệ và độ lệch chuẩn của các giá trị đó.

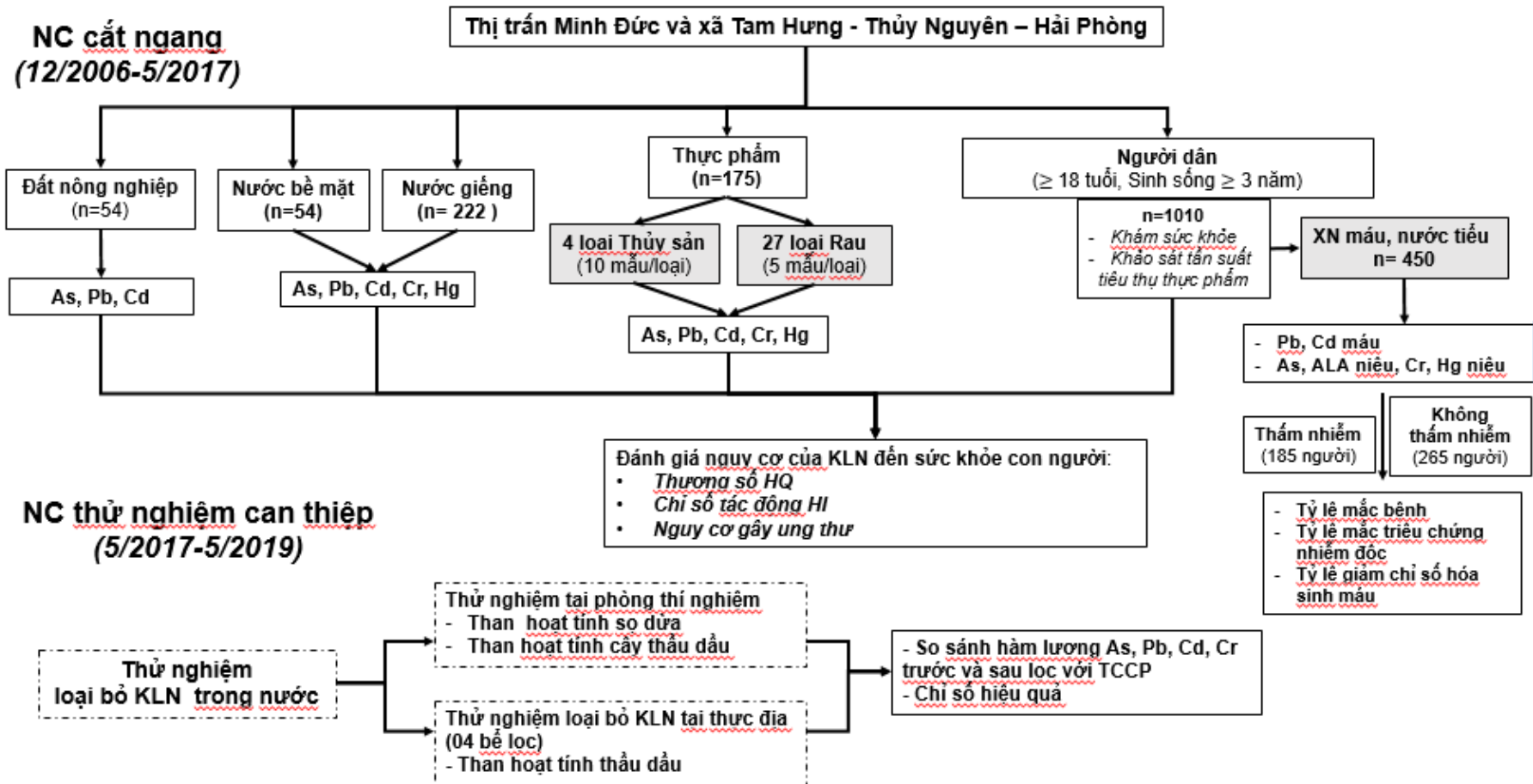
2.6 Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu tuân thủ theo đề cương đã được Hội đồng xét duyệt đề cương Trường Đại học Y Dược Hải Phòng phê duyệt. Nghiên cứu tiến hành khi có sự đồng thuận Trung tâm Y tế huyện Thủy Nguyên, UBND và người dân các xã Minh Đức, Tam Hưng, huyện Thủy Nguyên, Hải Phòng. Các đối tượng nghiên cứu được giải thích rõ mục đích, ý nghĩa của nghiên cứu và ký thỏa thuận tự nguyện tham gia nghiên cứu.

Đối tượng nghiên cứu có thể từ chối việc tiếp tục tham gia nghiên cứu ở bất kỳ thời điểm nào của nghiên cứu.

Các đối tượng nghiên cứu được sử dụng kim tiêm một lần để lấy máu tĩnh mạch. Toàn bộ người dân được phát hiện có bệnh, nhiễm KLN của các xã Tam Hưng và Minh Đức được thông báo và tư vấn về các biện pháp điều trị và dự phòng.

Mọi thông tin cá nhân đều được giữ bí mật và chỉ sử dụng cho mục đích nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu chỉ nhằm mục đích cải thiện chất lượng nước sinh hoạt và sức khỏe của cộng đồng dân cư ở Tam Hưng và Minh Đức, Thủy Nguyên, Hải Phòng.



Hình 2.1. Sơ đồ nghiên cứu

Chương 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1 Thực trạng ô nhiễm một số kim loại nặng trong môi trường nước, thực phẩm ở khu vực ven biển huyện Thủy Nguyên, Hải Phòng năm 2017-2018

3.1.1. Hàm lượng kim loại nặng trong đất nông nghiệp

Bảng 3.1. Hàm lượng kim loại nặng trong đất nông nghiệp (n=54)

<i>KLN</i> \ <i>Hàm lượng (mg/kg)</i>	<i>Nhỏ nhất</i>	<i>Lớn nhất</i>	<i>Trung bình</i>	<i>Số mẫu vượt GHCP n (%)</i>	<i>QCVN 03:2015</i>
As	16,42	42,18	25,62	54 (100)	≤ 15,0
Cd	14,35	38,57	23,64	54 (100)	≤ 1,5
Pb	105,65	348,22	186,35	54 (100)	≤ 70,0

Nhận xét: 100% (54/54) mẫu đất có hàm lượng cả 3 KLN (As, Pb và Cd) xét nghiệm vượt GHCP theo QCVN 03:2015. Hàm lượng KLN trong mẫu đất được phát hiện theo thứ tự Pb > As > Cd.

3.1.2. Hàm lượng kim loại nặng trong nước

Bảng 3.2. Hàm lượng kim loại nặng trong nước bề mặt (n=54)

<i>KLN</i> \ <i>Hàm lượng (mg/L)</i>	<i>Nhỏ nhất</i>	<i>Lớn nhất</i>	<i>Trung bình</i>	<i>Số mẫu vượt GHCP n (%)</i>	<i>QCVN 08:2015</i>
As	0,02	0,42	0,19	54 (100)	≤ 0,01
Pb	0,03	0,39	0,17	54 (100)	≤ 0,02
Cd	0,00	0,03	0,02	53 (98,15)	≤ 0,005
Cr	0,32	4,32	2,56	53 (98,15)	≤ 0,050
Hg	KPH	-	-	0 (0,00)	≤ 0,001

Nhận xét: 100% mẫu nước mặt có hàm lượng As và Pb; 98,15% mẫu có hàm lượng Cd và Cd vượt GHCP. Hàm lượng tối đa và trung bình của

KLN trong nước mặt theo thứ tự $Cr > As > Pb > Cd$ và đều cao hơn GHCP. Không phát hiện được Hg trong mẫu nghiên cứu.

Bảng 3.3. Hàm lượng kim loại nặng trong nước giếng (n=222)

<i>Hàm lượng (mg/L) KLN</i>	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Trung bình	Số mẫu vượt GHCP n (%)	QCVN 01:2009/BYT
As	0,01	0,48	0,06	185 (83,33)	$\leq 0,01$
Pb	0,01	0,42	0,12	210 (94,59)	$\leq 0,01$
Cd	0,00	0,15	0,03	188 (84,68)	$\leq 0,003$
Cr	0,02	0,82	0,25	166 (74,77)	$\leq 0,05$
Hg	KPH	-	-	0 (0,00)	$\leq 0,001$

Nhận xét:

Trong 222 mẫu nước giếng xét nghiệm, tỷ lệ % mẫu có hàm lượng KLN không đạt QCVN cao nhất với Pb (94,59%), tiếp đến là Cr (84,68%), As (83,33%), và Cd (74,77%). Không phát hiện được Hg trong mẫu nước giếng xét nghiệm.

3.1.3. Hàm lượng kim loại nặng trong rau ở khu vực nghiên cứu

Bảng 3.4. Hàm lượng kim loại nặng trong rau (n=135)

<i>Hàm lượng (mg/kg) KLN</i>	Thấp nhất	Cao nhất	Trung bình	Số mẫu vượt GHCP n (%)	QĐ99/2008/ QĐ-BNN
As	0,17	1,69	0,87	52 (38,52)	$\leq 1,0$
Pb	0,11	1,96	0,80	123 (91,11)	$\leq 0,3$
Cd	0,00	3,27	0,82	95 (70,37)	$\leq 0,1$
Cr	0,02	1,57	0,51	107 (79,26)	$\leq 0,1$
Hg	0,00	0,04	0,01	0	$\leq 0,05$

Nhận xét:

Kết quả bảng 3.4 cho thấy hàm lượng KLN trong rau nghiên cứu được phát hiện thấp nhất ở Hg (từ 0,0-0,04) < Cr (0,02-1,57) < Cd (0,0-3,27) < Pb (0,11-1,96) < As (0,17-1,69). Cd là KLN được phát hiện với hàm lượng tối đa

cao nhất (3,27 mg/kg). ¾ mẫu rau có hàm lượng Cr, Pb và Cd vượt GHCP, đặc biệt ở chỉ tiêu Pb với 90%. Hàm lượng Hg trong rau nằm trong giới hạn cho phép.

Bảng 3.5. Hàm lượng KLN trong rau theo nhóm (n=135)

KLN (mg/kg)		As	Pb	Cd	Cr	Hg
Nhóm rau (5 mẫu/loại)						
Rau ăn lá (n=12 loại, 60 mẫu)	TB (Min-Max)	0,77 (0,13-1,66)	0,83 (0,17-1,57)	0,82 (0,00-3,27)	0,43 (0,02-0,98)	0,01 (0,00-0,04)
	Số mẫu vượt GHCP n (%)	21 (35,0)	53 (88,33)	43 (71,67)	42 (70,00)	0
Rau đậu, quả (n=8 loại, 40 mẫu)	TB (Min-Max)	0,82 (0,11-1,96)	0,89 (0,18-1,70)	0,73 (0,04-2,35)	0,61 (0,02-1,57)	0,01 (0,00-0,04)
	Số mẫu vượt GHCP n (%)	15 (37,50)	37 (92,50)	24 (60,00)	33 (82,53)	0
Rau thơm (n=7 loại, 35 mẫu)	TB (Min-Max)	0,83 (0,22-1,43)	0,89 (0,17-1,46)	0,93 (0,04-1,97)	0,53 (0,06-1,12)	0,01 (0,00-0,01)
	Số mẫu vượt GHCP n (%)	16 (45,71)	33 (94,29)	27 (77,14)	32 (91,43)	0
QĐ 99/2008 Bộ NN-PTNT		≤ 1,0	≤ 0,3	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,05

Nhận xét:

Nhìn chung, hàm lượng Pb, Cd và Cr trong cả 3 nhóm rau nghiên cứu đều cao hơn GHCP. Hàm lượng As tối đa ở 3 nhóm rau đều cao tiêu chuẩn cho phép trong khi đó, hàm lượng Hg trong rau nằm trong giới hạn cho phép. Hàm lượng KLN theo thứ tự là Cd > Pb > As > Cr > Hg, trong khi đó ở rau thơm là Cd > As > Pb > Cr > Hg. Cd được phát hiện ở hàm lượng cao nhất và Cr và Hg có hàm lượng thấp nhất trong cả 3 nhóm rau trong khi Pb > As trong rau ăn lá và rau ăn củ, quả và ngược lại ở rau thơm.

Bảng 3.6. Hàm lượng kim loại nặng từng loại rau (n=135) (mg/kg)

Loại rau (n=5/loại)	As		Pb		Cd		Cr	
	TB ± SD	n*	TB ± SD	n*	TB ± SD	n*	TB ± SD	n*
<i>Rau ăn lá</i>								
Cải bẹ dung	0,72 ± 0,16	0	0,79 ± 0,14	5	0,13 ± 0,17	2	0,09 ± 0,06	1
Cải bẹ xanh	0,88 ± 0,08	0	1,20 ± 0,31	5	1,25 ± 1,31	4	0,75 ± 0,17	5
Cải ngọt	0,49 ± 0,13	0	0,50 ± 0,23	3	0,57 ± 0,66	3	0,19 ± 0,32	1
Cải xanh	0,89 ± 0,49	2	0,80 ± 0,17	5	0,24 ± 0,37	1	0,32 ± 0,23	3
Dền đỏ	1,07 ± 0,43	3	0,84 ± 0,46	5	1,21 ± 0,67	5	0,50 ± 0,40	3
Dền tiều	0,67 ± 0,43	2	0,70 ± 0,37	4	0,65 ± 0,56	3	0,48 ± 0,31	4
Dền xanh	0,71 ± 0,24	1	0,66 ± 0,23	5	0,82 ± 0,78	3	0,38 ± 0,20	4
Rau đắng	1,07 ± 0,40	3	1,00 ± 0,37	5	0,90 ± 0,44	4	0,47 ± 0,40	3
Rau đay	1,02 ± 0,37	3	0,82 ± 0,37	4	0,88 ± 0,76	4	0,53 ± 0,30	5
Rau lang	0,78 ± 0,36	3	0,58 ± 0,28	3	1,01 ± 0,14	5	0,51 ± 0,17	5
Mồng tơi	0,7 ± 0,23	0	0,75 ± 0,19	5	0,91 ± 0,49	4	0,40 ± 0,26	4
Rau muống	0,90 ± 0,38	4	0,65 ± 0,31	4	1,21 ± 0,29	5	0,50 ± 0,34	4
<i>Rau đậu/quả</i>								
Đậu bắp	1,05 ± 0,33	3	0,97 ± 0,60	5	0,96 ± 0,89	4	0,58 ± 0,62	3
Đậu cô ve	1,24 ± 0,32	4	0,96 ± 0,52	4	0,66 ± 0,86	2	0,80 ± 0,21	5
Đậu đũa	0,90 ± 0,33	2	0,73 ± 0,26	4	0,47 ± 0,51	3	0,73 ± 0,16	5
Đậu rồng	0,88 ± 0,36	1	0,83 ± 0,35	5	0,50 ± 0,64	2	0,84 ± 0,05	5
Cà tím	0,67 ± 0,57	1	0,70 ± 0,37	4	0,09 ± 0,05	1	0,11 ± 0,13	1
Dưa chuột	0,85 ± 0,20	2	0,86 ± 0,18	5	1,06 ± 0,68	4	0,67 ± 0,17	5
Mướp đắng	0,86 ± 0,46	2	0,83 ± 0,41	5	0,87 ± 0,45	4	0,77 ± 0,46	5
Mướp	0,69 ± 0,14	0	0,63 ± 0,23	5	1,22 ± 0,71	4	0,40 ± 0,22	4
<i>Rau thơm</i>								
Diếp cá	0,75 ± 0,39	2	0,67 ± 0,23	4	0,74 ± 0,66	3	0,46 ± 0,21	5
Húng cây	0,60 ± 0,27	1	0,57 ± 0,54	4	1,02 ± 0,49	5	0,44 ± 0,30	4
Húng quế	0,79 ± 0,39	1	0,84 ± 0,41	5	0,88 ± 0,80	3	0,42 ± 0,36	5
Lá lốt	0,80 ± 0,19	0	0,72 ± 0,12	5	0,74 ± 0,66	3	0,51 ± 0,07	5
Rau răm	1,02 ± 0,14	4	0,87 ± 0,22	5	1,18 ± 0,66	5	0,50 ± 0,38	4
Tía tô	1,11 ± 0,28	3	1,04 ± 0,30	5	0,97 ± 0,51	4	0,80 ± 0,25	5
Xà lách	1,16 ± 0,14	5	1,10 ± 0,19	5	0,98 ± 0,53	4	0,60 ± 0,43	4

Ghi chú: n*: Số mẫu không đạt GHCP; Hàm lượng TĐCP As, Pb, Cd và Cr trong rau: 1,0; 0,3; 0,3; 0,1 mg/kg tương ứng (QĐ 99/2008/Bộ NN-PTNT).

Nhận xét: Hàm lượng As trong các mẫu rau đều nằm trong GHCP trừ một số mẫu đậu đỗ (đậu bắp, đậu cove), rau ăn lá (dền đỏ, rau đắng) và một số loại rau thơm (tía tô, xà lách, rau răm). Hàm lượng Pb và Cd cao nhất được phát hiện ở rau cải bẹ xanh (1,20 và 1,25 mg/kg tương ứng) trong khi đó hàm lượng As cao nhất được tìm thấy trong mẫu đậu bắp và đậu cove (1,26 mg/kg).

3.1.4. Hàm lượng kim loại nặng trong thủy sản nuôi trồng

Bảng 3.7. Hàm lượng KLN trong một số mẫu thủy sản nuôi (mg/kg)

	Cá quả		Cá trê		Ốc nhồi		Tôm sú	
	TB (Min, Max)	n* (%)	TB (Min, Max)	n* (%)	TB (Min, Max)	n* (%)	TB (Min, Max)	n* (%)
As	1,18 (1,18-1,19)	-	1,66 (1,56-1,80)	-	0,80 (0,77-0,81)	-	0,80 (0,77-0,81)	-
Pb	0,08 (0,07-0,09)	0	0,10 (0,08-0,12)	0	1,24 (0,72-1,76)	10 (100)	1,24 (0,72-1,76)	10 (100)
Cd	2,30 (1,91-2,74)	10 (100)	1,06 (0,94-1,18)	10 (100)	1,62 (1,35-1,97)	10 (100)	1,62 (1,35-1,97)	10 (100)
Cr	2,12 (1,96-2,31)	-	2,25 (2,04-2,47)		1,46 (1,03-1,87)	-	1,46 (1,03-1,87)	-
Hg	KPH	0	KPH	0	KPH	0	KPH	0

Ghi chú:

n^* : Số mẫu vượt GHCP;

Chưa có tiêu chuẩn quy định hàm lượng tối đa cho phép của As

Pb tối đa cho phép: $\leq 0,5$ (tôm sú), $\leq 1,0$ (ốc nhồi), $\leq 0,3$ (cá) mg/kg ((QCVN 8-2:2011);

Cd tối đa cho phép: $\leq 0,5$ (tôm sú), $\leq 2,0$ (ốc nhồi), $\leq 0,05$ (cá) (QCVN 8-2:2011)

Nhận xét:

Kết quả xét nghiệm một số mẫu thủy sản nuôi tại khu vực nghiên cứu cho thấy 100% mẫu tôm, ốc (20/20) có Pb và 40/40 (100%) mẫu thủy sản xét nghiệm có hàm lượng Cd vượt GHCP.



Hình 3.1. Vị trí ô nhiễm kim loại nặng tại khu vực nghiên cứu

3.2 Thực trạng cơ cấu bệnh tật và nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe dân cư do thẩm nhiễm kim loại nặng tại địa điểm nghiên cứu

3.2.1 Thực trạng bệnh tật của người dân khu vực nghiên cứu

Bảng 3.8. Thông tin chung về đối tượng nghiên cứu (n=1010)

Thông tin	Tam Hưng (n= 520)		Minh Đức (n= 490)		Tổng (n=1010)	
	n	%	n	%	n	%
Giới						
Nam	225	43,27	222	45,31	447	44,26
Nữ	295	56,73	268	54,69	563	55,74
Tuổi						
18 - 29	72	13,85	56	11,43	128	12,67
30 - 39	101	19,42	112	22,86	213	21,09
40 - 49	110	21,15	140	28,57	250	24,75
50 - 59	125	24,04	89	18,16	214	21,19
≥ 60	112	21,54	93	18,98	205	20,30
Dân tộc						
Kinh	515	99,04	486	99,18	1001	99,11
Khác	5	0,96	4	0,82	9	0,89
Nghề nghiệp						
Nông dân	356	68,46	358	73,06	714	70,69
Nghề khác	164	31,54	132	26,94	296	29,31
Học vấn						
Tiểu học	144	27,69	132	26,94	276	27,33
THCS	260	50,00	256	52,24	516	51,09
≥THPT	116	22,31	102	20,82	218	21,58
Tổng	520	100	490	100	1010	100

Nhận xét: Đa số đối tượng tham gia nghiên cứu là nữ giới (55,74%), hầu hết là người dân tộc Kinh với nghề nghiệp chính là nông dân (70,69%) và có trình độ học vấn phổ biến là ≥THPT (51,09%). Về độ tuổi, đối tượng nghiên cứu chủ yếu ở nhóm tuổi 40-49 tuổi (24,75%), thấp nhất là nhóm 18-29 tuổi (12,67%).

Bảng 3.9. Phân bố tỷ lệ mắc một số bệnh thường gặp theo giới (n=1010)

Nhóm bệnh	Nam (n =447)		Nữ (n= 563)		Tổng (n=1010)		p
	n	%	n	%	n	%	
Tuần hoàn	179	40,04	240	42,63	419	41,49	0,41
Hô hấp	136	30,43	166	29,48	302	29,90	0,75
Tiêu hóa	223	49,89	264	46,89	487	48,22	0,34
Tiết niệu	35	7,83	37	6,57	72	7,13	0,44
Hệ vận động	196	43,85	236	41,92	432	42,77	0,54
Nội tiết - chuyển hóa	82	18,34	98	17,41	180	17,82	0,69
Tai - Mũi - Họng	155	34,68	143	25,40	298	29,50	<0,01
Răng - Hàm - Mặt	373	83,45	477	84,72	850	84,16	0,58
Mắt	107	23,94	141	25,04	248	24,55	0,68
Da liễu	152	34,00	244	43,34	396	39,21	<0,01
Tâm thần kinh	215	48,10	280	49,73	495	49,01	0,61
Truyền nhiễm	273	61,07	330	58,61	603	59,70	0,43

Nhận xét:

Tỷ lệ bệnh thường gặp ở người trưởng thành sống quanh khu vực các nhà máy, xí nghiệp ở cả 2 xã là khá cao, cao nhất là các bệnh răng - hàm - mặt (84,16%), truyền nhiễm (59,70%). Các bệnh có tỷ lệ mắc thấp hơn là bệnh ngoài da (39,21%), bệnh tiêu hóa (48,22%), tuần hoàn (41,49%). Có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo giới ở tỷ lệ mắc bệnh tai mũi họng (nam > nữ) và da liễu (nữ > nam) ($p < 0,05$).

Bảng 3.10. Tỷ lệ mắc bệnh ở xã Tam Hưng và thị trấn Minh Đức theo chương bệnh trong 5 năm (2014-2018)

Chương bệnh	Năm	2014	2015	2016	2017	2018
		(n=388)	(n=552)	(n=521)	(n=488)	(n=538)
I - Bệnh nhiễm khuẩn và ký sinh vật		5,58	6,52	5,57	4,92	5,02
II - Khô u		16,24	17,57	18,23	19,26	20,07
III - Bệnh máu, cơ quan tạo máu, miễn dịch		5,86	5,25	4,22	4,10	4,46
IV - Bệnh nội tiết, dinh dưỡng chuyên hóa		5,61	4,36	3,45	2,25	2,97
VI - Bệnh hệ thần kinh		3,06	2,54	3,07	1,84	1,49
VII - Bệnh mắt & phân phụ		3,58	2,72	2,69	2,66	2,42
VIII - Bệnh tai & xương chũm		0,77	0,72	1,15	1,64	1,86
IX - Bệnh hệ tuần hoàn		9,28	9,60	11,32	12,09	12,45
X - Bệnh hệ hô hấp		6,15	3,44	7,10	5,33	14,13
XI - Bệnh tiêu hóa		9,02	10,33	11,71	11,89	12,08
XII - Bệnh da và mô dưới da		2,80	1,45	1,34	1,84	1,86
XIII - Bệnh hệ cơ xương và mô liên kết		3,87	1,63	3,07	1,23	2,23
XIV - Bệnh hệ tiết niệu-sinh dục		6,15	6,70	4,80	7,99	6,51
XVIII - Triệu chứng, dấu hiệu bất thường, không phân loại ở nơi khác		3,29	1,45	0,96	5,53	2,04
XIX - Chấn thương, ngộ độc		19,18	13,22	14,97	20,08	14,87
Khác		2,53	1,63	1,34	1,43	1,49

Nhận xét: Trong 5 năm, tỷ lệ mắc bệnh tại 2 xã tập trung chủ yếu vào các chương bệnh Chương II, Chương IX, X, XI và XIX. Tỷ lệ mắc bệnh của người dân 2 xã ở một số chương bệnh có xu hướng tăng dần theo năm. Cụ

thể: Bệnh Khó thở - Chương II, Bệnh tuần hoàn-Chương IX và Bệnh tiêu hóa - Chương XI tăng lần lượt từ 16,24%; 9,28% và 9,02% năm 2014 đến 20,07%; 12,45% và 12,08% năm 2018 tương ứng.

3.2.2 Hàm lượng kim loại nặng trong máu, nước tiểu của đối tượng nghiên cứu

Bảng 3.11. Hàm lượng kim loại nặng trong máu và nước tiểu (n=450)

Chỉ tiêu xét nghiệm	TB \pm SD	Min - Max	Số mẫu vượt ngưỡng (n, %)	Ngưỡng bình thường
Pb máu ($\mu\text{g/dL}$)	9,06 \pm 0,99	6,23-11,35	96 (21,33)	< 10 ($\mu\text{g/dL}$)
Cd máu ($\mu\text{g/l}$)	KPH		(0,0)	-
As niệu tổng số ($\mu\text{g/l}$)	69,96 \pm 23,38	44,65- 143,32	174 (38,67)	< 60 ($\mu\text{g/l}$)
ALA niệu (mg/l)	4,50 \pm 1,59	2,16 - 11,24	96 (21,33)	< 5 (mg/L)
Cr niệu ($\mu\text{g/l}$)	40,04 \pm 6,97	21,38 - 86,56	-	-
Hg niệu ($\mu\text{g/l}$) (niệu)	1,32 \pm 0,51	0,37 -3,50	(0,0)	-

Nhận xét:

21,33% mẫu xét nghiệm có Pb máu và ALA niệu cao hơn ngưỡng bình thường; 38,67% mẫu có As-niệu cao hơn ngưỡng bình thường. Chưa phát hiện được hàm lượng Cd-máu trong khi hàm lượng Hg-niệu trong giới hạn bình thường.

Bảng 3.12. Phân bố Asen thành phần trong nước tiêu (n=450)

Asen thành phần	Hàm lượng ($\mu\text{g/L}$)	Tỷ lệ %
MMA	$7,01 \pm 1,14$	10,00
DMA	$50,39 \pm 22,95$	72,06
IA ($\text{As}^{\text{V}} + \text{As}^{\text{III}}$)	$8,09 \pm 0,81$	11,55
AB	$4,48 \pm 0,57$	6,39

Nhận xét:

Asen có nguồn gốc vô cơ chiếm 93,61%, trong đó Asen vô cơ hóa trị III và IV chiếm 11,55% lượng bài tiết trong nước tiêu; về dạng chuyển hóa của Asen vô cơ trong nước tiêu, 72,22% là DMA và 10,00% là MMA. Asen hữu cơ (có nguồn gốc hải sản) chiếm 6,39%.

Bảng 3.13. Phân bố hàm lượng Asen niệu theo giới (n=450)

Giới	Nam (n=225)		Nữ (n=225)		Chung (n=450)		p
	n	%	n	%	n	%	
Mức As niệu							
Bình thường (< 60$\mu\text{g/L}$)	147	65,33	129	57,33	276	61,33	0,08
Vượt ngưỡng sinh học (>= 60 $\mu\text{g/L}$)	78	34,67	96	42,67	174	38,67	

Nhận xét:

Tỷ lệ thâm nhiễm Asen niệu ở đối tượng nghiên cứu là 38,67%. Không có sự khác biệt về tỷ lệ thâm nhiễm Asen niệu theo giới ($p > 0,05$).

Bảng 3.14. Phân bố ALA niệu theo giới (n=450)

Giới Chỉ số ALA	Nam (n=225)		Nữ (n=225)		Cộng (n=450)		p
	n	%	n	%	n	%	
< 5 mg/l	175	77,78	179	79,56	354	78,67	0,39
≥ 5 mg/l	50	22,22	46	20,44	96	21,33	

Nhận xét: Tỷ lệ thâm nhiễm chì theo ALA niệu 24h giờ (≥ 5 mg/dL) ở đối tượng nghiên cứu là 21,33%, tuy nhiên không có sự khác biệt về tỷ lệ thâm nhiễm theo giới ($p > 0,05$).

Bảng 3.15. Phân bố hàm lượng Pb máu theo giới (n=450)

Giới Pb máu	Nam (n=225)		Nữ (n=225)		Tổng (n=450)		p
	n	%	n	%	n	%	
< 10 $\mu\text{g/dL}$	175	77,78	179	79,56	354	78,67	0,39
≥ 10 $\mu\text{g/dL}$	50	22,22	46	20,44	96	21,33	

Nhận xét: Tỷ lệ thâm nhiễm chì máu (≥ 10 $\mu\text{g/dL}$) ở đối tượng nghiên cứu là 21,33%. Không có sự khác biệt về tỷ lệ thâm nhiễm theo giới ($p > 0,05$).

Bảng 3.16. Phân bố thâm nhiễm KLN theo giới (n=450)

Giới Thâm nhiễm KLN	Nam (n=225)		Nữ (n=225)		Tổng (n=450)		p
	SL	%	SL	%	SL	%	
Có*	86	38,20	99	44,00	185	41,10	0,213
Không	139	61,80	126	56,00	265	58,90	

*: Pb máu ≥ 10 $\mu\text{g/dL}$, hoặc As niệu > 60 , hoặc ALA niệu ≥ 5 mg/L

Nhận xét: Tỷ lệ thâm nhiễm KLN ở đối tượng nghiên cứu là 41,10%. Tuy nhiên, không có sự khác biệt về tỷ lệ thâm nhiễm giữa nam và nữ ($p > 0,05$).

3.2.3 Mối liên quan giữa thâm nhiễm kim loại nặng và sức khoẻ của đối tượng nghiên cứu

Bảng 3.17. Mối liên quan giữa tỷ lệ mắc bệnh thường gặp với thâm nhiễm KLN (n=450)

Thâm nhiễm Triệu chứng/bệnh	Có (n= 185)		Không (n =265)		p	OR (95%CI)
	n	%	n	%		
Tuần hoàn	122	65,95	76	28,68	< 0,01	4,82 (3,22-7,21)
Hô hấp	79	42,70	58	21,89	< 0,01	2,66 (1,76-4,02)
Tiêu hóa	120	64,86	103	38,87	< 0,01	2,90 (1,97-4,29)
Tiết niệu	33	17,84	3	1,13	< 0,01	18,96 (5,72-62,87)
Hệ vận động	102	55,14	113	42,64	< 0,01	1,65 (1,13-2,41)
Nội tiết - chuyển hóa	36	19,46	36	13,58	0,09	1,54 (0,93-2,55)
Tai - Mũi - Họng	71	38,38	64	24,15	< 0,01	1,96 (1,30-2,94)
Răng - Hàm - Mặt	183	98,92	188	70,94	< 0,01	37,48 (9,07-154,81)
Mắt	52	28,11	61	23,02	0,22	1,31 (0,85-2,01)
Da liễu	112	60,54	41	15,47	< 0,01	8,38 (5,37-13,08)
Tâm thần kinh	74	40,00	61	23,02	< 0,01	2,23 (1,48-3,36)
Truyền nhiễm	127	68,65	150	56,60	0,01	1,68 (1,13-2,49)

Nhận xét: Tỷ lệ mắc bệnh ở nhóm thâm nhiễm KLN cao hơn từ 37,48 lần về bệnh RHM; 18,96 lần về bệnh Tiết niệu; 8,38 lần về bệnh Da liễu; 4,82 lần về triệu chứng/bệnh tuần hoàn; 2,23-2,90 lần về bệnh tâm thần kinh, hô

hấp, tiêu hóa; 1,65-1,96 lần về bệnh hệ vận động, truyền nhiễm và Tai mũi họng có ý nghĩa thống kê so với nhóm không có phơi nhiễm ($p < 0,05$).

Không phát hiện được ảnh hưởng của việc thâm nhiễm KLN đến tỷ lệ mắc triệu chứng bệnh mắt và Nội tiết-chuyển hóa ($p > 0,05$).

Bảng 3.18. Mối liên quan giữa một số triệu chứng nhiễm độc với thâm nhiễm KLN (n=450)

Thâm nhiễm Triệu chứng	Có (n= 185)		Không (n =265)		p	OR (95%CI)
	n	%	n	%		
Suy nhược cơ thể	133	71,89	88	33,21	< 0,01	5,14 (3,41 - 7,75)
Suy nhược thần kinh	126	68,11	107	40,38	< 0,01	3,15 (2,13 - 4,68)
Bị rụng tóc	74	40,00	30	11,32	< 0,01	5,22 (3,23 - 8,44)
Rối loạn cảm giác	65	35,14	29	10,94	< 0,01	4,41 (2,70 - 7,19)
Rối loạn vận mạch	118	63,78	70	26,42	< 0,01	4,91 (3,27 - 7,36)
Dày sừng	11	5,95	1	0,38	< 0,01	16,69 (2,14-130,43)
Rối loạn sắc tố da	18	9,73	4	1,51	< 0,01	7,03 (2,34 - 21,14)
Khối u	16	8,65	0	0,00	< 0,01	-
Bệnh lý về thai sản	5/22	22,73	1/29	3,45	0,03	8,24 (0,89 - 76,59)

Nhận xét:

Việc tiếp xúc KLN làm tỷ lệ mắc một số bệnh, triệu chứng bệnh ở nhóm phơi nhiễm cao hơn có ý nghĩa thống kê so với nhóm không phơi nhiễm ($p < 0,05$). Cụ thể, tỷ lệ mắc bệnh/triệu chứng cao nhất là dày sừng (16,69 lần), rối loạn sắc tố da (7,03 lần), tiếp đến là rụng tóc và suy nhược cơ

thể (5 lần), rối loạn vận mạch, rối loạn cảm giác (4,41-4,91 lần), suy nhược thần kinh (3,15 lần).

Bảng 3.19. Phân bố chỉ số hoá sinh máu theo thâm nhiễm kim loại nặng (n=450)

Thâm nhiễm Chỉ số máu	Có (n=185) n (%)	Không (n=265) n (%)	OR(95%CI)	p
Số lượng hồng cầu/L				
< 4,0 x 10 ¹²	22 (11,89)	15 (5,66)	1,96 (0,98-3,90)	0,052
4,0 x 10 ¹² - 5,4 x 10 ¹²	155 (83,78)	207 (78,11)	1	-
> 5,4 x 10 ¹²	8 (4,32)	43 (16,23)	4,02 (1,84-8,81)	< 0,001
Hàm lượng huyết sắc tố (g/L)				
<120	40 (21,62)	13 (4,91)	5,31 (2,74-10,27)	< 0,001
120-140	138 (74,59)	238 (89,81)	1	
>140 g/L	7 (3,78)	14 (5,28)	0,86 (0,34-2,19)	0,75
Số lượng Bạch cầu/L				
<4,9 x 10 ⁹	34 (18,38)	15 (5,66)	3,81 (2,00-7,25)	< 0,001
5,0 x 10 ⁹ - 10,0 x 10 ⁹	134 (72,43)	225 (84,91)	1	-
> 10,0 x 10 ⁹	17 (9,19)	25 (9,43)	0,88 (0,46-1,68)	0,69
Số lượng tiểu cầu/L				
<149 x10 ⁹	21 (11,35)	6 (2,26)	5,56 (2,20-14,09)	< 0,001
150 x10 ⁹ - 500 x10 ⁹	156 (84,32)	248 (93,58)	1	
>500 x10 ⁹	8 (4,32)	11 (4,15)	0,46 (0,18-1,16)	0,09

Nhận xét:

Tỷ lệ đối tượng có hàm lượng huyết sắc tố, số lượng bạch cầu, tiểu cầu dưới giá trị sinh học ở nhóm thâm nhiễm cao gấp 3,8-5,5 lần nhóm không thâm nhiễm có ý nghĩa thống kê (p<0,05).

3.2.4 Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do tiêu thụ thực phẩm và nước nhiễm kim loại nặng

**Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do nguồn nước ăn uống và thực phẩm nhiễm KLN*

Liều ước lượng KLN đưa vào cơ thể trong một ngày qua đường ăn uống được tính dựa vào hàm lượng KLN trong nguồn nước, ăn uống; thể tích nước tiêu thụ trung bình trong một ngày và thể trọng người sử dụng nước. Giả định rằng: *i)* sử dụng nước giếng khoan sau lọc để ăn uống với mức ô nhiễm hiện tại, *ii)* người đó tiêu thụ trung bình 2 lít nước ăn uống trong một ngày (theo hướng dẫn của WHO) và *iii)* người đó có thể trọng trung bình 50,53 kg (nam giới là 55,86 kg, nữ giới là 44,26 kg).

Bảng 3.20. Liều ước lượng KLN đưa vào cơ thể qua đường uống/ngày (n=222)

Chỉ số nghiên cứu	D (mg/kg/ngày)	TDI (mg/kg/ngày)	Số mẫu vượt TDI n (%)
Asen	0,0031 ± 0,0006	0,002	114 (51,35)
Chì	0,0030 ± 0,0041	0,003	144 (64,86)
Cadimi	0,0012 ± 0,0004	0,060	0 (0)
Crom	0,0066 ± 0,0078	0,300	0 (0)

Nhận xét:

Liều ước lượng trung bình của Asen và chì đưa cơ thể trong 1 ngày qua đường ăn uống là 0,0031 và 0,003 mg/kg/ngày. Có 51,35%-64,86% hộ gia đình sử dụng nước giếng có chỉ số D > TDI, tương ứng 51,35%-64,86% hộ gia đình bị ảnh hưởng sức khỏe do sử dụng nước giếng nhiễm Asen và chì.

Tuy liều ước lượng của Cd và Cr đưa vào cơ thể trong ngày qua đường ăn uống là 0,0012± 0,0004 mg/kg và 0,0066 ± 0,0078 mg/kg tương ứng, nhưng chưa có hộ gia đình nào bị ảnh hưởng sức khỏe do không có mẫu nào vượt TDI về Cd và Cr.

**Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do tiêu thụ rau, thủy sản nhiễm kim loại nặng*

Bảng 3.21. Thương số nguy cơ HQ do tiêu thụ thực phẩm ở nam giới

HQ Thực phẩm	As (RfD = 0,0003)	Cd (RfD = 0,001)	Pb (RfD = 0,0035)	Cr (RfD = 1,5)
	TB ± SD	TB ± SD	TB ± SD	TB ± SD
Tôm sú	0,998 ± 0,015	0,610 ± 0,092	0,133 ± 0,049	0,0004 ± 0,0001
Ốc nhồi	1,499 ± 0,017*	1,191 ± 0,100*	0,228 ± 0,036	0,0004 ± 0,0001
Cá quả	1,479 ± 0,004*	0,863 ± 0,098	0,008 ± 0,001	0,0005 ± 0,000
Cá trê	2,086 ± 0,105*	0,397 ± 0,034	0, ± 0,002	0,0006 ± 0,000
Rau cải xanh	3,471 ± 1,918*	0,284 ± 0,433	0,265 ± 0,056	0,0012 ± 0,0002
Rau muống	3,504 ± 1,482*	1,409 ± 0,342*	0,216 ± 0,104	0,0004 ± 0,0003
Rau lang	3,025 ± 1,399*	1,179 ± 0,158*	0,193 ± 0,093	0,0004 ± 0,0001
Cải ngọt	1,886 ± 0,497*	0,669 ± 0,771	0,167 ± 0,077	0,0001 ± 0,0003
Đậu đũa	3,477 ± 1,264*	0,542 ± 0,597	0,244 ± 0,088	0,0006 ± 0,0001
Mồng toi	2,998 ± 0,899*	1,064 ± 0,566*	0,250 ± 0,062	0,0003 ± 0,0002
Mướp	2,686 ± 0,526*	1,424 ± 0,822*	0,209 ± 0,075	0,0003 ± 0,0002
Dưa chuột	3,280 ± 0,767*	1,233 ± 0,791*	0,287 ± 0,058	0,0005 ± 0,0001

*: HQ > 1

Nhận xét:

Đối với nam giới, giá trị thương số nguy cơ HQ trung bình của KLN theo thứ tự As > Cd > Pb > Cr và lần lượt dao động trong khoảng từ: 0,998 (tôm sú) đến 3,504 (rau muống); 0,284 (rau cải xanh) đến 1,424 (mướp); 0,008 (cá quả) đến 0,287 (dưa chuột) và 0,0001 (cải ngọt) đến 0,0012 (rau cải xanh) tương ứng.

Ngoại trừ tôm sú, HQ trung bình của As ở cả 11 loại rau, hải sản nghiên cứu và HQ trung bình của Cd ở một số thực phẩm (ốc nhồi, rau muống, rau lang, mồng toi, mướp, dưa chuột) đều vượt ngưỡng an toàn (>1).

Bảng 3.22. Thương số nguy cơ HQ do tiêu thụ thực phẩm ở nữ giới

Thực phẩm \ HQ	As (RfD = 0,0003)	Cd (RfD = 0,001)	Pb (RfD = 0,0035)	Cr (RfD = 1,5)
	TB ± SD	TB ± SD	TB ± SD	TB ± SD
Tôm sú	0,990 ± 0,015	0,605 ± 0,091	0,132 ± 0,048	0,0004 ± 0,0001
Ốc nhồi	1,487 ± 0,017*	1,214 ± 0,099*	0,226 ± 0,036	0,0004 ± 0,0001
Cá quả	1,467 ± 0,004*	0,856 ± 0,097	0,008 ± 0,001	0,0005 ± 0,0000
Cá trê	2,069 ± 0,104*	0,394 ± 0,034	0,011 ± 0,002	0,0006 ± 0,0000
Rau cải xanh	4,380 ± 2,421*	0,358 ± 0,547	0,335 ± 0,070	0,0003 ± 0,0002
Rau muống	4,422 ± 1,871*	1,779 ± 0,432*	0,273 ± 0,131	0,0005 ± 0,0003
Rau lang	3,817 ± 1,765*	1,488 ± 0,200*	0,243 ± 0,117	0,0005 ± 0,0002
Cải ngọt	2,380 ± 0,627*	0,844 ± 0,973	0,211 ± 0,097	0,0002 ± 0,0003
Đậu đũa	4,388 ± 1,595*	0,684 ± 0,754	0,308 ± 0,111	0,0007 ± 0,0002
Mồng toi	3,784 ± 1,134*	1,343 ± 0,715*	0,316 ± 0,078	0,0004 ± 0,0003
Muróp	3,390 ± 0,664*	1,797 ± 1,038*	0,264 ± 0,095	0,0004 ± 0,0002
Dưa chuột	4,140 ± 0,969*	1,556 ± 0,999*	0,362 ± 0,074	0,0007 ± 0,0002

*: $HQ > 1$ *Nhận xét:*

Đối với nữ giới, giá trị HQ của As, Cd, Pb và Cr cũng theo thứ tự $As > Cd > Pb > Cr$ và lần lượt dao động trong khoảng từ: 0,990 (tôm sú) đến 4,422 (rau muống); 0,358 (rau cải xanh) đến 1,797 (rau muống); 0,008 (cá quả) đến 0,335 (rau cải xanh) và 0,0002 (cải ngọt) đến 0,0007 (đậu đũa, dưa chuột) tương ứng. Ngoại trừ tôm sú, HQ trung bình của As trong 11 thực phẩm nghiên cứu; HQ trung bình Cd ở một số thực phẩm (ốc nhồi, rau muống, rau lang, mồng toi, muróp, dưa chuột) đã vượt ngưỡng an toàn ($HQ > 1$).

Bảng 3.23. Chỉ số tác động (HI) do tiêu thụ thực phẩm nhiễm KLN theo giới

Thực phẩm	HI	
	TB ± SD	
	Nam	Nữ
Tôm sú	1,742 ± 0,052	1,727 ± 0,052
Ốc nhồi	2,952 ± 0,112	2,927 ± 0,111
Cá quả	2,351 ± 0,097	2,331 ± 0,096
Cá trê	2,495 ± 0,105	2,474 ± 0,104
Rau cải xanh	4,020 ± 1,832	5,074 ± 2,312
Rau muống	5,130 ± 1,717	6,474 ± 2,167
Rau lang	4,396 ± 1,493	5,549 ± 1,884
Cải ngọt	2,722 ± 1,115	3,435 ± 1,408
Mồng toi	4,264 ± 1,529	5,381 ± 1,930
Đậu đũa	4,313 ± 1,367	5,443 ± 1,726
Mướp	4,319 ± 0,645	5,451 ± 0,814
Dưa chuột	4,800 ± 1,306	6,058 ± 1,648

Nhận xét:

Giá trị HI trung bình của 12/12 loại thực phẩm nghiên cứu đều > 1 ở cả 2 giới và theo thứ tự: rau muống > dưa chuột > rau lang > mướp > mồng toi > đậu đũa > rau cải xanh > ốc nhồi, cải ngọt > cá trê > cá quả > tôm sú.

Nguy cơ ung thư do phơi nhiễm kim loại nặng từ nước và thực phẩm**Nguy cơ ung thư do tiêu thụ nước nhiễm KLN**

Để ước tính được nguy cơ ung thư, các biến số về nồng độ KLN trong nước (C), số ngày sử dụng nước giếng khoan để ăn uống trong một năm (EFi) và số năm sử dụng nước (EDi) đã được mô tả bởi các hàm phân bố xác suất.

Nguy cơ ung thư trung bình được tính dựa vào 10.000 lần mô phỏng theo Monte Carlo do tiêu thụ nước, thực phẩm nhiễm KLN với các kịch bản cụ thể.

As	Cd	Pb	Cr
CSF = 1,5	CSF = 0,38	CSF= 0,0085	CSF = 0,5
0,003	0,001	0,0035	1,5

$$CR = CDI (ADD)/CSF.$$

Bảng 3.24. Nguy cơ ung thư ước tính do nước nhiễm Asen

Biến số	Ngưỡng chấp nhận	Min	Max	\bar{X}	SD	Xác suất xảy ra nguy cơ trung bình
R ₁	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁴	3,2 x 10 ⁻³	5,8 x 10 ⁻³	4,6 x 10 ⁻³	0,9 x 10 ⁻³	0,1215
R ₂		3,8 x 10 ⁻³	6,9 x 10 ⁻³	5,5 x 10 ⁻³	1,1 x 10 ⁻³	0,1442
R ₃		4,8 x 10 ⁻³	8,7 x 10 ⁻³	6,9 x 10 ⁻³	1,4 x 10 ⁻³	0,1232
R ₄		27,7 x 10 ⁻³	50,1 x 10 ⁻³	40,1 x 10 ⁻³	8,2 x 10 ⁻³	0,2342

Ghi chú:

R₁: nguy cơ ung thư hiện tại ở người trưởng thành tại 2 xã nghiên cứu.

R₂: nguy cơ ung thư sau 5 năm nếu tiếp tục sử dụng nước giếng có KLN như hiện tại để ăn uống

R₃: nguy cơ ung thư sau 10 năm nếu tiếp tục sử dụng nước giếng có KLN như hiện tại để ăn uống

R₄: nguy cơ ung thư ước tính nếu sử dụng nước giếng có KLN như hiện tại để ăn uống trong cả cuộc đời.

Nhận xét:

Nguy cơ ung thư ước tính hiện tại của người trưởng thành tại 2 xã Tam Hưng và Minh Đức do sử dụng nước giếng nhiễm Asen để ăn uống trong là 4,6 x 10⁻³, cao hơn ngưỡng chấp nhận được. 5 năm sau, nguy cơ sẽ là 5,5 x 10⁻³ (tăng 1,34 lần); 10 năm sau, nguy cơ sẽ là 6,9 x 10⁻³, tăng 1,5 lần so với hiện tại.

Bảng 3.25. Nguy cơ ung thư ước tính do nước nhiễm chì

Biến số	Ngưỡng chấp nhận	Min	Max	\bar{X}	SD	Xác suất xảy ra nguy cơ trung bình
R ₁	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁴	3,12 x 10 ⁻⁶	8,73 x 10 ⁻⁵	2,56 x 10 ⁻⁵	3,50 x 10 ⁻⁵	0,2912
R ₂		3,74 x 10 ⁻⁶	10 x 10 ⁻⁵	3,07 x 10 ⁻⁵	4,20 x 10 ⁻⁵	0,3112
R ₃		4,68 x 10 ⁻⁶	10 x 10 ⁻⁵	3,83 x 10 ⁻⁵	5,25 x 10 ⁻⁵	0,3226
R ₄		2,71 x 10 ⁻⁵	80 x 10 ⁻⁵	20 x 10 ⁻⁵	30 x 10 ⁻⁵	0,4456

Nhận xét:

Nguy cơ ung thư trung bình ước tính hiện tại của người trưởng thành tại xã Tam Hưng và Minh Đức do sử dụng nước giếng nhiễm chì để ăn uống có là 2,56 x 10⁻⁵. Nguy cơ này tăng lên 1,2 lần sau 5 năm và 1,5 lần sau 10 năm, tuy nhiên, nguy cơ ung thư đều nằm trong ngưỡng chấp nhận được.

Bảng 3.26. Nguy cơ ung thư ước tính do nước nhiễm cadimi

Biến số	Ngưỡng chấp nhận	Min	Max	\bar{X}	SD	Xác suất xảy ra nguy cơ trung bình
R ₁	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁴	3 x 10 ⁻⁴	6 x 10 ⁻⁴	5 x 10 ⁻⁴	1 x 10 ⁻⁴	0,2721
R ₂		3 x 10 ⁻⁴	8 x 10 ⁻⁴	6 x 10 ⁻⁴	2 x 10 ⁻⁴	0,2936
R ₃		4 x 10 ⁻⁴	10 x 10 ⁻⁴	7 x 10 ⁻⁴	2 x 10 ⁻⁴	0,2978
R ₄		24 x 10 ⁻⁴	56 x 10 ⁻⁴	40 x 10 ⁻⁴	12 x 10 ⁻⁴	0,4002

Nhận xét:

Nguy cơ ung thư ước tính hiện tại của người trưởng thành tại 2 xã nghiên cứu do sử dụng nước giếng nhiễm cadimi để ăn uống là 5 x 10⁻⁴, cao hơn ngưỡng tối đa có thể chấp nhận được (10⁻⁴). Nguy cơ ước tính là 6 x 10⁻⁴ sau 5 năm (tăng 1,2 lần), và 7 x 10⁻⁴ sau 10 năm (tăng 1,4 lần) so với hiện tại.

Bảng 3.27. Nguy cơ ung thư ước tính do nước nhiễm crom

Biến số	Ngưỡng chấp nhận	Min	Max	\bar{X}	SD	Xác suất xảy ra nguy cơ trung bình
R ₁	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁴	5 x 10 ⁻⁴	9,4 x 10 ⁻³	3,3 x 10 ⁻³	3,9 x 10 ⁻³	0,1005
R ₂		6 x 10 ⁻⁴	11,2 x 10 ⁻³	4,0 x 10 ⁻³	4,7 x 10 ⁻³	0,1112
R ₃		7 x 10 ⁻⁴	14,0 x 10 ⁻³	5,0 x 10 ⁻³	5,8 x 10 ⁻³	0,1200
R ₄		41 x 10 ⁻⁴	81,2 x 10 ⁻³	28,7 x 10 ⁻³	33,8 x 10 ⁻³	0,2122

Nhận xét:

Nguy cơ ung thư hiện tại của người trưởng thành tại xã Tam Hưng và Minh Đức do sử dụng nước giếng nhiễm crom để ăn uống có là $3,3 \times 10^{-3}$, cao hơn so với ngưỡng ung thư chấp nhận được. Nếu với mức sử dụng nước như hiện tại, nguy cơ này sẽ là $4,0 \times 10^{-3}$ sau 5 năm sau (tăng 1,21 lần); $5,0 \times 10^{-3}$ sau 10 năm (tăng 1,5 lần) so với hiện tại.

**Nguy cơ ung thư ước tính do tiêu thụ thực phẩm nhiễm KLN*

Bảng 3.28. Nguy cơ ung thư do tiêu thụ thủy sản nhiễm KLN theo giới

Hàm lượng		Min	Max	\bar{X}	SD
KLN					
As	Nam	4,37 x 10 ⁻⁷	1,02 x 10 ⁻⁶	6,82 x 10 ⁻⁷	1,77 x 10 ⁻⁷
	Nữ	4,37 x 10 ⁻⁷	1,01 x 10 ⁻⁶	6,76 x 10 ⁻⁷	1,76 x 10 ⁻⁷
Pb	Nam	2,20 x 10 ⁻¹⁰	8,63 x 10 ⁻⁹	2,83 x 10 ⁻⁹	2,91 x 10 ⁻⁹
	Nữ	2,19 x 10 ⁻¹⁰	8,56 x 10 ⁻⁹	2,80 x 10 ⁻⁹	2,88 x 10 ⁻⁹
Cd	Nam	6,36 x 10 ⁻¹⁰	2,48 x 10 ⁻⁹	1,39 x 10 ⁻⁹	5,81 x 10 ⁻¹⁰
	Nữ	6,31 x 10 ⁻¹⁰	2,46 x 10 ⁻⁹	1,38 x 10 ⁻⁹	5,76 x 10 ⁻¹⁰
Cr	Nam	1,94 x 10 ⁻⁷	4,64 x 10 ⁻⁷	3,54 x 10 ⁻⁷	7,70 x 10 ⁻⁸
	Nữ	1,92 x 10 ⁻⁷	4,60 x 10 ⁻⁷	3,51 x 10 ⁻⁷	7,64 x 10 ⁻⁸

Nhận xét:

Nguy cơ ung thư ước tính do KLN trong thủy sản tiêu thụ ở 2 giới là As > Cr > Pb > Cd và đều thấp hơn ngưỡng ung thư chấp nhận được.

Bảng 3.29. Nguy cơ ung thư do tiêu thụ rau nhiễm KLN theo giới

Hàm lượng KLN		Min	Max	\bar{X}	SD
As	Nam	$2,97 \times 10^{-7}$	$2,96 \times 10^{-6}$	$1,51 \times 10^{-6}$	$6,03 \times 10^{-7}$
	Nữ	$3,74 \times 10^{-7}$	$3,74 \times 10^{-6}$	$1,90 \times 10^{-6}$	$7,61 \times 10^{-7}$
Pb	Nam	$1,09 \times 10^{-9}$	$1,94 \times 10^{-8}$	$7,91 \times 10^{-9}$	$3,30 \times 10^{-9}$
	Nữ	$1,37 \times 10^{-9}$	$2,45 \times 10^{-8}$	$9,99 \times 10^{-9}$	$4,16 \times 10^{-9}$
Cd	Nam	0,00	$6,85 \times 10^{-9}$	$1,72 \times 10^{-9}$	$1,37 \times 10^{-9}$
	Nữ	0,00	$8,64 \times 10^{-9}$	$2,17 \times 10^{-9}$	$1,72 \times 10^{-9}$
Cr	Nam	$9,89 \times 10^{-9}$	$9,13 \times 10^{-7}$	$2,97 \times 10^{-7}$	$1,92 \times 10^{-7}$
	Nữ	$1,25 \times 10^{-8}$	$1,15 \times 10^{-6}$	$3,74 \times 10^{-7}$	$2,42 \times 10^{-7}$

Nhận xét: Nguy cơ ung thư ước tính trung bình do phơi nhiễm KLN trong rau tiêu thụ ở 2 giới là $As > Cr > Pb > Cd$ và đều thấp hơn ngưỡng ung thư chấp nhận được.

3.3 Kết quả thử nghiệm lọc kim loại nặng bằng than hoạt tính

3.3.1 Kết quả thử nghiệm loại bỏ kim loại nặng tại phòng thí nghiệm

Bảng 3.30. Kết quả lọc As trong nước bằng than hoạt tính sọ dừa và than dầu (ppm)

V lọc (L)	Than hoạt tính sọ dừa					V lọc (L)	Than hoạt tính than dầu				
	As đầu vào	0,1	0,2	0,5	1,0		As đầu vào	0,1	0,2	0,5	1,0
1	As đầu ra	0,059	0,116	0,415	0,920	20	As đầu ra	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
2		0,068	0,133	0,459	0,946	300		< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
3		0,085	0,167	0,472	0,975	600		< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
4		0,088	0,172	0,480	0,983	900		< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
6		0,092	0,179	0,484	0,987	1200		< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
8		0,094	0,185	0,491	0,988	1500		< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
12		0,093	0,186	0,495	0,990	1800		< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,015
24		0,096	0,191			2100		< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,028
48		0,097	0,197			2400		< 0,005	< 0,005	0,014	0,048
					2600	< 0,005	< 0,005	0,039	0,062		
TCCP: As < 0,01 ppm											

Nhận xét: Kết quả thử nghiệm bằng than hoạt tính vỏ dừa cho thấy hàm lượng As đầu ra cao gấp nhiều lần giới hạn cho phép ở cả 4 nồng độ As đầu vào đã khảo sát (0,1 - 1,0 ppm).

Kết quả thử nghiệm bằng bộ lọc than hoạt tính than dầu cho thấy hầu hết hàm lượng As đầu ra đều thấp hơn giới hạn cho phép (0,010 ppm). Bộ lọc than hoạt tính than dầu có thể loại bỏ triệt để As với nồng độ đầu vào là 0,2ppm trong 2600L nước.

Bảng 3.31. Kết quả lọc Pb trong nước bằng than hoạt tính sọ dừa và than dầu (ppm)

V lọc (L)	Than hoạt tính sọ dừa					V lọc (L)	Than hoạt tính than dầu				
	Pb đầu vào	0,1	0,2	0,5	1,0		Pb đầu vào	0,1	0,2	0,5	1,0
1	Pb đầu ra	0,061	0,118	0,417	0,922	20	Pb đầu ra	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2		0,070	0,135	0,461	0,948	300		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
3		0,087	0,169	0,474	0,977	600		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
4		0,090	0,174	0,482	0,985	900		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
6		0,094	0,181	0,486	0,989	1200		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
8		0,096	0,187	0,493	0,99	1500		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
12		0,095	0,188	0,497	0,992	1800		< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,016
24		0,098	0,193			2100		< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,029
48		0,099	0,199			2400		< 0,01	< 0,01	0,015	0,050
					2600	< 0,01	< 0,01	0,040	0,058		
TCCP: Pb < 0,010 ppm											

Nhận xét:

Kết quả lọc bằng than hoạt tính sọ dừa cho thấy, hàm lượng Pb đầu ra hầu như không thay đổi so với nồng độ đầu vào, cao gấp nhiều lần giới hạn cho phép (0,01 ppm) với cả 4 nồng độ đầu vào đã khảo sát.

Tuy nhiên, sử dụng bộ lọc than hoạt tính than dầu cho thấy, hầu hết hàm lượng Pb đầu ra đều thấp hơn giới hạn cho phép (0,010 ppm). Bộ lọc than hoạt tính than dầu có thể loại bỏ triệt để Pb với nồng độ đầu vào là 0,2ppm trong 2600 lít nước; với nồng độ Pb đầu vào là 0,5 ppm trong 2100 lít nước lọc và vẫn đảm bảo hiệu quả lọc trong 1500 lít nước với Pb đầu vào là 1,0 ppm.

Bảng 3.32. Kết quả lọc Cd trong nước bằng than hoạt tính sọ dừa và than dầu (ppm)

V lọc (L)	Than hoạt tính sọ dừa					V lọc (L)	Than hoạt tính than dầu				
	Cd đầu vào	0,03	0,06	0,15	0,3		Cd đầu vào	0,03	0,06	0,15	0,3
1	Cd đầu ra	0,018	0,035	0,125	0,276	20	Cd đầu ra	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
2		0,021	0,040	0,138	0,284	300		< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
3		0,026	0,050	0,142	0,293	600		< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
4		0,027	0,052	0,144	0,295	900		< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
6		0,028	0,054	0,146	0,296	1200		< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
8		0,029	0,056	0,148	0,297	1500		< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
12		0,028	0,056	0,149	0,297	1800		< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,008
24		0,029	0,058			2100		< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,016
48		0,018	0,035			2400		< 0,003	< 0,003	0,009	0,025
						2600		< 0,003	< 0,003	0,018	0,046
TCCP: Cd < 0,003 ppm											

Nhận xét:

Kết quả lọc bằng than hoạt tính sọ dừa cho thấy, hàm lượng Cd đầu ra vẫn cao gấp nhiều lần giới hạn cho phép (0,003 ppm) ở cả 4 nồng độ đầu vào đã khảo sát.

Tuy nhiên, việc sử dụng bộ lọc than hoạt tính than dầu cho thấy, hầu hết hàm lượng Cd đầu ra đều thấp hơn giới hạn cho phép. Bộ lọc than hoạt tính than dầu có thể loại bỏ triệt để Cd với nồng độ đầu vào là 0,06 ppm trong 2600 lít nước; với nồng độ Cd đầu vào là 0,15 ppm trong 2100 lít nước lọc và vẫn đảm bảo hiệu quả lọc trong 1500 lít nước với Cd đầu vào là 0,30 ppm.

**Bảng 3.33. Kết quả lọc Cr trong nước bằng than hoạt tính
sọ dừa và than dầu (ppm)**

V lọc (L)	Than hoạt tính sọ dừa					V lọc (L)	Than hoạt tính than dầu				
	Cr đầu vào	0,5	1,0	2,5	5,0		Cr đầu vào	0,5	1,0	2,5	5,0
1	Cr đầu ra	0,310	0,595	2,090	4,615	20	Cr đầu ra	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
2		0,355	0,680	2,310	4,745	300		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
3		0,440	0,850	2,375	4,890	600		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
4		0,455	0,875	2,415	4,930	900		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
6		0,475	0,910	2,435	4,950	1200		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
8		0,485	0,940	2,470	4,955	1500		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
12		0,480	0,945	2,490	4,965	1800		< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,059
24		0,495	0,97			2100		< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,062
48		0,500	1,00			2400		< 0,05	< 0,05	0,056	0,089
						2600		< 0,05	< 0,05	0,068	0,091
TCCP: Cr < 0,05 ppm											

Nhận xét:

Kết quả lọc bằng than hoạt tính sọ dừa cho thấy, hàm lượng Cr đầu ra vẫn cao gấp nhiều lần giới hạn cho phép (0,05 ppm) ở cả 4 nồng độ đầu vào đã khảo sát.

Tuy nhiên, sử dụng bộ lọc than hoạt tính than dầu cho thấy, hầu hết hàm lượng Cr đầu ra đều thấp hơn giới hạn cho phép. Bộ lọc than hoạt tính than dầu có thể loại bỏ triệt để Cr với nồng độ đầu vào là 1,0 ppm trong 2600 lít nước; với nồng độ Cr đầu vào là 2,5 ppm trong 2100 lít nước lọc và vẫn đảm bảo hiệu quả lọc trong 1500 lít nước với Cr đầu vào là 5,0 ppm.

3.3.2 Kết quả thử nghiệm loại bỏ kim loại nặng tại thực địa

Bảng 3.34. Kết quả loại bỏ KLN bằng than hoạt tính than dầu sau 18 tháng tại thực địa (ppm)

Giếng thử nghiệm	As		Pb		Cd		Cr	
	Trước	Sau	Trước	Sau	Trước	Sau	Trước	Sau
Giếng 1	0,40	<0,01	0,03	<0,01	0,12	<0,003	0,25	<0,003
Giếng 2	0,11	<0,01	0,42	<0,01	0,15	<0,003	0,82	<0,003
Giếng 3	0,45	<0,01	0,32	<0,01	0,12	<0,003	0,85	<0,003
Giếng 4	0,13	<0,01	0,18	<0,01	0,10	<0,003	0,62	<0,003
QCVN 01:2009/BYT	≤ 0,01		≤ 0,01		≤ 0,003		≤ 0,05	
Chỉ số hiệu quả	96,33		95,79		97,55		99,53	

Nhận xét:

Kết quả xét nghiệm mẫu nước ở cả 4 giếng thử nghiệm đều cho thấy sau 18 tháng thử nghiệm, hàm lượng cả 4 KLN trong mẫu nước sau lọc đạt tiêu chuẩn vệ sinh theo QCVN 01:2009 với hiệu quả lọc từ 95-99%, cao nhất ở Cr và thấp nhất ở Pb, theo thứ tự Cr > Cd > As > Pb.

Bảng 3.35. Nguy cơ ung thư ước tính do sử dụng nguồn nước nhiễm KLN trước và sau lọc bằng than hoạt tính than dầu

Nguy cơ ước tính KLN		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	Ngưỡng chấp nhận
As	Trước	4,6 x 10 ⁻³	5,5 x 10 ⁻³	6,9 x 10 ⁻³	40,1 x 10 ⁻³	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁴
	Sau	6,0 x 10 ⁻⁴	7,0 x 10 ⁻⁴	9,0 x 10 ⁻⁴	46,0 x 10 ⁻⁴	
Pb	Trước	2,56x10 ⁻⁵	3,07 x 10 ⁻⁵	3,83 x10 ⁻⁵	6,0 x 10 ⁻⁴	
	Sau	3,40 x 10 ⁻⁶	4,08 x 10 ⁻⁶	5,09 x 10 ⁻⁶	2,95 x 10 ⁻⁵	
Cd	Trước	5,0 x10 ⁻⁴	6,0 x10 ⁻⁴	7,0 x 10 ⁻⁴	4,0 x 10 ⁻³	
	Sau	4,55 x 10 ⁻⁵	5,47 x 10 ⁻⁵	6,83 x 10 ⁻⁵	4,0 x 10 ⁻⁴	
Cr	Trước	3,3 x10 ⁻³	4,0 x10 ⁻³	5,0 x10 ⁻³	28,7 x 10 ⁻³	
	Sau	5,99 x 10 ⁻⁵	7,19 x 10 ⁻⁵	8,99 x 10 ⁻⁵	5,0 x 10 ⁻⁴	

Nhận xét:

So với trước khi lọc bằng than hoạt tính than dầu, ước tính nguy cơ ung thư do nước nhiễm As, Pb, Cd và Cr đều giảm ở hiện tại và các thời điểm sau 5 năm, 10 năm và cả cuộc đời. Đặc biệt, nguy cơ ung thư ước tính do As từ nguồn nước giảm về gần ngưỡng chấp thuận được: từ 4,6/1.000 hay 46/10.000 xuống còn 6/10.000 người dân.

Chương 4.

BÀN LUẬN

4.1 Thực trạng ô nhiễm một số kim loại nặng trong môi trường khu vực ven biển Thủy Nguyên, Hải Phòng

4.1.1 Hàm lượng kim loại nặng trong đất nông nghiệp

Kết quả nghiên cứu ở Bảng 3.1 cho thấy hàm lượng trung bình của As, Cd và Pb trong đất nông nghiệp đều cao hơn QCVN từ 2,14-11,82 lần. Kết quả này của chúng tôi cao hơn nghiên cứu ở đất nông nghiệp khu vực Hà Nội nhưng thấp hơn 1 số nghiên cứu thực hiện ở khu vực xung quanh các điểm khai thác kim loại màu ở Thái Nguyên. Cụ thể, As, Pb và Cd được phát hiện trong nghiên cứu này ở hàm lượng trung bình là 25,62 mg/kg, 186,35 mg/kg, 23,64 mg/kg tương ứng cao hơn kết quả nghiên cứu của Nguyễn Thị Mai Hương (2014) tại khu vực đất nông nghiệp huyện Từ Liêm, Hà Nội (14,7 µg/g; 36,1 µg/g; <0,2 tương ứng) và nghiên cứu của Nguyễn Thị Quỳnh Hoa (2001) (0,76mg/kg As) tại Thái Nguyên; tuy nhiên, kết quả này thấp hơn nhiều so với kết quả 1 số nghiên cứu tại Thái Nguyên của Phạm Hồng Hải (2012) (2.605 mg/kg Pb) và Hà Xuân Sơn (2015) ở xí nghiệp kẽm làng Hích, Tân Long, Đông Hỷ (35,49 mg/kg, 267,01 mg/kg, 33,57 mg/kg tương ứng) [49, 91, 107]. Điều này cho thấy đất nông nghiệp ở khu vực nghiên cứu có thể đã bị tác động từ các hoạt động công nghiệp nên có hàm lượng kim loại nặng cao hơn khu vực đất nông nghiệp thuần túy ở Hà Nội nhưng vẫn thấp hơn các khu vực có nguồn ô nhiễm lớn từ nước thải lò khai thác như tại các mỏ khu vực Thái Nguyên.

Nghiên cứu của chúng tôi cũng có kết quả tương đồng với các nghiên cứu trên về thứ tự hàm lượng KLN được phát hiện trong đất là $Pb > As > Cd$, đặc biệt Pb là một kim loại độc hại, đã được WHO và IARC xếp trong nhóm gây ung thư, được phát hiện với hàm lượng cao gấp nhiều lần QCVN sẽ gây

nguy cơ ảnh hưởng trực tiếp và gián tiếp đến sức khỏe cộng đồng và động thực vật được nuôi trồng ở khu vực này.

Trong sản xuất rau an toàn, các yếu tố kim loại nặng được quan tâm gồm Cadimi (Cd), Chì (Pb), Crom (Cr). Việt Nam đã quy định ngưỡng giới hạn cho các kim loại nặng gồm Pb, Cd, Cr và As. Trong đó, As là chất rất được quan tâm vì được hình thành tự nhiên trong quá trình phong hoá địa chất. As ở dạng As^{3+} độc hơn As^{5+} . Ngày nay Asen xuất hiện trong tự nhiên do quá trình bào mòn đá, đất chứa Asen, cháy rừng, khí đại dương thoát ra và của núi lửa, As còn tồn tại trong nước ngầm và đất [50].

Nghiên cứu của Trần Thị Hồng Minh (2018) ở khu vực Đông Bắc Hà Nội cho thấy As và Cr được xác định là mối quan tâm chính với hàm lượng lên đến 693 $\mu\text{g/g}$ và 147 $\mu\text{g/g}$ tương ứng. Các tác giả cho rằng nguồn ô nhiễm từ công nghiệp và các hoạt động tưới tiêu từ nước ngầm, ở các khu vực thâm canh hữu cơ là nguồn tiềm ẩn làm tích lũy KLN ở tầng đất mặt [108].

Hàm lượng As tổng trong đất rừng ngập mặn đã được báo cáo cao hơn so ở đất trồng lúa cửa sông Ba Lạt với giá trị trung bình tương ứng là $26,3 \pm 7,2 \mu\text{g/g}$ ($n = 40$) và $13,8 \pm 4,2 \mu\text{g/g}$ ($n = 20$), Nguyễn Văn Thịnh và cộng sự (2018) đã nhận định có thể các hoạt động nhân tạo cường độ cao của con người ở thượng nguồn sông Hồng những thập kỷ gần đây đã làm tăng đáng kể hàm lượng các chất độc hại này trong hệ sinh thái cửa sông [109].

Đỗ Thị Tuyết Nhung (2018) đã phát hiện KLN trong đất nông nghiệp ở thành phố Hồ Chí Minh đều nằm trong GHCP nhưng vào mùa khô cao hơn mùa mưa, cụ thể $Cd (0,081-0,222 \text{ mg/kg}) < As (4,73-13,4 \text{ mg/kg}) < Pb (13,7-41,2 \text{ mg/kg}) < Cr (17,7-80,6 \text{ mg/kg})$ mùa khô, trong khi hàm lượng này trong mùa đông là $Cd (0,049- 0,163 \text{ mg/kg}) < As (3,13-9,87 \text{ mg/kg}) < Pb (8,86-30,4 \text{ mg/kg}) < Cr (13,7-60,9 \text{ mg/kg})$ [110].

Trần Thị Quý và cộng sự, 2019 phát hiện nồng độ As trong các mẫu đất trồng cải dưa, bắp cải, xà lách biến động từ 0,031-0,159 mg/kg [50].

Ngô Đức Minh và cộng sự năm 2005 đánh giá nguy cơ tích lũy Cd trong đất nông nghiệp và rủi ro sức khỏe con người tại một số làng nghề tái chế ở tỉnh Bắc Ninh. Kết quả cho thấy hàm lượng Cd trong mẫu đất tất cả các vùng nhìn chung vẫn nằm trong ngưỡng cho phép của TCVN 7209 - 2002 (< 2 mg/kg), tuy nhiên Cd trong đất ở khu vực 2 làng nghề (lần lượt là 0,320 và 0,234 ppm) cao hơn 2 - 5 lần so với vùng đối chứng (0,075 và 0,189 ppm) [111].

4.1.2 Hàm lượng kim loại nặng trong nước

Hàm lượng KLN trong mẫu nước khu vực nghiên cứu có sự tương đồng và khác biệt so với kết quả của nhiều nghiên cứu trong nước và quốc tế. Bảng 3.2 cho thấy trong nước bề mặt, thứ tự hàm lượng KLN được phát hiện là $Cr > As > Pb > Cd$, kết quả này tương đồng với nghiên cứu mẫu nước bề mặt khu vực gần nhà máy nhiệt điện ven biển ở Đài Loan [112]. Tương tự nguồn nước mặt, Cr và Cd được xác định có giá trị cao nhất và thấp nhất trong mẫu nước giếng xét nghiệm (Bảng 3.3). Tuy nhiên, trong nước giếng, hàm lượng Pb cao hơn As. Các kết quả này phù hợp với nghiên cứu đã thực hiện ở Đông Nam ven biển Ấn Độ khi báo cáo xu hướng tương tự với Pb và Cd, mặc dù hàm lượng Pb và Cd ở nghiên cứu này cao hơn nhiều so với kết quả ở Ấn Độ [113]. Kết quả của chúng tôi về việc phát hiện Cr có hàm lượng cao nhất trong mẫu nước bề mặt và nước giếng phù hợp nhưng có giá trị cao hơn một số nghiên cứu đã thực hiện ở Iran và Trung Quốc [114, 115]. Ngược lại, các nghiên cứu ở Thái Lan, Ấn Độ, Malaysia và Băng la đét xác định hàm lượng $Pb > Cr$ trong nước sinh hoạt [116-119]. Hàm lượng As trong nghiên cứu của chúng tôi được phát hiện cao hơn tại Hà Nam nơi được xác định là điểm nóng về As trong nước ngầm ở miền Bắc Việt Nam với hàm lượng As dao động từ 8-579 ppb (TB 301 ppb), tương đương với 0,008-0,579 mg/l và trung bình là 0,301 mg/l [120].

Trần Thị Hồng Minh (2018) phát hiện hàm lượng KLN trong nước và rau dưới ngưỡng quy định của WHO [108]. Theo Đỗ Thị Tuyết Nhung (2018), hàm lượng KLN (mg/L) trong kênh, rạch nước tưới huyện Bình Chánh, thành phố HCM đều nằm trong GHCP cả 2 mùa, trong đó mùa khô, As (0,007-0,053), Cd (0,0005-0,007), Cr (0,011- 0,033), Pb (0,008-0,030) và mùa mưa As (0,005-0,026), Cd (0,0003-0,003), Cr (0,006-0,013), Pb (0,006-0,014). Hàm lượng KLN trong nước tưới rau cải xanh theo thứ tự $Pb > As > Cr > Cd$ trong khi ở nước tưới rau muống là $Cr > Pb > As > Cd$ [110].

Nghiên cứu tại Đại Liên, Trung Quốc (2019) cho thấy hàm lượng KLN tối đa trong nước bề mặt là 1,00 $\mu\text{g/L}$ với As trong khi hàm lượng trung bình của Cd chỉ xấp xỉ 0,03-0,04 $\mu\text{g/L}$ [121].

Nghiên cứu của Shamar (2019) tại Ấn Độ cho thấy về hàm lượng KLN Cd, Cr, Pb trong nước ngầm tương ứng mùa hè và mùa đông được quan sát là 0,05; 0,01; 0,04 và 0,10; 0,05; 0,004 mg/l. Hàm lượng KLN (mg/L) trong mẫu nước ngầm vào mùa hè: $Cr (0,05) > Pb (0,04) > Cd (0,003)$ và mùa đông: $Cr (0,10) > Pb (0,004) > Cd (0,003)$ cho thấy Cd không thay đổi theo mùa, trong khi Cr ở mùa đông cao hơn mùa hè, có thể do từ đất chảy xuống nước ngầm sau gió mùa, ngược lại, Pb cao hơn ở mùa hè có thể do hòa tan KLN trong đá gốc bổ sung vào nước ngầm ở điều kiện nhiệt độ cao trong thời gian này [64].

Nghiên cứu tại Jizan, Ả rập Xê út, Biển đỏ, 2013 đã phát hiện: trừ As, hàm lượng trung bình của KLN trong nước đều vượt giá trị khuyến cáo của WHO/USEPA và giảm dần theo thứ tự $Cr > Pb > As > Cd$ [30].

Bhakta Jatindra và cộng sự (2009) đã nghiên cứu KLN trong nước tại ven biển để nuôi trồng thủy sản khu vực miền Bắc Việt Nam (Nam Định & Thái Bình). Kết quả cho thấy chỉ có As (14,26-31 $\mu\text{g/L}$) cao hơn GHCP của WHO về nồng độ nước uống trong khi Pb (0-0,15 $\mu\text{g/l}$), Cd (0-0,06 $\mu\text{g/l}$), Cr (1,42-4,58 $\mu\text{g/l}$), Ni (0-0,11 $\mu\text{g/l}$) được phát hiện ở mức bình thường [122].

Trần Thị Quý và cộng sự, 2019 đã phát hiện nồng độ As trong các mẫu nước đo được từ 1,90-17,43 $\mu\text{g/L}$. Tuy nồng độ As vẫn nằm trong ngưỡng cho phép của QCVN39/2011/BTNMT về tiêu chuẩn nước tưới tiêu nhưng cao hơn 1,74 lần so với tiêu chuẩn của WHO (10 $\mu\text{g/L}$) [50].

Phạm Long Hải và cộng sự (2016) nghiên cứu về As và một số nguyên tố vết trong nước ngầm và nước tiểu người dân ở 2 làng Chuyên Ngoại và Châu Giang, Hà Nam. Kết quả cho thấy hàm lượng As trong nước ngầm dao động từ 12,8 - 884 $\mu\text{g/L}$ với giá trị trung bình ở Chuyên Ngoại và Châu Giang tương ứng là 614,7 và 160,1 $\mu\text{g/L}$. Khoảng 83% mẫu nước có hàm lượng As vượt quá hướng dẫn của WHO về nước sinh hoạt (10 $\mu\text{g/L}$). Hàm lượng As trong nước tiểu của người dân ở Chuyên Ngoại và Châu Giang nằm trong khoảng từ 8,6-458 $\mu\text{g/L}$. Trung bình lượng tiêu thụ As hàng ngày từ nguồn nước ngầm chưa xử lý và đã xử lý dao động tương ứng từ 0,02 - 11,5 và 0,003 - 1,6 $\mu\text{g/kg/ngày}$. Phơi nhiễm lượng As tăng cao có thể làm ảnh hưởng đến 57% hộ gia đình sử dụng nguồn nước ngầm đã xử lý và 64% hộ gia đình sử dụng nguồn nước chưa xử lý. Nguy cơ ung thư tiềm tàng là tương đối cao: 1 trong 1000 người do sử dụng nguồn nước ngầm chưa xử lý [43].

4.1.3 Hàm lượng kim loại nặng trong rau ở khu vực nghiên cứu

Tích lũy KLN trong chuỗi thực phẩm luôn là vấn đề được quan tâm trên toàn cầu vì đây là nguồn quan trọng sẽ gây độc đến sức khỏe con người thông qua nguồn nước, cây trồng, vật nuôi, ... theo chuỗi thức ăn. Sự di chuyển kim loại nặng từ đất vào thực vật là một quá trình quan trọng dẫn tới sự phơi nhiễm ở người thông qua chuỗi thức ăn [50].

Bảng 3.4-3.6 trình bày hàm lượng KLN trong các mẫu rau nghiên cứu. Các mẫu xét nghiệm cho thấy Hg được phát hiện dưới ngưỡng cho phép, trong khi hàm lượng các KLN còn lại được xác định cao hơn GHCP từ 38,52% (với As) đến 70% -79% (với Cd và Cr tương ứng) và 91,11% với Pb.

Kết quả này cho thấy có thể ngoài thảm nhiễm từ đất nông nghiệp, rau khu vực nghiên cứu có thể nhiễm KLN từ nguồn nước tưới và nguồn khác.

Nhìn chung, hàm lượng KLN tối đa trong rau được phát hiện theo thứ tự là $Cd > Pb > As > Cr > Hg$. Tuy nhiên, ngoài thứ tự Cr và Hg có hàm lượng cao nhất và thấp nhất tương ứng, thứ tự này có thay đổi 1 chút theo từng loại rau. Cụ thể là $Pb > As$ ở rau ăn lá và rau ăn củ, quả trong khi ở rau thơm thì ngược lại, $As > Pb$.

Theo từng loại rau, hàm lượng trung bình cao nhất của Pb được phát hiện trong cải bẹ xanh (1,20mg/kg), cao hơn kết quả của các nghiên cứu đã thực hiện ở khu vực mỏ tỉnh Thái Nguyên, nước ta và một số quốc gia Ba Lan, Ả rập Xê út, Sri-lan-ka [39, 51, 123, 124]. Các mỏ Pb - Zn xung quanh có thể làm ô nhiễm đất và nguồn nước tưới [51]. Thuốc trừ sâu và các hoá chất nông nghiệp khác, lắng đọng khí quyển và nguồn nước tưới ô nhiễm được là nguyên nhân gây ô nhiễm Pb trong nông nghiệp [39].

Năm 2011, tác giả Yanchun Wang và cộng sự [37] nghiên cứu nguy cơ ảnh hưởng tiềm ẩn đến sức khỏe người dân địa phương do kim loại trong chuỗi thực phẩm tại khu vực Bắc Kinh và cụm thành phố Thiên Tân, Trung Quốc. Nồng độ trung bình của kim loại nặng trong rau trong nghiên cứu này cho thấy phạm vi rộng, với giá trị từ 0,14 - 0,93 mg/kg đối với Pb , 0,32 - 1,36 mg/kg đối với Cr , 0,17 - 0,52 mg/kg đối với As , 0,04 - 0,54 mg/kg đối với Cd (trọng lượng khô). Nồng độ kim loại nặng cho thấy thứ tự $Zn > Cu > Cr > Pb > As > Cd$. Nói chung, các loại rau lá như bắp cải, rau diếp/xà lách và tỏi tây tích lũy nồng độ kim loại nặng cao hơn trong các phần ăn được so với củ cải và súp lơ [125].

Nghiên cứu của Ram Proshad và cộng sự về rau nhiễm KLN ở khu vực công nghiệp ở Băng la đét cho thấy giá trị trung bình của Cr , Pb , As và Cd trong gạo và rau quả lần lượt là 16,26; 7,93 2,28 và 1,86 mg/kg. Nồng độ kim loại

trung bình trong rau là theo thứ tự giảm dần của đậu bắp > ớt > mướp đắng > đu đủ > brinjal > đậu > bầu > dưa chuột > bầu xốp > rau bina Ấn Độ [38].

Nghiên cứu của Đỗ Thị Tuyết Nhung và cộng sự năm 2018 tại thành phố Hồ Chí Minh cho thấy tất cả các mẫu rau đều bị nhiễm As, Cd, Cr và Pb, tuy nhiên đều trong GHCP. Hàm lượng KLN trong rau muống cao hơn ở rau cải xanh. Xu hướng chung hàm lượng KLN trung bình trong rau cải xanh ở cả mùa khô và mùa mưa cho thấy As> Pb> Cr> Cd, với rau muống là Cr> As> Pb> Cd [110].

Trần Thị Quý và cộng sự, 2019 đã xác định được hàm lượng As tích lũy trong 3 loại rau nghiên cứu biến động từ 0,02-0,04 mg/kg [50]. Hàm lượng As cao nhất (mg/kg) được xác định trong đậu đỗ xanh và đỗ (1,26). Chỉ có một số nghiên cứu khảo sát hàm lượng As trong rau, kết quả của chúng tôi cao hơn so với các nghiên cứu đã báo cáo ở vùng đồng bằng sông Hằng, Nam Trung Quốc [126] nhưng vẫn thấp hơn nhiều so với kết quả tại Bắc Kạn [51].

Tương tự, hàm lượng Cd cao trong rau ăn lá cũng được báo cáo ở mỏ Dabaoshan [125] và Bắc Kạn [51]. Một số nghiên cứu phát hiện hàm lượng Cd trong rau thấp hơn [123] và cao hơn [127, 128] so với kết quả nghiên cứu này.

Nghiên cứu của Nguyễn Thị Hoàng Hà và cộng sự tại mỏ Núi Pháo, Thái Nguyên đã phát hiện hàm lượng của As, Cd trong rau/chồi tương ứng nằm trong khoảng 0,71-2400; 0,05-5,5 mg/kg trọng lượng khô. [76]

4.1.4 Hàm lượng kim loại nặng trong thủy sản

KLN có ảnh hưởng bất lợi đến sức khỏe con người, có thể tích lũy trong mô cá, tôm, thường được phát hiện ở điểm cuối của chuỗi dinh dưỡng thủy sản. KLN thường được đưa vào qua nước và thực phẩm như cá, tôm, phân phối tuần hoàn, trước khi tích lũy cuối cùng ở các cơ quan đích [129]. Theo USEPA (1993), khoảng 90% phơi nhiễm As là từ thủy hải sản. Nhiều tác động sức khỏe có liên quan với phơi nhiễm As. Dạng As vô cơ là chất gây ung thư, có thể gây ung thư da, gan, túi mật và phổi. Các triệu chứng nhiễm

độc của Cd gồm rối loạn ruột, suy thận và tăng huyết áp. Nhiễm Cd ở thai phụ có thể dẫn đến sinh non và trẻ nhẹ cân cũng như gây rối loạn hệ miễn dịch/nội tiết ở trẻ em. Phơi nhiễm chì chủ yếu ảnh hưởng đến sự phát triển trí tuệ và hệ thần kinh. Phơi nhiễm với hàm lượng Pb cao có thể ảnh hưởng nghiêm trọng đến não, gan và thận và gây tử vong. Hơn nữa, nam giới phơi nhiễm ở mức cao có thể ảnh hưởng đến cơ quan tạo tinh dịch, trong khi chì có thể gây sảy thai ở thai phụ. Do vậy, cần quan tâm đến ảnh hưởng của việc phơi nhiễm với kim loại qua cá và thủy hải sản đến sức khỏe cư dân ven biển [130].

Asen

Giá trị As trung bình cao nhất được phát hiện ở cá theo thứ tự: cá đối đỏ (50,34 mg/kg cân nặng ướt) > cá cơm châu Âu (3,47 mg/kg) > cá thu ngựa Địa Trung Hải (1,41 mg/kg) > cá chêm châu Âu (1,16 mg/kg) > cá chêm gilthead (1,13 mg/kg) > cá hồi Đại Tây Dương (1,09 mg/kg). Nồng độ As trung bình thấp nhất được phát hiện ở cá nước ngọt: cá hồi cầu vồng (0,24 mg/kg) và cá chép thường (0,37 mg/kg). Fallah (2011) đã tìm thấy nồng độ trung bình tương tự của As đối với cá hồi cầu vồng nuôi (0,234 mg/kg) từ Iran [131]. Tuzen (2009) báo cáo nồng độ trung bình thấp hơn Đối với cá cơm châu Âu (0,25 mg/kg) từ Biển Đen ở Thổ Nhĩ Kỳ [132], trong khi Copat (2013) báo cáo nồng độ trung bình As cao hơn cùng một loài (5,28 mg/kg) từ biển Địa Trung Hải ở Ý [133].

Giá trị As trung bình ở cá hồi Đại Tây Dương cao hơn so với báo cáo của Medeiros (2014) cho cùng một loài (0,34 mg/kg) được bán tại các chợ ở Brazil [134]. Ngoài ra, cá đối đỏ có nồng độ trung bình cao hơn so với báo cáo của Durmuş (2018) cho cùng một loài (13,97 mg/kg) được đánh bắt từ Biển Đen (Thổ Nhĩ Kỳ) [135].

Bên cạnh đó, Martinez-Gomez (2012) báo cáo nồng độ trung bình thấp hơn ở cá đối đỏ (19,8 mg/kg) từ biển Địa Trung Hải ở Tây Ban Nha. Tuy nhiên, hàm lượng As vô cơ trung bình ở tất cả các loài cá đều thấp hơn

ngưỡng tối đa cho phép (2 mg/kg) theo Tiêu chuẩn Thực phẩm Úc và New Zealand [34].

Chì

Medeiros (2014) báo cáo hàm lượng Pb trung bình thấp ở cá hồi Đại Tây Dương (0,088 mg/kg) được bán ở Brazil. Nồng độ Pb trung bình trong cá com châu Âu cao hơn so với báo cáo của Copat (2013). Martinez-Gomez và cộng sự (2012) báo cáo nồng độ Pb trung bình thấp hơn đối với cá đối đỏ (0,005 mg/kg) từ biển Địa Trung Hải ở Tây Ban Nha. Nồng độ Pb trung bình được tìm thấy ở các loài cá khác thấp hơn so với báo cáo trong tài liệu (từ 0,277 mg/kg trong cá hồi cầu vồng nuôi đến 1,31 mg/kg ở cá thu ngựa Địa Trung Hải). Nồng độ trung bình của Pb trong các loài cá thấp hơn giá trị tối đa cho phép của Ủy ban tiêu chuẩn Codex (WHO/FAO 2015) (0,3 mg/kg) và Châu Âu (0,3 mg/kg). [31, 41, 133, 134]

Theo Bonsignore (2016), nghiên cứu cá tầng đáy và cá xa bờ tại bờ biển Zawya, Libia cho thấy hàm lượng As cao nhất ở cá vược (*Mullus spp*: $32,1 \pm 12,7 \mu\text{g/g}$) và cá tráp (*Pagellus spp*: $26,5 \pm 16,4 \mu\text{g/g}$) > cá trích tròn (*Sardinella aurita*) $27,5 \pm 4,93 \mu\text{g/g}$) > cá mắt bò (*Boops boops*: $15,0 \pm 7,41 \mu\text{g/g}$) [66].

Nghiên cứu của Sanjeev Debipersadh (2018) trên 40 mẫu của 6 loài cá tại lưu vực Nam Durban, Nam Phi cho thấy hàm lượng Pb trung bình là 3,18 $\mu\text{g/g}$, dao động từ 1,09 $\mu\text{g/g}$ cá mú (Catface rockcod) đến 8,44 $\mu\text{g/g}$ ở cá ngựa (Horse mackerel) [70].

Theo Varol (2019), nồng độ Pb không được phát hiện ở cá chêm châu Âu và mẫu barracuda châu Âu. Ngoài ra, nồng độ Pb được phát hiện tối thiểu 1 lần dưới giới hạn phát hiện trong tám loài cá khác. Nồng độ trung bình cao nhất của Pb được phát hiện trong cá hồi Đại Tây Dương (0,707 mg/kg). Nồng độ trung bình của Pb trong bảy loài cá khác là dưới 0,07 mg/kg [69].

Cd

De Mora (2004) đã phát hiện Cd cao trong gan cá mú đốm cam và cá hoàng đế - 2 loài cá quan trọng nhất ở ngoài khơi bờ biển vịnh Ả rập (7,19 và 9,94 $\mu\text{g/g}$ tương ứng) đồng thời xác định hàm lượng Cd cực cao (109 và 195 $\mu\text{g/g}$) trong gan cá từ miền Nam Oman [136].

Theo Varol (2019), hàm lượng Cd thấp hơn giá trị phát hiện (LOD) trong tất cả các loài cá. Cá thu ngựa Địa Trung Hải có hàm lượng Cd trung bình cao nhất (0,0092 mg/kg), trong khi loài cá trắng có hàm lượng Cd trung bình thấp nhất (0,0013 mg/kg) [69]. Copat và cộng sự (2013) xác định hàm lượng Cd trung bình thấp hơn ở cá cơm châu Âu (0,001 mg/kg) từ biển Địa Trung Hải ở Ý [133]. Nồng độ Cd trung bình tương đương với cá đối đỏ trong nghiên cứu của Martinez-Gomez (2012) tại biển Địa Trung Hải ở Tây Ban Nha. Nồng độ Cd trung bình được ghi nhận ở các loài cá khác trong nghiên cứu khá thấp (từ 0,0078 mg/kg trong cá mắt bò đến 0,488 mg/kg ở cá chép thường) [34].

Cr

Nghiên cứu của Saher, hàm lượng Cr cao nhất được quan sát ở tôm so với cua, tuy nhiên đều thấp hơn ngưỡng quy định quốc gia của Hoa Kỳ [68].

Copat và cộng sự (2013) báo cáo nồng độ Cr trung bình thấp hơn đối với cá cơm châu Âu (0,009 mg/kg) từ biển Địa Trung Hải ở Ý. Nồng độ Cr trung bình được tìm thấy ở các loài cá khác thấp hơn so với báo cáo (từ 0,12 mg/kg trong cá mắt bò đến 3,03 mg/kg ở cá chép thường). Nồng độ Cr trung bình ở tất cả các loài cá thấp hơn nhiều so với giới hạn tối đa của quốc gia (2 mg/kg) [133].

Nghiên cứu của Varol (2019) ở Thổ Nhĩ Kỳ, nồng độ Cr trung bình cao nhất được tìm thấy trong cá cơm châu Âu (0,076 mg/kg) và cá chép thông thường (0,074 mg/kg), trong khi nồng độ Cr trung bình ở các loài còn lại dưới

0,05 mg/kg. Tác giả không tìm thấy sự khác biệt đáng kể về nồng độ Cr ở các loài cá ($p > 0,05$) [69].

Hàm lượng Cr thấp ở tôm trong nghiên cứu này cũng tương tự với quan sát của Batvari và cộng sự khi nghiên cứu ở ven biển Đông Nam của Ấn Độ; trong khi hàm lượng Cd cao hơn Pb trong nghiên cứu này; kết quả ngược lại đã được phát hiện tại khu vực ven biển ở Châu Á, Ấn Độ, Thổ Nhĩ Kỳ và Yemen [117, 129, 137]. Hàm lượng As trong thủy sản trong nghiên cứu này cao hơn so với mức được trình bày trong các nghiên cứu khác, báo cáo mức độ dao động từ 0,003 đến 0,08 $\mu\text{g/g}$ và từ 0,021 - 0,048 $\mu\text{g/g}$ trong cá chép [138].

Xu hướng $\text{As} > \text{Pb}$ ở mô cá trong nghiên cứu của chúng tôi phù hợp với kết quả từ Băng la đét đã báo cáo hàm lượng trung bình của As, Pb tương ứng là 1,59; 1,13 mg/kg vào mùa hè và 1,81; 1,45 mg/kg vào mùa đông [139]. Điều thú vị là năm 2008, Peshut cùng cộng sự đã phát hiện As trong các sinh vật biển hoặc thủy hải sản chủ yếu ở dạng hữu cơ không độc [140].

Petkovšek và cộng sự (2012) khi nghiên cứu về KLN ở cá hồ Šalek, Slovenia mùa thu năm 2006 đã phát hiện hàm lượng trung bình Pb, As và Cd trong mô cá dao động từ 0,01-0,48 mg/kg; 0,02-0,44 mg/kg và <0,01-0,19 mg/kg trọng lượng ướt tương ứng [141].

Theo Saher (2019), hàm lượng Pb cao nhất (4,175 mg/kg) phát hiện ở *P. reticulatus* và thấp nhất (1,497 mg/kg) ở *P. sanguinolentus*. Hàm lượng Pb và Cd vượt giới hạn cho phép (0,2 mg/kg) và (0,05 mg/kg), do FAO (2003) đề xuất tương ứng với tất cả các loài khảo sát. Ở tôm, hàm lượng Cd và Pb thấp hơn giới hạn phát hiện. Các ngưỡng giá trị này tương đối cao với giới hạn tối đa cho phép của 0,50 mg/kg (FSANZ 2008). Đây là bằng chứng cho thấy trong hải sản, kim loại nặng độc như Pb có mặt với mức độ cao [68].

Ahmed (2019) cùng cộng sự đã xác định hàm lượng trung bình của Pb, As, Cr và Cd trong mô cá khu vực cửa sông Karnaphuli, Ấn Độ là 13.88

mg/kg (3,19-6,19mg/kg); 4,89 mg/kg (3,19-6,19 mg/kg); 3,36 mg/kg (2,46-4,17 mg/kg) và 0,39 mg/kg (0,21-0,74 mg/kg) tương ứng. Như vậy, hàm lượng KLN theo thứ tự $Pb > As > Cr > Cd$. Kết quả cho thấy, Pb cao gấp 2,8; 4,13 và 35,44 lần so với As, Cr, and Cd tương ứng [72].

Wang và cộng sự (2019) khi nghiên cứu 9 loài cá (Cá sòng Nhật Bản, cá thu Nhật Bản, cá ba sa, cá hổ, cá chim trắng, cá chim Hàn Quốc, cá tuyết vây xanh, Cá dầy Nhật Bản, cá trê trắng), 3 loài nhuyễn thể và 1 loài giáp xác (cua đá Nhật Bản) tại khu vực đánh cá mở, biển Hoa Đông đã xác định hàm lượng trung bình KLN theo thứ tự $Pb > Cr > As > Cd$; khoảng dao động của các KLN tương ứng là Pb: 5,7 (3 -12); Cr: 3,8 (2,0-5,6); As: 0,92 (0,41-6,8) và Cd: 0,14 (0,08-0,33) [71].

Thứ tự hàm lượng KLN được xác định ở thủy sản trong nghiên cứu của chúng tôi là $Cr > As > Pb > Cd$, khác biệt so với kết quả của Lê Quang Dũng và cộng sự năm 2013, đã phát hiện thứ tự này ở hầu ven biển Hải Phòng- Quảng Ninh là $As > Cd > Pb > Cr$ với hàm lượng tương ứng là 10,10 - 19,33; 3,53 - 12,74; 0,79 - 6,20, và 0,81 - 4,47 mg/kg cân nặng khô [9]. Phải chăng sự khác biệt này là do đặc điểm nguồn chất thải các nhà máy xí nghiệp lân cận khu vực nghiên cứu với nhiều hoạt động hàn, xì; chất thải sản xuất cần được tìm hiểu thêm.

4.2 Thực trạng bệnh tật và nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe dân cư liên quan đến thẩm nhiễm kim loại nặng tại khu vực nghiên cứu

4.2.1. Thực trạng bệnh tật của người dân khu vực nghiên cứu

Thông tin chung (Bảng 3.8) cho thấy đối tượng tham gia nghiên cứu đa số là nữ giới (55,74%) với tỷ lệ 56,73% ở Tam Hưng và 54,69% ở Minh Đức. Thực tế tại các địa bàn mà nhóm nghiên cứu thực hiện, phần lớn nam giới đi làm xa hoặc làm công nhân cho các xí nghiệp, nhà máy trong khu vực hoặc ở huyện nên cơ hội được chọn, tham gia các buổi khám bệnh và điều tra, phỏng vấn ít hơn. Về độ tuổi của đối tượng nghiên cứu, nhóm tuổi chiếm tỷ lệ cao

nhất là 40-49 tuổi (24,75%). Nhóm tuổi chiếm tỷ lệ thấp nhất là 18-29 tuổi (12,67%) có thể do đây là độ tuổi lao động trẻ, hay đi học hoặc đi làm trẻ. Hầu hết đối tượng nghiên cứu là người Kinh (99,11%) và phần lớn là nông dân (70,69%). Đối tượng nghiên cứu có trình độ học vấn chủ yếu là THCS (51,09%). Kết quả này phù hợp với đặc điểm về dân tộc, nghề nghiệp và học vấn của người dân ở khu vực nông thôn khu vực đồng bằng miền Bắc.

Tỷ lệ mắc triệu chứng bệnh ở khu vực nghiên cứu

Theo kết quả ở Bảng 3.9, tỷ lệ mắc triệu chứng/bệnh ở người dân khu vực nghiên cứu theo thứ tự: Răng-hàm-mặt (84,16%) > truyền nhiễm (59,70%) > tâm thần kinh (49,01%) > tiêu hóa (48,22%) > hệ vận động (42,77%) > tuần hoàn (41,49%) > da liễu (39,21%) > hô hấp (29,90%) > tai mũi họng (29,50%) > mắt (24,55%) > nội tiết-chuyển hóa (17,82%) > tiết niệu (7,13%). Tỷ lệ mắc ở nam giới cao hơn có ý nghĩa thống kê so với nữ ở hầu hết nhóm triệu chứng/bệnh (tai mũi họng và da liễu) ($p < 0,05$).

Kết quả hồi cứu số liệu khám tại bệnh viện đa khoa hạng 1 của Hải Phòng trong bảng 3.10 cho thấy tỷ lệ khám và mắc bệnh của người dân 2 xã nghiên cứu ở bệnh thuộc nhóm Chương IX (Bệnh tuần hoàn), Chương XI (Bệnh tiêu hóa), chương II (Khối u) có xu hướng tăng dần tương ứng lần lượt từ 16,24% - 20,07%; 9,28% - 12,45% và 9,02% - 12,08% từ 2014 đến năm 2018. Kết quả khám và phỏng vấn của chúng tôi trong bảng 3.10 tại 2 xã nghiên cứu cũng tương đồng ở tỷ lệ mắc cao trong nhóm bệnh tuần hoàn và tiêu hóa. Điều này có thể do ảnh hưởng của tích lũy các kim loại nặng ô nhiễm trong môi trường đất, nước và thực phẩm đến tình trạng bệnh tật của người dân khu vực này.

Tỷ lệ mắc triệu chứng/bệnh tiêu hóa ở người dân 2 xã trong nghiên cứu của chúng tôi là 48,22%, cao hơn kết quả nghiên cứu của Hà Xuân Sơn (2005) (19,6%) và Đặng Minh Ngọc và cộng sự (2005) tại một số xã ở Hà Nam và Hưng Yên là 12,7%. Tỷ lệ triệu chứng/bệnh tai mũi họng là 29,5%,

thấp hơn nghiên cứu của Hà Xuân Sơn (55,5%) và Nguyễn Thị Hồng Tú, Nguyễn Thị Liên Hương (2003) ở một số làng nghề (56,3%); cao hơn kết quả nghiên cứu của Đỗ Thị Hằng (2011) ở người dân xung quanh xí nghiệp kẽm chì Làng Hích (30,9%). Tỷ lệ mắc triệu chứng/bệnh răng hàm mặt là cao nhất (84,16%) ở nam cao hơn nữ (93,96% và 76,38% tương ứng) cao hơn nhiều so với nghiên cứu của Nguyễn Thị Hồng Tú, Nguyễn Thị Liên Hương (2003) (50,4%) và Hà Xuân Sơn (2005) (33,9%). Tỷ lệ mắc triệu chứng/bệnh da liễu, ngoài da là 39,21%, tương đương với nghiên cứu của Hà Xuân Sơn (2015) (39,4%) nhưng cao hơn kết quả nghiên cứu của Nguyễn Thị Hồng Tú, Nguyễn Thị Liên Hương (2003) (18,3%), thấp hơn kết quả nghiên cứu của Đỗ Thị Hằng (2011) (47,6%) [91, 142-145].

Như vậy, kết quả nghiên cứu của chúng tôi cho thấy tỷ lệ một số bệnh thông thường ở người dân sống xung quanh khu vực sản xuất một số xí nghiệp, nhà máy lân cận là tương đối cao. Nghiên cứu của Thomas L.D.K, Hodgson S., Nieuwenhuijsen M., Jarup L (2009) cho thấy ảnh hưởng của KLN như chì và cadimi là khá rõ rệt lên tỷ lệ mắc bệnh ở người tiếp xúc [146].

Kết quả nghiên cứu của nhiều tác giả đã cho thấy môi trường xung quanh khu vực nhà máy đóng tàu, nhà máy nhiệt điện, xi măng, hóa chất, khai thác đá có ảnh hưởng nhiều đến sức khỏe người tiếp xúc và phơi nhiễm.

4.2.2. Hàm lượng kim loại nặng trong máu, nước tiểu của đối tượng nghiên cứu

Phơi nhiễm với KLN có thể làm xuất hiện tình trạng thâm nhiễm kim loại nặng trong mẫu sinh học (máu, nước tiểu, tóc, móng, ...) ở người dân. Asen tích lũy nhiều trong các mô giàu keratin như da, móng, tóc và trong các tổ chức giàu biểu mô như niêm mạc miệng, thực quản, dạ dày, ruột non. Mức độ tích lũy của Asen trong cơ thể không phụ thuộc vào giới, nhưng tăng dần theo tuổi [6].

Nghiên cứu đã tiến hành xét nghiệm KLN trong máu và nước tiểu của người dân ở khu vực khảo sát. Kết quả bảng 3.11 cho thấy: chưa phát hiện được Cd trong mẫu máu và hàm lượng Hg-niệu nằm trong giới hạn sinh học ($1,32 \pm 0,45 \mu\text{g/l}$) trong khi hàm lượng KLN còn lại đều vượt giới hạn cho phép từ 38,67% mẫu với As tổng-niệu, 21,33% mẫu với Pb máu và ALA niệu. Cụ thể, hàm lượng trung bình của các KLN trong mẫu sinh học ở đối tượng nghiên cứu là $9,06 \pm 0,99 \mu\text{g/dl}$ với Pb-máu, $69,96 \pm 23,38 \mu\text{g/l}$ với As tổng- niệu và $40,04 \pm 6,97 \mu\text{g/l}$ với Cr-niệu. Kết quả về hàm lượng As trong nước tiểu của chúng tôi ($44,65-143,32 \mu\text{g/L}$) có giới hạn trên thấp hơn nhưng giới hạn dưới cao hơn Phạm Long Hải và cộng sự (2016) nghiên cứu tại Hà Nam, với phát hiện hàm lượng As trong nước tiểu của người dân ở Chuyên Ngoại và Châu Giang nằm trong khoảng từ $8,6-458 \mu\text{g/L}$ [43].

Về Asen thành phần trong nước tiểu, 82,06% ở dạng Asen vô cơ (72% ở dạng DMA > IA (AsIII + AsV) (11,56%) > MMA (10%)); chỉ tỷ lệ nhỏ ở dạng Asen hữu cơ AB (6,44%). (Bảng 3.12)

Theo Bảng 3.13, 38,67% đối tượng nghiên cứu có As cao hơn ngưỡng sinh học. Kết quả này thấp hơn nghiên cứu của Trần Thị Khuyên (2012), tỷ lệ người dân có hàm lượng Asen trong nước tiểu vượt ngưỡng bình thường là 44,2% và ở mức nhiễm độc 25,9%. Tuy nhiên, nghiên cứu của chúng tôi chưa phát hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về hàm lượng As-niệu theo giới ($p > 0,05$) trong khi Trần Thị Khuyên (2012) đã phát hiện hàm lượng As nước tiểu và tỷ lệ nhiễm độc As trong nước tiểu ở nam cao hơn nữ có ý nghĩa thống kê ($0,071 \pm 0,002 \text{mg/l}$ ở nam so với nữ là $0,061 \pm 0,001 \text{mg/l}$) ($p < 0,05$).

Để đánh giá tình trạng bệnh lý do nhiễm độc chì, xét nghiệm ALA niệu là một chỉ số quan trọng, được coi như tiêu chuẩn vàng. Kết quả ở bảng 3.14 cho thấy đa số các mẫu xét nghiệm ở mức bình thường (78,67%). Tỷ lệ có thâm nhiễm chì là 21,33%. Tỷ lệ thâm nhiễm chì ở nghiên cứu này thấp hơn

nghiên cứu của Hà Xuân Sơn (2015), nghiên cứu tại khu vực xung quanh mỏ tại Thái Nguyên tỷ lệ thắm nhiễm là 28% và nhiễm độc là 11,8%. Tuy nhiên, tỷ lệ thắm nhiễm chung của nghiên cứu này là 41,10%, cao hơn kết quả của Hà Xuân Sơn, do vậy, việc tiếp tục nghiên cứu và can thiệp kịp thời để dự phòng ảnh hưởng sức khỏe của người dân khu vực này là rất cần thiết.

4.2.3. Mối liên quan giữa ô nhiễm môi trường và sức khỏe người dân khu vực nghiên cứu

Theo một số nghiên cứu ở Trung Quốc, Đài Loan, Hàn Quốc và Hoa Kỳ, nước, rau và cá, hải sản thường bị ô nhiễm kim loại nặng phát tán từ hoạt động công nghiệp, khai thác mỏ, luyện kim, nhiệt điện, đóng tàu và sản xuất xi măng.

Về mối liên quan giữa tỷ lệ mắc bệnh thường gặp và mức độ thắm nhiễm KLN, Bảng 3.17 cho thấy ngoại trừ nhóm bệnh mắt và nội tiết-chuyển hóa, việc có thắm nhiễm KLN (hàm lượng cao hơn giới hạn sinh học) làm tăng tỷ lệ mắc các triệu chứng/bệnh về răng hàm mặt (OR=37,48), tiết niệu (18,96), da liễu (OR=8,38), tuần hoàn (OR=4,82), tiêu hóa (OR=2,90), hô hấp (OR=2,66), tâm thần kinh (OR=2,23), tai mũi họng (OR=1,96), hệ vận động và bệnh truyền nhiễm (OR=1,60) ($p < 0,05$).

Kết quả Bảng 3.18 cho thấy mối liên quan có ý nghĩa thống kê giữa thắm nhiễm KLN và triệu chứng nhiễm độc liên quan. Tỷ lệ có các dấu hiệu nhiễm độc ở nhóm có thắm nhiễm KLN, đặc biệt do Asen đều cao gấp từ 4,40-16,69 lần so với nhóm không thắm nhiễm KLN ($p < 0,05$).

****Biến đổi về chỉ số hóa sinh máu của đối tượng thắm nhiễm***

Kết quả bảng 3.19 cho thấy tỷ lệ có hàm lượng huyết sắc tố và số lượng bạch cầu, tiểu cầu dưới ngưỡng giá trị sinh học ở đối tượng thắm nhiễm KLN cao hơn nhóm không thắm nhiễm ($p < 0,05$).

4.2.4. Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do tiêu thụ nước và thực phẩm nhiễm kim loại nặng

** Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe do tiêu thụ nước và thực phẩm nhiễm kim loại nặng*

- Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe từ nguồn nước nhiễm KLN

Sử dụng nguồn nước với hàm lượng KLN như đã xét nghiệm có thể làm ảnh hưởng đến sức khỏe của 51,53% hộ gia đình do As và 64,86% hộ gia đình do chì. Vì vậy, việc khuyến cáo, hướng dẫn và hỗ trợ các hộ gia đình thực hiện các biện pháp làm giảm tiếp xúc, phơi nhiễm với nguồn nước có hàm lượng KLN cao là rất cần thiết. (Bảng 3.20)

- Nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe từ thực phẩm nhiễm KLN

Lượng tiêu thụ hải sản toàn cầu (cá, tôm, cua) và các sản phẩm từ hải sản ngày càng tăng cùng với gia tăng mối quan tâm đến nguồn dinh dưỡng và sức khỏe vì giàu các chất khoáng, vitamin, axit béo không bão hòa thiết yếu như omega-3 and omega-6. Do vậy, chất lượng hải sản rất quan trọng với sức khỏe cộng đồng. Tuy nhiên, ô nhiễm kim loại nặng trong hải sản là vấn đề toàn cầu khi nước biển là nguồn tiếp nhận chất ô nhiễm ở các vịnh tại hầu hết các bờ biển trên thế giới [130, 139].

+ Thương số nguy cơ HQ

Bảng 3.21-3.22 cho thấy tuy có sự chênh lệch hàm lượng KLN trong các loài cá nhưng giá trị thương số nguy cơ HQ của KLN của 2/4 loài cá nuôi và 3/8 loại rau trồng và sử dụng phổ biến tại khu vực nghiên cứu đều vượt ngưỡng an toàn khi so sánh với mức giới hạn về HQ của USEPA đưa ra (>1). Vì vậy có nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe của As, Cd, Pb, Cr từ cá quả, cá trê, rau muống, rau cải xanh, rau lang được nuôi và trồng tại 2 xã/thị trấn khảo sát. Kết quả cho thấy giá trị HQ của $As > Pb > Cd > Cr$, mặc dù hàm lượng Pb

cao hơn As. Điều này được lý giải do liều lượng tham chiếu RfD theo USEPA của As cao hơn Pb, nên giá trị thương số HQ của As lớn hơn Pb. Ngoài ra do lượng thức ăn tiêu thụ và cân nặng của nam giới cao hơn nữ giới, nên giá trị HQ của nam giới cao hơn nữ giới, đồng thời nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe của nam giới cũng cao hơn nữ giới.

Theo tác giả Trần Thị Hồng Minh, tuy chưa được quan sát ở phạm vi rộng nhưng ô nhiễm đất ở quy mô địa phương tại một số khu vực nông nghiệp quan trọng đặc thù có thể gây nguy cơ ảnh hưởng tiềm tàng với sức khỏe với người dân và sinh thái [108].

Nghiên cứu của Ngô Đức Minh và cộng sự năm 2005 tại một số làng nghề tái chế ở tỉnh Bắc Ninh cho thấy lượng Cd đưa vào cơ thể của người dân vùng ô nhiễm ở điểm làng nghề Văn Môn và Châu Khê (lần lượt là 20,2 và 8,61 $\mu\text{g}/\text{kg}$ trọng lượng cơ thể/tuần) cao hơn gần 4 và 1,5 lần so với vùng đối chứng tương ứng, đồng thời cao hơn liều lượng khuyến nghị của WHO/FAO từ 1,5 - 3 lần. Thương số nguy cơ (HQ) của Cd trong gạo đối với sức khỏe người dân của 2 làng nghề cao hơn từ 1,5 - 3 lần so với 2 vùng đối chứng và đạt cao nhất ở lứa tuổi lao động chính (13 - 60 tuổi) [111].

HQ của Asen vô cơ > 1 (*S. aurita* (1.31); *Mullus* spp. (1.52) và *Pagellus* spp. (1.04; 1.21) cho thấy việc cá vược, cá trích tròn và cá tráp có nguy cơ tới sức khỏe người dân địa phương đồng thời có nguy cơ ung thư từ việc hấp thụ Asen qua tiêu thụ cá [70].

Petkovšek và cộng sự (2012), nghiên cứu về KLN ở cá hồ Šalek, Slovenia mùa thu năm 2006 nhưng chưa phát hiện được nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe từ việc tiêu thụ cá [141].

Nghiên cứu tôm, cá tại Vịnh Tương Sơn, Trung Quốc của Liu (2019) cho thấy nguy cơ không ung thư tiềm ẩn qua hấp thụ Asen qua tiêu thụ hải sản với $\text{HQ} > 1$ ở tất cả các loài, giá trị cao nhất là 12,28 [67].

Ahmed (2019) cùng cộng sự xác định HQ <1 cho thấy hàm lượng KLN trong cá khu vực cửa sông Karnaphuli, Ấn Độ chưa có tác động tiêu cực lên sức khoẻ cộng đồng.[72]

Cd tuy có hàm lượng thấp trong môi trường không khí nhưng thường có xu hướng tích lũy khi kết hợp với protein, do vậy, vẫn xuất hiện ở mức thấp trong hải sản (FDA 2001). Nghiên cứu của Saher tích lũy Cd cao (1,72 mg/kg). Theo FAO/ WHO, hàm lượng Cd trong hải sản không nên vượt giá trị 0,05 mg/kg. Hội đồng Nghiên cứu Y khoa và sức khỏe quốc gia Úc giới hạn Cd trong động vật có vỏ, sò là 2,0 mg/kg. Ngưỡng 2,0 và 4,0 mg/kg được quy định ở Hồng Kông và Hoa Kỳ (FDA 2011). Ở tôm, hàm lượng Cd thấp hơn giới hạn phát hiện. Tích lũy KLN trong tôm có thể liên quan đến thời gian vòng đời ngắn (1-2 năm) cũng như sự di chuyển liên tục làm hạn chế sự tích lũy kim loại trong mô tôm (Kuruvilla, 2001; Balfour, 2012). Các loài có vỏ, sò ở Pakistan có thể an toàn với người tiêu thụ vì chưa xuất hiện nguy cơ liên quan do Cd [68].

Năm 2011, Yanchun Wang và cộng sự nghiên cứu nguy cơ sức khỏe do phơi nhiễm kim loại cho người dân địa phương thông qua chuỗi thức ăn tại khu vực Bắc Kinh và cụm thành phố Thiên Tân, Trung Quốc. Nồng độ trung bình của kim loại nặng trong rau dao động rộng từ 0,14 - 0,93 mg/kg đối với Pb, 0,32 - 1,36 mg/kg đối với Cr, 0,17 - 0,52 mg/kg đối với As, 0,04 - 0,54 mg/kg đối với Cd (trọng lượng khô). Nồng độ kim loại nặng theo thứ tự Cr > Pb > As > Cd. Nói chung, các loại rau lá như bắp cải, rau diếp/xà lách và tỏi tây tích lũy nồng độ kim loại nặng cao hơn trong các phần ăn được so với củ cải và súp lơ [125].

Jatindra và cộng sự, 2009 đã nghiên cứu KLN trong nước tại 11 trạm của hai vùng ven biển để nuôi trồng thủy sản khu vực miền Bắc Việt Nam (Nam Định & Thái Bình). Kết quả cho thấy chỉ có As (14,26-31µg/L) cao

hơn GHCP của WHO về nồng độ nước uống trong khi Pb (0-0,15 $\mu\text{g}/\text{l}$), Cd (0-0,06 $\mu\text{g}/\text{l}$), Cr (1,42-4,58 $\mu\text{g}/\text{l}$), Ni (0-0,11 $\mu\text{g}/\text{l}$) được phát hiện ở mức bình thường [122].

Penradee và cộng sự (2016) đã phát hiện lượng cá được tiêu thụ là 41-51kg/người/năm tại đồng bằng sông Cửu Long. Chính vì vậy, ảnh hưởng sức khỏe do phơi nhiễm KLN chứa trong cá ngày càng được quan tâm. Kết quả nghiên cứu cho thấy ảnh hưởng có ý nghĩa của tích lũy KLN trong cá, đặc biệt ở khu vực nuôi trồng thâm canh hải sản có thể do việc sử dụng hóa chất để thúc đẩy tăng trọng lượng cá. Không tìm thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về hàm lượng KLN trong cá. Ngoài việc không phát hiện được Pb, hàm lượng KLN trong cá trê được phát hiện là $0,03 \pm 0,02$ ppm (As), $0,19 \pm 0,08$ ppm (Cr); $0,002 \pm 0,00$ ppm (Cd). Thương số nguy cơ ước tính cho từng loại KLN trong cá nuôi trồng và mua tại chợ được phát hiện theo thứ tự $\text{As} > \text{Cd} > \text{Pb}$ với hầu hết các loại cá. Thương số nguy cơ do tiêu thụ As trong tất cả các loại cá nghiên cứu được tính đều lớn hơn 1 có thể gây ảnh hưởng sức khỏe bất lợi đến người dân địa phương. Tác giả khuyến cáo nên đánh giá và quản lý nguy cơ ở tất cả khu vực nghiên cứu để làm giảm nguy cơ tiềm tàng đến người dân [75].

+ Chỉ số tác động sức khỏe HI

Trong nghiên cứu này, kết quả bảng 3.23 cho thấy giá trị HI của 12/12 loại thực phẩm nghiên cứu đều cao hơn 1 ở cả 2 giới với thứ tự rau muống > dưa chuột > rau lang > mướp > mồng tơi > đậu đũa > rau cải xanh > cá trê > cá quả > tôm sú. Ở nam giới, HI của rau cải xanh > ốc nhồi > cải ngọt > cá trê trong khi đó ở nữ giới là rau cải xanh > cải ngọt > ốc nhồi > cá trê. Kết quả này cho thấy việc tiêu thụ từng loại thực phẩm này đều có ảnh hưởng nhất định đến sức khỏe. Như vậy, việc tiêu thụ đồng thời nhiều loại thực phẩm này trong ngày có thể sẽ làm tăng mức độ ảnh hưởng

đến sức khỏe. Do đó, cần nghiên cứu thêm về ảnh hưởng của việc tiêu thụ đồng thời nhiều loại thực phẩm ở cộng đồng dân cư khu vực này, đặc biệt những loại thực phẩm có giá trị HI > 1.

**Nguy cơ ung thư do phơi nhiễm kim loại nặng trong nước*

Kết quả các bảng 3.24-3.27 cho thấy nguy cơ ung thư do phơi nhiễm với nguồn nước nhiễm KLN ở người dân khu vực nghiên cứu có thể tăng từ 1,2 lần sau 5 năm lên 1,5 lần sau 10 năm và 6,67-30,3 lần trong cả cuộc đời so với thời điểm hiện tại; nguy cơ tương ứng với thứ tự $As > Cr > Cd > Pb$.

Bùi Huy Tùng và cộng sự đã ước tính nguy cơ ung thư trung bình của người trưởng thành tại xã Chuyên Ngoại nếu sử dụng nước giếng khoan có chứa Asen không qua lọc để ăn uống là $66,0 \times 10^{-5} \pm 97,0 \times 10^{-5}$. Nguy cơ ung thư do sử dụng nước giếng khoan trước lọc cao gấp 11,3 lần so với sử dụng nước sau lọc.[118]

Mỗi người đều có những nguy cơ nhất định đối với ung thư. Nếu giả định sử dụng nước giếng khoan cho ăn uống là nguồn nhiễm Asen duy nhất thì nguy cơ ung thư trung bình hiện tại của người trưởng thành tại 2 xã nghiên cứu được ước tính là $4,6 \times 10^{-3}$, cao hơn ngưỡng chấp nhận được. Nghĩa là cứ 1000 người trưởng thành tại 2 xã nghiên cứu thì có 4 người bị ung thư do sử dụng nước giếng khoan sau lọc có chứa Asen để ăn uống. Tuy nhiên nếu người dân sử dụng nguồn nước giếng khoan để ăn uống trong cả cuộc đời thì nguy cơ trung bình lên tới $40,1 \times 10^{-3}$. Nếu so với nhiều hóa chất khác thì nguy cơ này là rất cao. Nguy cơ ung thư đối với khói thuốc lá trong điều kiện hút thuốc thụ động dao động từ 10×10^{-5} với phơi nhiễm thấp (không kết hôn với người hút thuốc) tới 10×10^{-5} với phơi nhiễm cao (kết hôn với người hút thuốc). Nguy cơ ung thư đối với chất gây ung thư là khí Radon trong nhà (nồng độ trung bình 50 Becquerel/m^3), benzen trong khí thải tại các thành phố lớn (nồng độ trung bình $80 \mu\text{g/m}^3$ lần lượt là 0×10^{-5} và 45×10^{-5} [116, 147].

Mặc dù phần lớn liều ước lượng Asen đưa vào cơ thể trong 1 ngày với người trưởng thành nhỏ hơn mức TDI của WHO ($1\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{ngày}$) (60,1%), người trưởng thành tại 39,9% hộ gia đình đã bị ảnh hưởng sức khỏe do sử dụng nước giếng khoan bị ô nhiễm Asen cho ăn uống. Nguy cơ ung thư trung bình của người trưởng thành tại xã Chuyên Ngoại do sử dụng nước giếng khoan sau lọc có chứa Asen để ăn uống là $3,5 \times 10^{-5}$. Nếu sử dụng nước giếng khoan không qua lọc thì nguy cơ ung thư sẽ cao gấp 11,3 lần [43].

- Nguy cơ ung thư ước tính do tiêu thụ thực phẩm nhiễm kim loại nặng

Nguy cơ ung thư do phơi nhiễm KLN từ nguồn tiêu thụ thực phẩm ở cả rau và thủy sản trong nghiên cứu này cho thấy tuân theo thứ tự $\text{As} > \text{Cr} > \text{Pb} > \text{Cd}$. (Bảng 3.15-3.16).

4.3 Kết quả loại bỏ kim loại nặng trong nước bằng than hoạt tính than dầu

4.3.1 Kết quả thử nghiệm trong phòng thí nghiệm

Nước sạch là nhu cầu cơ bản của con người. Việc sẵn có nguồn nước sinh hoạt sạch là tiêu chí quan trọng để duy trì cuộc sống khỏe mạnh. Tuy nhiên, trong khi nhu cầu về nước trên toàn cầu tăng hàng năm, phát sinh nhiều dạng ô nhiễm tiềm ẩn với nguồn nước. Hơn nữa, biến đổi khí hậu (nhiệt độ tăng, thay đổi vòng tuần hoàn nước) cũng tác động đến vấn đề này và gây các tác động tiềm tàng như gia tăng lụt lội, hạn hán, và tăng cường các chất hóa học độc hại ô nhiễm trong môi trường [148]. Việt Nam là một trong các nước đang phát triển ảnh hưởng bởi biến đổi khí hậu, do vậy, chịu tác động lớn do thiếu nước sạch và ô nhiễm nước do kim loại nặng. Do chưa có các thuốc đặc hiệu điều trị nhiễm độc kim loại nặng, đặc biệt Asen, vì vậy, biện pháp phòng chống nhiễm độc hữu hiệu nhất vẫn là hạn chế tiếp xúc. Các tổ chức quốc tế về môi trường đã thống nhất đưa tiêu chuẩn cho phép đối với Asen rất thấp và khuyến cáo không có ngưỡng an toàn quy định cho việc tiếp xúc với Asen ở bất kỳ hình thức nào.

Hiện nay, ở Việt Nam cũng như trên thế giới, để loại bỏ Asen ra khỏi nước, thường sử dụng một trong ba phương pháp sau: (i) Hấp thụ trên một số vật liệu vô cơ; (ii) Trao đổi trên nhựa anionit và (iii) Phương pháp kết tủa. Nhược điểm của các phương pháp này là không loại bỏ triệt để được Asen có hóa trị 3 (Asen III) mà chỉ loại bỏ được Asen có hóa trị 5 (Asen V). Thực tế, Asen trong nước ngầm thường tồn tại dạng Asen (III) là chủ yếu. Khi sử dụng ôxy không khí để oxy hóa Asen (III) lên Asen (V), phản ứng xảy ra rất chậm và không hoàn toàn, một phần là do cạnh tranh của sắt (II) và mangan (II), đây là một trong các nguyên nhân giải thích tại sao nước ngầm ở nhiều nơi sau khi xử lý thành nước sinh hoạt vẫn còn có hàm lượng Asen cao hơn tiêu chuẩn cho phép.

Hiện nay, tại khu vực nông thôn, công nghệ bể lọc chậm vẫn thường được sử dụng rất phổ biến, tuy nhiên chúng không thể loại bỏ được Asen, trong khi yêu cầu công nghệ phải đảm bảo có thể lọc hiệu quả Asen với giá thành rẻ, dễ thực hiện và công suất đủ đảm bảo cho các hoạt động sinh hoạt và chăn nuôi gia của các hộ gia đình.

Các công trình nghiên cứu gần đây của Viện Sức khỏe nghề nghiệp - Bộ Y tế cho thấy, chất lượng của thiết bị lọc nước bán trên thị trường hiện chưa được kiểm soát hiệu quả. Nhiều thiết bị không lọc được Asen như nhà cung cấp sản phẩm quảng cáo. Kết quả thử nghiệm của Viện Sức khỏe nghề nghiệp với 3 thiết bị rẻ tiền, bán phổ biến trên thị trường được quảng cáo có khả năng lọc được Asen là bộ lọc KOREANA, bộ lọc As-F100 và bộ lọc As-FeOOH thì chỉ có 1/3 bộ lọc có tác dụng lọc Asen. Như vậy, việc người dân tự lựa chọn một thiết bị lọc nước rẻ tiền có bán trên thị trường sẽ không đảm bảo chắc chắn có thể chọn được thiết bị lọc lọc được Asen hiệu quả như nhà cung cấp sản phẩm cung cấp. Do vậy, việc nghiên cứu một mô hình lọc Asen hiệu quả và có thể áp dụng được ở khu vực nông thôn là rất cần thiết.

Qua tham khảo nhiều tài liệu, chúng tôi thấy phần lớn các phương pháp loại Asen đều dựa trên nguyên lý kết tủa và hấp phụ Asen trên những loại vật liệu khác nhau. Mỗi phương pháp đều có những ưu, nhược điểm, hiệu quả lọc và giá thành rất chênh lệch, phụ thuộc vào loại nguyên liệu được lựa chọn. Trên thị trường, hiện có những bộ lọc ứng dụng công nghệ cao như màng lọc nano hay thẩm thấu ngược... có thể lọc được Asen nhưng giá thành rất cao. Vì vậy, cho đến nay, bộ lọc Asen hiệu quả cao vẫn chưa được ứng dụng rộng rãi, đặc biệt tại các vùng nông thôn nghèo của Việt Nam.

Than hoạt tính từ các chất thải hữu cơ giàu cacbon như vỏ trấu, vỏ gạo dứa, vỏ và thân cây ô-liu, v. v., hay các phụ phẩm từ chế biến nông sản thực phẩm khác được biết có tính chất hấp thụ Asen và các kim loại nặng khác. Các bể lọc sử dụng than hoạt tính kết hợp với các lớp vật liệu lọc khác như cát, sỏi đã được sử dụng phổ biến ở nhiều vùng nông thôn không chỉ ở nước ta mà ở nhiều nơi trên thế giới, nhất là ở các nước nghèo. Các loại bể này có tác dụng cải thiện đáng kể chất lượng nước dùng cho sinh hoạt do loại bỏ được một phần đáng kể các chất cặn, sắt, mangan và một phần các kim loại nặng. Tuy nhiên, hiệu quả loại bỏ Asen của các bể này chưa cao do khả năng hấp thụ Asen của các loại than hoạt tính này còn hạn chế. Vì vậy, nhu cầu đưa ra một công nghệ bao gồm phương pháp và thiết bị loại bỏ Asen hiệu quả từ nước sinh hoạt nhờ sử dụng các vật liệu rẻ tiền phù hợp cho người dùng ở các vùng nông thôn là rất cấp bách.

Mục đích của giải pháp chúng tôi nghiên cứu là khắc phục những nhược điểm nêu trên. Để đạt được mục đích đó, chúng tôi đề xuất phương pháp và bể lọc có khả năng loại bỏ Asen hiệu quả ra khỏi nước sinh hoạt nhờ sử dụng than hoạt tính từ cây thầu dầu. Với việc sử dụng loại than hoạt tính này, hiệu quả loại bỏ Asen có thể tăng gấp hàng chục lần so với các loại than hoạt tính thông thường khác. Giá thành của than hoạt tính từ cây thầu dầu lại rẻ, phù hợp với điều kiện kinh tế của người dân các vùng nông thôn.

Cây thầu dầu là loại cây công nghiệp có giá trị kinh tế cao. Tinh dầu được chiết xuất từ hạt thầu dầu có tác dụng nhuận tràng hay làm thuốc xổ tuyệt vời, đặc biệt là có nhiều công dụng trong chăm sóc sức khỏe và sắc đẹp của phụ nữ (điều trị khô mắt, điều trị đục thủy tinh thể, giảm viêm, kích thích mọc lông mi, ngăn ngừa nếp nhăn và quầng mắt, ngăn chặn nhiễm trùng mắt, .v.v.). Trong những năm gần đây, dầu thầu dầu đã được dùng làm nguyên liệu điều chế xăng sinh học để thay thế một phần nhu cầu tiêu thụ xăng truyền thống, vốn là một trong các thủ phạm gây ô nhiễm môi trường và hiệu ứng nhà kính. Để sản xuất xăng sinh học, cần một nhu cầu rất lớn về nguyên liệu dầu sinh học, trong đó có dầu chiết xuất từ hạt cây thầu dầu. Việc chiết xuất tinh dầu từ hạt thầu dầu lại sinh ra một lượng bã thải rất lớn có thể gây ô nhiễm môi trường nếu không được xử lý hợp lý. Một biện pháp xử lý bã thải từ cây thầu dầu hiệu quả là chế biến thành than hoạt tính dùng cho các mục đích khác nhau, vừa mang lại lợi ích kinh tế lại vừa giải quyết được vấn đề gây ô nhiễm.

- Tùy thuộc vào loại nguyên liệu thô ban đầu mà các loại than hoạt tính được tạo ra có khả năng hấp thụ Asen khác nhau. Trong quá trình nghiên cứu, tìm kiếm một loại vật liệu lọc có khả năng loại bỏ Asen hiệu quả mà có giá thành rẻ, phù hợp với điều kiện ở các vùng nông thôn, chúng tôi đã tiến hành rất nhiều thử nghiệm với nhiều loại than hoạt tính khác nhau, trong đó có than hoạt tính có nguồn gốc hóa thạch, cụ thể là từ than khoáng (than đá) và các loại than hoạt tính có nguồn gốc hữu cơ, rẻ tiền như các loại than hoạt tính từ các phụ phẩm nông nghiệp, chế biến nông sản như vỏ trấu, sọ dừa, v.v.. Các kết quả nghiên cứu đã cho thấy than hoạt tính từ cây thầu dầu/phụ phẩm từ chế biến hạt thầu dầu đã thể hiện khả năng loại bỏ Asen hiệu quả một cách bất ngờ, cao hơn hẳn so với các loại than hoạt tính đã được sử dụng để loại bỏ Asen từ trước đến nay. Kết quả thử nghiệm ở bảng 3.30-3.33 cho thấy,

tuy than hoạt tính sọ dừa được sử dụng phổ biến để lọc nước trong cộng đồng, nhưng về không có khả năng lọc kim loại nặng.

4.3.2 Kết quả thử nghiệm tại thực địa

Kết quả thử nghiệm sau 18 tháng ở bảng 3.34 cho thấy, bể lọc chậm kết hợp than hoạt tính cây thầu dầu có tác dụng loại bỏ Cr rất tốt. Hiệu quả lọc vẫn duy trì, nồng độ Cr trong nước sau lọc đảm bảo theo tiêu chuẩn vệ sinh sau 18 tháng thử nghiệm. Như vậy, mô hình bể lọc chậm kết hợp than hoạt tính cây thầu dầu thể hiện các ưu điểm sau:

- Xây dựng dễ dàng, nguyên vật liệu phổ biến, dễ tìm mua.
- Tốc độ chảy cao (40 L/h). Dễ sử dụng, người sử dụng khi cần nước để nấu ăn hoặc đun nước uống đều có thể lấy nước trực tiếp từ vòi ra của bể lọc.
- Không dùng điện.
- Nước sau lọc không màu, không mùi.
- Nhờ có cột lọc cát nên loại được phần rêu nhỏ trong nước.
- Nhờ cột lọc chứa than hoạt tính nên loại thêm được một số chất hữu cơ.
- Nếu so với máy lọc RO thì giá thành của bể lọc rẻ hơn nhiều (=1/10).
- Thay thế dễ dàng vật liệu lọc khi bể lọc quá bẩn, hiệu quả lọc giảm.
- Tất cả các hộ thử nghiệm đều sử dụng thường xuyên bể lọc, phục vụ nước ăn uống, sinh hoạt.

Thực tế chi phí công thuê thu gom cây thầu dầu và đốt than tạo thành than hoạt tính ước tính là 40.000đ/kg. Với một bể lọc đường kính 1m, cần 20 kg than cho sử dụng trong 18 tháng, như vậy, trung bình chi phí hàng tháng liên quan đến than hoạt tính thầu dầu cho một hộ gia đình 5 người là 44.000đ. Chi phí này tương đối phù hợp với điều kiện của các hộ gia đình nông thôn hiện nay, đặc biệt, khi gia đình tự thu gom nguyên vật liệu, giá thành sản xuất than sẽ tiết kiệm đáng kể. Như vậy, mô hình bể lọc chậm kết hợp than hoạt tính cây thầu dầu loại được kim loại nặng trong nước giếng với tốc độ chảy

cao, hoàn toàn đáp ứng được nhu cầu sử dụng của người dân có mức thu nhập bình thường.

Kết quả nghiên cứu của chúng tôi hoàn toàn phù hợp với nhiều tác giả trong nước như Nguyễn Xuân Huân, Nguyễn Khắc Hải, Hà Xuân Sơn và Trần Thị Khuyên, Bùi Huy Tùng [81, 90, 91, 120, 149].

Từ đó, theo khía cạnh thứ nhất, chúng tôi đã đề xuất phương pháp xử lý nước sinh hoạt bị nhiễm Asen nhờ sử dụng than hoạt tính từ cây thầu dầu có khả năng loại bỏ phần lớn hàm lượng Asen có trong nước, đảm bảo chất lượng nước sinh hoạt vượt tiêu chuẩn cho phép.

Ở khía cạnh thứ hai, chúng tôi đã đề xuất bể lọc nước sinh hoạt bị nhiễm Asen phù hợp với điều kiện ở các vùng nông thôn có khả năng loại bỏ phần lớn hàm lượng Asen chứa trong nước, nước sau khi lọc hoàn toàn đáp ứng tiêu chuẩn về chất lượng nước sinh hoạt, giá thành xử lý thấp. Bể lọc này có cấu tạo gồm các lớp vật liệu lọc thông thường đã biết như: cát, sỏi nhỏ, sỏi lớn,.. khác biệt ở chỗ có thêm lớp than hoạt tính từ cây thầu dầu tía, nhờ đó nước được loại bỏ phần lớn các thành phần kim loại nặng bao gồm Asen, và các thành phần khác như sắt, mangan, phot pho, .v.v..

Một số hạn chế của nghiên cứu

Theo hiểu biết của chúng tôi, đây là một trong những nghiên cứu đầu tiên mô tả thực trạng ô nhiễm kim loại nặng trong nước, rau và thủy sản tại một khu vực ven biển miền Bắc nước ta. Tuy nhiên, bên cạnh hạn chế của thiết kế mô tả cắt ngang, chúng tôi chưa xem xét đến sự thay đổi thời tiết trong thời gian lấy mẫu để hạn chế sai số có thể có trong quá trình phân tích. Về thâm nhiễm KLN, đề tài đã đánh giá được thực trạng thâm nhiễm KLN trong máu và nước tiểu của người dân sử dụng nguồn nước, thực phẩm ô nhiễm trong ăn uống và sinh hoạt, một số triệu chứng/bệnh nhiễm độc và sự

thay đổi chỉ số hóa sinh máu của người dân. Sẽ có được bức tranh toàn cảnh hơn nếu xem xét ảnh hưởng của ô nhiễm KLN trong nguồn nước, rau, thực phẩm tới sức khỏe người dân ở các độ tuổi.

Nghiên cứu xây dựng và thử nghiệm ở 4 bể lọc tại thực địa do kinh phí hạn hẹp của đề tài. Tuy nhiên, kết quả thử nghiệm quy mô phòng thí nghiệm và thực địa đều hiệu quả cho thấy giải pháp can thiệp hoàn toàn có thể được tham khảo để tiếp tục nhân rộng sang các địa phương khác.

Do giới hạn về thời gian và nguồn lực, nghiên cứu khu trú thử nghiệm hiệu quả của giải pháp loại bỏ kim loại nặng trong nước. Vì vậy, giảm thiểu ảnh hưởng của kim loại nặng trong chuỗi thực phẩm đến sức khỏe cộng đồng, cần tiếp tục triển khai nghiên cứu và thử nghiệm các giải pháp hạn chế tác động và loại bỏ kim loại nặng trong thực phẩm trong thời gian tới.

KẾT LUẬN

1. Thực trạng ô nhiễm một số kim loại nặng trong môi trường nước, thực phẩm ở khu vực ven biển huyện Thủy Nguyên Hải Phòng năm 2017-2018

Hàm lượng KLN trong mẫu nước, thực phẩm vượt giới hạn cho phép với tỷ lệ cao:

- 90% mẫu nước, rau, tôm, ốc vượt giới hạn cho phép về Pb
- 80% mẫu nước và rau vượt giới hạn cho phép về Cr
- 74% mẫu nước, rau và thủy hải sản vượt giới hạn cho phép về Cd
- 83% mẫu nước giếng, 38% mẫu rau vượt giới hạn cho phép về As
- 98,15% - 100% mẫu nước mặt vượt giới hạn cho phép về Cd và Cd;

As và Pb

2. Thực trạng cơ cấu bệnh tật và nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe liên quan đến thâm nhiễm kim loại nặng ở người dân khu vực nghiên cứu

- Cơ cấu bệnh tật của dân cư ở khu vực nghiên cứu gồm các bệnh có tỷ lệ mắc cao (tiêu hóa, tuần hoàn, tim mạch, khối u) phù hợp với các nước đang phát triển.

- 21,33-38,67% mẫu máu, nước tiểu có hàm lượng KLN vượt ngưỡng sinh học; tỷ lệ thâm nhiễm KLN ở người dân là 41,10% ($p < 0,05$).

- Các triệu chứng nhiễm độc là dày sừng, rối loạn sắc tố da, suy nhược cơ thể, rụng tóc, rối loạn vận mạch/cảm giác, suy nhược cơ thể, thần kinh.

- Nguy cơ ung thư ước tính do tiêu thụ thực phẩm nhiễm KLN ở người dân giảm dần từ $As > Cr > Pb > Cd$.

3. Kết quả thử nghiệm loại bỏ kim loại nặng trong nước bằng than hoạt tính cây thầu dầu

- Thử nghiệm tại phòng thí nghiệm: Than hoạt tính cây thầu dầu giúp loại bỏ As, Pb, Cd và Cr trong nước với hiệu quả ở thể tích là 1500l nước.

- Thử nghiệm tại thực địa: chỉ số hiệu quả lọc kim loại nặng trong nước giếng tại thực địa cao từ 95%-99%, cao nhất với Cr.

KHUYẾN NGHỊ

1. Định kỳ đánh giá ô nhiễm kim loại nặng trong nguồn nước sinh hoạt và rau, thủy sản nuôi trồng tại các khu vực ven biển.
2. Có kế hoạch khám sức khỏe, thường xuyên theo dõi, giám sát tình trạng phơi nhiễm kim loại nặng ở cộng đồng dân cư ven biển.
3. Cần nhân rộng mô hình bể lọc nước bằng than hoạt tính cây thầu dầu cho người dân khu vực nông thôn có điều kiện tương tự, đặc biệt ở khu vực ô nhiễm Cr để giảm phơi nhiễm kim loại nặng từ nguồn nước.

DANH MỤC BÀI BÁO LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. Nguyễn Thị Minh Ngọc, Phạm Văn Hán, Hồ Anh Sơn, Nguyễn Văn Chuyên. *Đánh giá hiệu quả lọc Asen của than hoạt tính từ cây thầu dầu*. Tạp chí Y học Việt Nam, tập 484, tháng 9- số 1 năm 2019, trang 40-46.
2. Nguyen Thi Minh Ngoc, Nguyen Van Chuyen, Nguyen Thi Thu Thao, Nguyen Quang Duc, Nguyen Thi Thu Trang, Nguyen Thi Thanh Binh, Hoang Cao Sa, Nguyen Bao Tran, Nguyen Van Ba, Nguyen Van Khai, Ho Anh Son, Pham Van Han, Elizabeth V Wattenberg, Hiroyuki Nakamura and Pham Van Thuc. *Chromium, cadmium, lead and arsenic concentrations in water, vegetables and seafood consumed in a coastal area in Northern Vietnam*. Environmental Health Insights, Volume 14:1-9, 2020.
3. Nguyễn Thị Minh Ngọc, Nguyễn Văn Chuyên, Hồ Anh Sơn, Phạm Văn Hán. *Thực trạng nhiễm kim loại nặng và một số chỉ số sức khỏe của dân cư ở một khu ven biển Hải Phòng năm 2017*. Tạp chí Y học cộng đồng, số 3 (56), tháng 5+6, năm 2020

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. WHO (2016), *Preventing disease through healthy environments*, accessed, from <https://www.who.int/news-room/facts-in-pictures/detail/preventing-disease-through-healthy-environments>.
2. Jan A. T. et al. (2015), Heavy metals and human health: Mechanistic insight into toxicity and counter defense system of antioxidants, *International Journal of Molecular Sciences*, 16(12), pp. 29592-29630.
3. Zhao Y. et al. (2018), Study of heavy metal pollution, ecological risk and source apportionment in the surface water and sediments of the Jiangsu coastal region, China: A case study of the Sheyang Estuary, *Marine Pollution Bulletin*, 137(1), pp. 601-609.
4. Hachiya, N. (2006), The history and the present of Minamata Disease – entering the second half a century, *JIMAJ*, 49(3), pp. 112-118.
5. Nguyen T. T. H. et al. (2016), Assessment of heavy metal pollution in Red River surface sediments, Vietnam, *Marine Pollution Bulletin*, 113(1-2), pp. 513-519.
6. Agusa T. et al. (2014), Human exposure to arsenic from drinking water in Vietnam, *Science of the Total Environment*, 488-489(1), pp. 562-569.
7. Strady E. et al. (2017), Baseline seasonal investigation of nutrients and trace metals in surface waters and sediments along the Saigon River basin impacted by the megacity of Ho Chi Minh (Vietnam), *Environmental Science and Pollution Research, Springer Verlag*, 24 (4), pp. 3226-3243.
8. Phuong N. T. K. and Khoa N. C. (2013), Evaluation of heavy metals in tissue of shellfish from can gio coastline in ho chi minh city, vietnam, *Asian Journal of Chemistry*, 25(15), pp. 8552-8556.
9. Lê Quang Dũng, Nguyễn Việt Linh và Vũ Văn Tú (2013), Tích lũy KLN trong hầu đá và vụn xanh vùng ven biển Hải Phòng, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*.

10. Bộ Chính trị (2018), Nghị quyết 36 về phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn 2045.
11. Luật bảo vệ môi trường 2014.
12. Liu, Q., Liao, Y., and Shou, L. (2018), Concentration and potential health risk of heavy metals in seafoods collected from Sanmen Bay and its adjacent areas, China, *Marine Pollution Bulletin*, 131(36), pp. 356-364.
13. Roy Chowdhury A., Datta R., and Sarkar D. (2018), *Heavy Metal Pollution and Remediation*, Elsevier Inc., 359-373.
14. ATSDR - Toxic Substances - Arsenic, accessed, from <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=3>.
15. Jaishankar M. et al. (2014), Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals, *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), pp. 60-72.
16. ATSDR (2007), *Toxicological Profile for Arsenic*.
17. ATSDR - Toxicological Profile: Lead, accessed, from <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=96&tid=22>.
18. Järup, L. (2003), Hazards of heavy metal contamination, *British Medical Bulletin*, 68, pp. 167-182.
19. WHO *Lead poisoning and health*, accessed February 10-2020, from <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.
20. ATSDR *Cadmium (Cd) Toxicity: What Is the Biological Fate of Cadmium in the Body? | ATSDR - Environmental Medicine & Environmental Health Education - CSEM*, accessed February 10-2020, from <https://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=6&po=9>.
21. ATSDR - Toxic Substances - Chromium, accessed February 10-2020, from <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=17>.
22. WHO (2010), Exposure to cadmium: a major public health concern, *Preventing Disease Through Healthy Environments*, pp. 3-6.

23. WHO *Chromium in drinking-water*, accessed February 10-2020, from https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/chromium/en/
24. WHO (2017), *Key facts- Mercury and health*, accessed, from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>.
25. USEPA (2020), *Health effects of exposures to mercury*, accessed, from <https://www.epa.gov/mercury/health-effects-exposures-mercury>.
26. Masindi V. and Muedi K. L. (2018), Environmental Contamination by Heavy Metals, *Intech Open*.
27. Chakrabarti D. et al. (2019), *Arsenic: Occurrence in Groundwater*, 2 ed, Elsevier Inc., 153-168.
28. Musaiger O. A. and D'Souza, R. (2008), Chemical Composition of Raw fish consumed in Bahrain, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, pp. 55-61.
29. Andrés Martín GÓNGORA-GÓMEZ et al. (2018), Seasonal levels of heavy metals in soft tissue and muscle of the pen shell *Atrina maura* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Pinnidae) from a farm in the Southeastern coast of the Gulf of California, Mexico, *Rev. Int. Contam. Ambie*, 34(1), pp. 57-68.
30. M Golam Mortuza and Al-Misned, F. A. (2017), Environmental Contamination and Assessment of Heavy Metals in Water, Sediments and Shrimp of Red Sea Coast of Jizan, Saudi Arabia, *Journal of Aquatic Pollution and Toxicology*, 1(1).
31. Agah H. et al. (2009), Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf, *Environmental Monitoring and Assessment*, 157(1-4), pp. 499-514.
32. Pourang N. (2005), Trace Element Concentrations in Fish, Surficial Sediments and Water from Northern Part of the Persian Gulf, *Article in Environmental Monitoring and Assessment*, 109, pp. 293-316.

33. Salam M. A. et al. (2019), Global Journal of Environmental Science and Management Contamination profile of heavy metals in marine fish and shellfish ARTICLE INFO, *Global J. Environ. Sci. Manage*, 5(2), pp. 225-236.
34. Martínez-Gómez Concepción et al. (2012), Health status of red mullets from polluted areas of the Spanish Mediterranean coast, with special reference to Portmán (SE Spain), *Marine Environmental Research*, 77, pp. 50-59.
35. Solgi E., Alipour, H., and Majnooni, F. (2019), Investigation of the Concentration of Metals in Two Economically Important Fish Species from the Caspian Sea and Assessment of Potential Risk to Human Health, *Ocean Science Journal*, 54(3), pp. 503-514.
36. Malinowski C.R (2019), High mercury concentrations in Atlantic Goliath Grouper: Spatial analysis of a vulnerable species, *Marine Pollution Bulletin*, pp. 81-91.
37. Wang Y. et al. (2012), Health risk assessment of heavy metals in soils and vegetables from wastewater irrigated area, Beijing-Tianjin city cluster, China, *Journal of Environmental Sciences*, 24(4), pp. 690-698.
38. Proshad R. et al. (2019), Potential health risk of heavy metals via consumption of rice and vegetables grown in the industrial areas of Bangladesh, *Human and Ecological Risk Assessment*, 0(0), pp. 1-23.
39. Oteef M. D. Y. et al. (2015), Levels of zinc, copper, cadmium, and lead in fruits and vegetables grown and consumed in Aseer Region, Saudi Arabia, *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(11).
40. Sawut R. et al. (2018), Pollution characteristics and health risk assessment of heavy metals in the vegetable bases of northwest China, *Science of the Total Environment*, 642, pp. 864-878.
41. Hussain M. I. and Qureshi A. S. (2020), Health risks of heavy metal exposure and microbial contamination through consumption of vegetables irrigated with treated wastewater at Dubai, UAE, *Environmental Science and Pollution Research*.

42. Trần Đức Thanh và cộng sự. (2008), *Vùng vịnh ven bờ biển Việt Nam và tiềm năng sử dụng*, Nxb. Khoa học Tự nhiên & Công nghệ. Hà Nội.
43. Pham L. H. et al. (2017), Arsenic and other trace elements in groundwater and human urine in Ha Nam province, the Northern Vietnam: contamination characteristics and risk assessment, *Environmental Geochemistry and Health*, 39(3), pp. 517-529.
44. Trần Thị Phương Mai và cộng sự. (2013), Sự tích lũy kim loại nặng ở một số loài nhuyễn thể tại vùng biển Khánh Hòa, Việt Nam. *Kỷ yếu Hội nghị quốc tế “Biển Đông 2012”*, Nha Trang, 12-14/9/2012, trang 225-234.
45. Lê Xuân Sinh (2013), Cơ chế tích tụ thủy ngân của loài nghêu trắng (*meretrix lyrata*) phân bố vùng cửa sông Bạch Đằng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ* 51 (5) (2013) 573-585 51(5), tr. 573-585.
46. Lê Thị Vinh và các cộng sự. (2016), *Hàm lượng kim loại nặng trong hào (crassostrea belcheri sowerby, 1871) nuôi thương phẩm tại huyện Càn Giò, thành phố Hồ Chí Minh*.
47. Võ Văn Minh và các cộng sự. (2014), Hàm lượng Cd , Pb , Cr và Hg trong trầm tích và trong loài hén (*Corbicula subsulcata*) ở một số cửa sông khu vực miền trung, Việt Nam, tr. 378-384.
48. Nguyễn Văn Khánh, Trần Duy Vinh và Lê Hà Yến Nhi (2014), Hàm lượng kim loại nặng trong động vật 2 mảnh vỏ ở một số khu vực cửa sông tại miền Trung, Việt Nam, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển*. 14(4), tr. 385-391.
49. Nguyễn Thị Mai Hương và các cộng sự. (2012), Hàm lượng một số kim loại nặng trong môi trường đất và nước vùng canh tác nông nghiệp (hoa-rau-cây ăn quả) tại xã Phú Diễn và xã Tây Tựu (Hà Nội), *Vietnam Journal of Science and Technology*. 50(4), tr. 491-491.
50. Quy T.T., Linh N.T.M. et al. (2011), Heavy metals accumulation and health risk assessment in vegetable production area, Phu Xuyen, Hanoi, 202(09), pp. 135-141.

51. Bui A. T. K. et al. (2016), Accumulation and potential health risks of cadmium, lead and arsenic in vegetables grown near mining sites in Northern Vietnam, *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(9).
52. Nguyen H. T. T., Le H. V. T., and Yoneda M. (2018), Human health risk implication from cadmium and lead contamination at lead-zinc mine area, Northern Viet Nam, pp. 56-63.
53. WHO (2017). The determinants of health. <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/determinants-of-health>
54. Jutel, A. (2011), Classification, disease, and diagnosis, *Perspectives in Biology and Medicine*, 54(2), pp. 189-205.
55. Trường Đại học Y tế công cộng (2013), *Đánh giá nguy cơ sức khỏe môi trường nghề nghiệp*, Giáo trình đào tạo cử nhân y tế công cộng định hướng sức khỏe môi trường - nghề nghiệp, NXB Lao động xã hội, Hà Nội.
56. WHO (2020), *Definition of Health*, accessed February 9-2020, from <https://www.who.int/about/who-we-are/frequently-asked-questions>.
57. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) (2018). Findings from the Global Burden of Disease Study 2017, *Seattle, WA: IHME*.
58. WHO (2015), *Noncommunicable diseases progress monitor, 2015*.
59. WHO (2018), *Noncommunicable diseases country profiles 2018*.
60. Bộ Y tế (2016), *Niên giám thống kê y tế năm 2016*, Nhà xuất bản y học.
61. Sở Y tế Hải Phòng (2019), *Báo cáo thống kê số lượt bệnh nhân nhập viện và điều trị tại bệnh viện đa khoa tuyến 1*.
62. UESPA (2019), *Guidelines for Human Exposure Assessment*, accessed February 9-2020, from https://www.epa.gov/sites/production/files/2020-01/documents/guidelines_for_human_exposure_assessment_final2019.pdf.
63. Nyambura C. et al. (2020), Cancer and non-cancer health risks from carcinogenic heavy metal exposures in underground water from Kilimambogo, Kenya, *Groundwater for Sustainable Development*, 10.

64. Sharma S., Nagpal A. K., and Kaur I. (2019), Appraisal of heavy metal contents in groundwater and associated health hazards posed to human population of Ropar wetland, Punjab, India and its environs, *Chemosphere*, 227, pp. 179-190.
65. Patrick-Iwuanyanwu K. and Chioma N. C. (2017), Evaluation of Heavy Metals Content and Human Health Risk Assessment via Consumption of Vegetables from Selected Markets in Bayelsa State, Nigeria, *Nigeria. Biochem Anal Biochem*, 6, pp. 332-332.
66. Bonsignore M. et al. (2016), Assessment of mercury exposure in human populations: A status report from Augusta Bay (Southern Italy), *Environmental Research*, 150, pp. 592-599.
67. Liu Q. et al. (2019), Heavy metal concentrations in commercial marine organisms from Xiangshan Bay, China, and the potential health risks, *Marine Pollution Bulletin*, 141(36), pp. 215-226.
68. Saher N. U. and Kanwal N. (2019), Assessment of some heavy metal accumulation and nutritional quality of shellfish with reference to human health and cancer risk assessment: a seafood safety approach, *Environmental Science and Pollution Research*, 26(5), pp. 5189-5201.
69. Varol M., Kaya G. K. and Sünbül M. R. (2019), Evaluation of health risks from exposure to arsenic and heavy metals through consumption of ten fish species, *Environmental Science and Pollution Research*, 26(32), pp. 33311-33320.
70. Debipersadh S. et al. (2018), Investigating toxic metal levels in popular edible fishes from the South Durban basin: implications for public health and food security, *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(8).
71. Qian Wang et al. (2019), Heavy metals and PAHs in an open fishing area of the East China Sea: Multimedia distribution, source diagnosis, and dietary risk assessment, *Environmental Science and Pollution Research*, 26(21), pp. 21140-21150.

72. Shafiuddin Ahmed et al. (2019), Bioaccumulation of heavy metals in some commercially important fishes from a tropical river estuary suggests higher potential health risk in children than adults, *PLoS ONE*, 14(10).
73. Nguyen Van Anh et al. (2009), Contamination of groundwater and risk assessment for arsenic exposure in Ha Nam province, Vietnam, *Environment International*, 35(3), pp. 466-472.
74. Bui Thanh Long et al. (2015), Review and human health risk assessment of heavy metals accumulation in vegetables grown in Vinh Quynh, Vietnam, *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 8(2), pp. 723-730.
75. Chanpiwat Penradee et al. (2016), Assessment of metal and bacterial contamination in cultivated fish and impact on human health for residents living in the Mekong Delta, *Chemosphere*, 163, pp. 342-350.
76. Nguyen Thi Hoang Ha et al. (2019), Uptake of arsenic and heavy metals by native plants growing near Nui Phao Multi-metal mine, northern Vietnam, *Appl Geochemistry*, 108(June).
77. Phan Kim Anh and Nguyen Thanh Giao (2018), Groundwater Quality and Human Health Risk Assessment Related to Groundwater Consumption in an Giang Province. *Journal of Heavy Metal Toxicity and Disease*, Vol.3 No.2:4. doi: 10.21767/2473-6457
78. Tran Thi Mai Phuong et al. (2015), Ecological risk assessment of heavy metals in marine Bivalve *Meretrix meretrix*. *Journal of Fisheries science and Technology*, *Special issue - 2015*, pp 149-154.
79. Nguyen Manh Ha et al. (2019), "An Exposure Assessment of Arsenic and Other Trace Elements in Ha Nam Province, Northern Vietnam", *International Journal of Analytical Chemistry*, 2019.
80. Viện Y học lao động và Vệ sinh môi trường (2005), *Điều tra sơ bộ về các ảnh hưởng độc hại của Arsenic tới sức khỏe cộng đồng dân cư hai tỉnh Hà Nam và Hưng Yên.*, Bộ Y tế.

81. Nguyễn Khắc Hải (2015), Báo cáo tổng hợp kết quả khoa học công nghệ đề tài Nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật tiên tiến để đánh giá sự biến đổi về nhiễm sắc thể và gen ở trẻ sơ sinh bị phơi nhiễm Asen trước sinh, *Đề tài KHCN cấp Nhà nước, mã số KC10.06/06-10*.
82. Nguyễn Bích Thủy và cộng sự (2016), Đánh giá mối liên quan giữa phơi nhiễm Asen của phụ nữ trong độ tuổi sinh đẻ và bệnh lý thai sản tại tỉnh Hà Nam, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*. Tập 32, Số 4, tr. 310-317.
83. Kyoung-woong Kim et al. (2010), "Arsenic levels in human hair, Kandal Province, Cambodia: The influences of groundwater arsenic, consumption period, age and gender Suthipong Sthiannopkao", *Applied Geochemistry*, 25 (2010), pp. 81–90.
84. Brilliance Onyinyechi Anyanwu et al. (2018), "Heavy Metal Mixture Exposure and Effects in Developing Nations: An Update", *Toxics*, 6(4), pp. 65-65.
85. Wołowiec, M. (2019), Removal of Heavy Metals and Metalloids from Water Using Drinking Water Treatment Residuals as Adsorbents: A Review, *Minerals*, 9(487).
86. Vareda J. P. et al. (2019), Assessment of heavy metal pollution from anthropogenic activities and remediation strategies: A review, *Journal of Environmental Management*, 246, pp. 101-118.
87. Nina Ricci Nicomel (2016), Technologies for Arsenic Removal from Water: Current Status and Future Perspectives, *Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(62).
88. Fenglian Fu and Qi Wang (2011), Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review, *Journal of Environmental Management*, 92 (2011), pp. 407-418.
89. Renu M. A. and Sing K. (2017), Heavy metal removal from wastewater using various adsorbents: A review, *Journal of Water Reuse and Desalination*, pp. 387-419.

90. Trần Thị Khuyên (2012), Thực trạng thâm nhiễm Asen ở người dân sử dụng nước ô nhiễm Asen và hiệu quả một số giải pháp can thiệp. Luận án Nghiên cứu sinh trường Đại học Y Thái Bình.
91. Hà Xuân Sơn (2015), *Nghiên cứu áp dụng giải pháp can thiệp giảm thiểu ảnh hưởng của ô nhiễm môi trường tới sức khỏe người dân khu vực khai thác kim loại màu Thái Nguyên*. Luận án Nghiên cứu sinh trường Đại học Y Dược Thái Nguyên.
92. Ủy ban nhân dân thành phố Hải Phòng, Phê duyệt dự án Rà soát, điều chỉnh và bổ sung Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội huyện Thủy Nguyên đến năm 2025, tầm nhìn 2030.
93. Ủy ban nhân dân xã Tam Hưng (2016), Báo cáo tổng kết thực hiện nhiệm vụ năm 2016.
94. Ủy Ban nhân dân thị trấn Minh Đức (2016), Báo cáo tổng kết thực hiện nhiệm vụ 2016, kế hoạch 2017.
95. Ananthi T. A. S., Meerabai R. S., and Krishnasamy R. (2013), Potential of Ricinus Communis L. and Brassica Juncea (L.) Czern. under natural and induced Pb Phytoextraction, *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, pp. 429-438.
96. Makeswari M. and Santhi T. (2013), Optimization of Preparation of Activated Carbon from Ricinus communis Leaves by Microwave-Assisted Zinc Chloride Chemical Activation: Competitive Adsorption of Ni²⁺ Ions from Aqueous Solution, *International Journal of Modern Engineering Research*, 3(5), pp. 3255-3266.
97. Dương Thị Tú Anh (2016), *Phân tích xác định các loại kim loại nặng Zn, Cd, Pb và Cu trong trầm tích thuộc lưu vực sông Cầu*, Báo cáo kết quả đề tài cấp đại học.
98. Nguyễn Mạnh Khải và cộng sự. (2011), Ô nhiễm asen trong nước ngầm và khả năng xử lý tại chỗ quy mô hộ gia đình tại xã Trung Châu, Đan Phượng, Hà Nội, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*. 27 (2011), tr. 22-29.

99. Viện Sức khỏe nghề nghiệp và môi trường - Bộ Y tế (2015), *Thường quy kỹ thuật Sức khỏe nghề nghiệp và môi trường Tập 2*, Nhà xuất bản Y học.
100. Bộ Tài nguyên và môi trường (2015), QCVN 03-MT:2015/BTNMT, *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về giới hạn cho phép của một số kim loại nặng trong đất*.
101. Bộ Y tế (2009), QCVN 01:2009-Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sinh hoạt.
102. Bộ Tài nguyên và môi trường (2015), QCVN 08-MT:2015/BTNMT, *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt*.
103. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2008), Quyết định số 99/2008/QĐ- BNN& PTNT quy định quản lý sản xuất, kinh doanh rau, quả và chè an toàn.
104. Bộ Y tế (2011), QCVN8-2:2011/BYT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia đối với giới hạn ô nhiễm kim loại nặng trong thực phẩm
105. USEPA (2011), Exposure Factors Handbook: 2011 Edition, U.S. Environmental Protection Agency, EPA/600/R(September), pp. 1-1466.
106. USEPA (2020), *Regional Screening Levels (RSLs) - Risk Assessment*, accessed February 23-2020, from <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls>.
107. Phạm Hồng Hải (2012), Nghiên cứu những vấn đề môi trường đã, đang và sẽ nảy sinh do hoạt động mở kềm chì Làng Hích, Thái Nguyên. *Luận văn Thạc sỹ khoa học Trường Đại học Khoa học tự nhiên*, Đại học Quốc gia Hà Nội.
108. Tran Thi Hong Minh and Nguyen Khac Giang (2018), Metal and metalloid concentrations in soil, surface water, and vegetables and the potential ecological and human health risks in the northeastern area of Hanoi, Vietnam, *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 190(11).

109. Nguyen Van Thinh et al. (2018), Chemical speciation and bioavailability concentration of arsenic and heavy metals in sediment and soil cores in estuarine ecosystem, Vietnam, *Microchemical Journal*, 139(2017), pp. 268-277.
110. Đỗ Thị Tuyết Nhung, Ngô Hữu Thắng và Mai Quang Tuyên (2018), Đánh giá hàm lượng kim loại nặng trên một số loại rau ở khu vực huyện Bình Chánh, Thành phố Hồ Chí Minh, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*. 16, tr. 84-94.
111. Ngô Đức Minh và cộng sự. (2005), Đánh giá nguy cơ tích lũy Cadimi (Cd) trong đất nông nghiệp, gạo và rủi ro đối với sức khỏe con người.
112. Kok V. C. et al. (2019), A Pilot Survey of Potentially Hazardous Trace Elements in the Aquatic Environment Near a Coastal Coal-Fired Power Plant in Taiwan, *Journal of Environmental Health Insights*, 13, pp. 117863021986223-117863021986223.
113. Batvari B. P. D. et al. (2016), Heavy metals accumulation in crab and shrimps from Pulicat lake, north Chennai coastal region, southeast coast of India, *Toxicology and Industrial Health*, 32(1), pp. 1-6.
114. Alidadi H. et al. (2019), Health risk assessments of arsenic and toxic heavy metal exposure in drinking water in northeast Iran, *Environmental Health and Preventive Medicine*, 24(1), pp. 59-59.
115. Rajeshkumar S. et al. (2018), Studies on seasonal pollution of heavy metals in water, sediment, fish and oyster from the Meiliang Bay of Taihu Lake in China, *Chemosphere*, 191, pp. 626-638.
116. Wongsasuluk P. et al. (2014), Heavy metal contamination and human health risk assessment in drinking water from shallow groundwater wells in an agricultural area in Ubon Ratchathani province, Thailand, *Environmental Geochemistry and Health*, 36(1), pp. 169-182.
117. Bajwa B. S. et al. (2017), Uranium and other heavy toxic elements distribution in the drinking water samples of SW-Punjab, India, *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 10(1), pp. 13-19.

118. Ahmad N., Jaafar M. S., and Alsaffar M. S. (2015), Study of radon concentration and toxic elements in drinking and irrigated water and its implications in Sungai Petani, Kedah, Malaysia, *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 8(3), pp. 294-299.
119. Saha N. et al. (2017), Industrial metal pollution in water and probabilistic assessment of human health risk, *Journal of Environmental Management*, 185, pp. 70-78.
120. Bui Huy Tung et al. (2014), Assessing health risk due to exposure to arsenic in drinking water in Hanam province, Vietnam, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(8), pp. 7575-7591.
121. Dong W., Zhang Y., and Quan X. (2020), Health risk assessment of heavy metals and pesticides: A case study in the main drinking water source in Dalian, China, *Chemosphere*, 242, pp. 125113-125113.
122. Bhakta J. N. and Munekage, Y. (2010), Spatial Distribution and Contamination Status of Arsenic, Cadmium and Lead in some Coastal Shrimp (*Macrobrachium rosenbergii*) Farming Ponds of Viet Nam, *The Pacific Journal of Science and Technology*, 11(1), pp. 606-615.
123. Krejpcio Z, Sionkowski S., and Bartela J. (2005), Safety of fresh fruits and juices available on the Polish market as determined by heavy metal residues, *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(6), pp. 877-881.
124. Kananke T., Wansapala J., and Gunaratne A. (2014), Heavy Metal Contamination in Green Leafy Vegetables Collected from Selected Market Sites of Piliyandala Area, Colombo District, Sri Lanka, *American Journal of Food Science and Technology*, 2(5), pp. 139-144.
125. Zhuang, P. et al. (2009), Heavy metal contamination in soils and food crops around Dabaoshan mine in Guangdong, China: Implication for human health, *Environmental Geochemistry and Health*, 31(6), pp. 707-715.

126. Chang C. Y. et al. (2014), Accumulation of heavy metals in leaf vegetables from agricultural soils and associated potential health risks in the Pearl River Delta, South China, *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(3), pp. 1547-1560.
127. Maleki A. and Zarasvand M. A. (2008), Heavy metals in selected edible vegetables and estimation of their daily intake in Sanandaj, Iran, *The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health*, 39(2), pp. 335-40.
128. Li N. et al. (2015), Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site, South China, *Science of the Total Environment*, 521-522, pp. 144-151.
129. Aytekin T. et al. (2017), Accumulation and health risk assessment of heavy metals in tissues of the shrimp and fish species from the Yumurtalik coast of Iskenderun Gulf, Turkey.
130. Baki M. A. et al. (2018), Concentration of heavy metals in seafood (fishes, shrimp, lobster and crabs) and human health assessment in Saint Martin Island, Bangladesh, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 159(April), pp. 153-163.
131. Fallah A. A. et al. (2011), Comparative study of heavy metal and trace element accumulation in edible tissues of farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using ICP-OES technique, *Microchemical Journal*, 98 (2011), pp. 275-279.
132. Tuzen M. (2009), Toxic and essential trace element contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 47(8), pp. 1785-1790.
133. Copat C. et al. (2013), Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: Consumption advisories, *Food and Chemical Toxicology*, 53, pp. 33-37.

134. Medeiros Renata J. et al. (2012), Determination of inorganic trace elements in edible marine fish from Rio de Janeiro State, Brazil, *Food Control*, 23(2), pp. 535-541.
135. Durmuş A. et al. (2018), Determination of metals and selenium concentrations in feather of Armenian gull (*Larus armenicus*) living in Van Lake Basin, Turkey., *Ecology and Environmental Research*, 16, pp. 3831-3837.
136. De Mora S. et al., Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf and Gulf of Oman.
137. Saleh Y. S. and Marie M. A. S. (2015), Assessment of metal contamination in water, sediment, and tissues of *Arius thalassinus* fish from the Red Sea coast of Yemen and the potential human risk assessment, *Environmental Science and Pollution Research*, 22(7), pp. 5481-5490.
138. Zrnčić S. et al. (2013), Biomonitoring of heavy metals in fish from the Danube River, *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(2), pp. 1189-1198.
139. Kawser Ahmed M. et al. (2016), Human health risks from heavy metals in fish of Buriganga river, Bangladesh, *SpringerPlus*.
140. Peshut P. J., Morrison R. J., and Brooks B. A. (2008), Arsenic speciation in marine fish and shellfish from American Samoa, *Chemosphere*, 71(3), pp. 484-492.
141. Petkovšek S. A. S., Grudnik Z. M., and Pokorny B. (2012), Heavy metals and arsenic concentrations in ten fish species from the Šalek lakes (Slovenia): Assessment of potential human health risk due to fish consumption, *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(5), pp. 2647-2662.

142. Đỗ Thị Hằng (2011), *Nghiên cứu ô nhiễm môi trường nước giếng do chì và bệnh tật người trưởng thành sống xung quanh Xí nghiệp Kẽm Chì Làng Hích, Thái Nguyên*, Luận văn Thạc sĩ Y học, Trường Đại học Y Dược Thái Nguyên.
143. Nguyễn Thị Ngân và cộng sự (2014), *Mô tả thực trạng cơ cấu bệnh tật của nhân dân trên một số đảo vùng đông bắc việt nam trong 5 năm 2008 - 2012*, *Y học Việt Nam*. 423.
144. Nguyễn Thị Hồng Tú và Nguyễn Thị Liên Hương (2013), *Nghiên cứu điều kiện làm việc và sức khỏe người lao động ở một số làng nghề*, Báo cáo khoa học toàn văn - Hội nghị khoa học quốc tế Y học lao động và vệ sinh môi trường lần thứ I, Nhà xuất bản Y học, Hà Nội.
145. Đặng Minh Ngọc (2005), *Ảnh hưởng độc hại tới thận ở công nhân tiếp xúc nghề nghiệp với cadimi*, Báo cáo khoa học toàn văn, Hội nghị khoa học quốc tế Y học lao động và vệ sinh môi trường lần thứ II, Nhà xuất bản Y học, Hà Nội.
146. Thomas L. D. K et al. (2009), *Early Kidney Damage in a Population Exposed to Cadmium and Other Heavy Metals*, *Environ Health Perspect*, 117, pp. 181-184.
147. United States Environmental Protection Agency (USEPA), *Handbook for Implementing the Supplemental Cancer Guidance at Waste and Cleanup Sites, Cancer Risk Calculations*.
148. United Nation-Water (2018), *The United Nations World Water Development Report: Nature-Based Solutions for Water*, UNESCO, Paris, France.
149. Nguyễn Xuân Huân và cộng sự (2016), *Nghiên cứu hiện trạng và khả năng xử lý ô nhiễm asen trong nước ngầm ở huyện Quốc Oai, Hà Nội bằng các vật liệu có chi phí thấp*, *Tạp chí khoa học ĐHQG Hà Nội*. 32, tr. 192-197.

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1

**PHIẾU ĐIỀU TRA CƠ CẤU BỆNH TẬT
VÀ KHÁM SỨC KHỎE**

Mã số:.....

A. THÔNG TIN CHUNG

ĐỊA CHỈ:.....

Thông tin xã hội học		Lựa chọn	Trả lời
1.	Họ và tên:		
2.	Dân tộc	Kinh	[] 1
		Khác (ghi rõ).....	[] 2
3.	Học vấn cao nhất?	Dưới tiểu học	[] 1
		Tiểu học	[] 2
		Trung học cơ sở	[] 3
		≥ THPT	[] 4
4.	Nghề nghiệp hiện nay	Nông dân	[] 1
		Nghề khác	[] 2
5.	Anh chị có hút thuốc lá không?	Có	[] 1
		Không	[] 2
6.	Số điều thuốc/ngày	< 4 điều	[] 1
		5-10 điều	[] 2
		11-20 điều	[] 3
		> 20 điều	[] 4
7.	Thời gian hút thuốc lá	1-5 năm	[] 1
		6-10 năm	[] 2
		≥ 11 năm	[] 3
8.	Thời gian sinh sống tại khu vực	< 3 năm liên tục	[] 1
		3-5 năm liên tục	[] 2
		≥ 5 năm liên tục	[] 3

B. TÌNH TRẠNG BỆNH TẬT (trong 5 năm gần đây)

1. Trong 5 năm gần đây anh/chị có mắc bệnh lý tuần hoàn nào không?

Có

Không

2. Nếu có, thì là bệnh gì?

Thấp tim	Suy tim
Bệnh lý van tim	Tai biến mạch máu não
Tăng huyết áp	Xơ vữa động mạch, và các bệnh lý động mạch, tiểu động mạch
Bệnh tim thiếu máu, nhồi máu cơ tim	Bệnh lý tĩnh mạch
Rối loạn dẫn truyền và loạn nhịp tim	Bệnh lý tuần hoàn khác

3. Trong 5 năm gần đây anh/chị có mắc bệnh lý hô hấp nào không?
 Có Không

4. Nếu có, thì là bệnh gì?

Ho kéo dài	Giãn phế quản
Viêm phế quản cấp	Viêm phổi, áp xe phổi
Tâm phế mạn	Tràn khí/dịch màng phổi
Bệnh phổi tắc nghẽn mãn tính	Lao phổi
Hen phế quản	Bệnh lý hô hấp khác

5. Trong 5 năm gần đây anh/chị có mắc bệnh lý tiêu hóa nào không?
 Có Không

6. Nếu có, thì là bệnh gì?

Viêm loét thực quản, Gerd	Viêm gan
Viêm dạ dày cấp và mãn	Sỏi mật, sỏi túi mật
Viêm loét dạ dày tá tràng	Viêm tụy cấp/mạn
Viêm ruột thừa	Hội chứng ruột kích thích
Viêm đại tràng, bệnh Crohn	Bệnh lý tiêu hóa khác

7. Trong 5 năm gần đây anh/chị có mắc bệnh lý tiết niệu nào không?
 Có Không

8. Nếu có, thì là bệnh gì?

Viêm cầu thận cấp/mạn	Nang thận
Viêm kẽ thận cấp/mạn	Viêm đường tiết niệu
Hội chứng thận hư	Hẹp niệu quản
Suy thận	U phì đại lành tính tuyến tiền liệt
Sỏi thận	Bệnh lý tiết niệu khác

9. Trong 5 năm gần đây anh/chị có mắc bệnh lý hệ vận động nào không?
 Có Không

10. Nếu có, thì là bệnh gì?

Viêm khớp phản ứng	Viêm khớp vai
Viêm khớp dạng thấp	Thoái hóa cột sống cổ/ thắt lưng
Viêm khớp nhiễm khuẩn	Loãng xương
Thoái hóa khớp gối	Viêm gân, viêm bao hoạt dịch
Gout	Bệnh lý hệ vận động khác

11. Trong 5 năm gần đây anh/chị có mắc bệnh lý nội tiết – chuyển hóa nào không?

Có Không

12. Nếu có, thì là bệnh gì?

Cường giáp, Basedow	Đái tháo nhạt
Nhược giáp	Nhược cơ
Đái tháo đường	Hội chứng Cushing
Suy dinh dưỡng	Cường aldosterone
Thừa cân, béo phì	Bệnh lý nội tiết – chuyển hóa khác

13. Trong 5 năm gần đây anh/chị có mắc bệnh lý tai- mũi-họng nào không?

Có Không

14. Nếu có, thì là bệnh gì?

Viêm ống tai ngoài	Lệch vách ngăn
Viêm tai giữa	Viêm xoang
Viêm xương chũm	Viêm họng cấp/mạn
Viêm mũi	Viêm amidan, viêm V.A cấp/mạn
Polyp mũi	Bệnh lý tai- mũi- họng khác

15. Trong 5 năm gần đây anh/chị có mắc bệnh lý răng- hàm- mặt nào không?

Có Không

16. Nếu có, thì là bệnh gì?

Sâu răng	Viêm tuyến nước bọt mang tai
Viêm nướu (lợi), tổ chức quanh răng	Sai khớp thái dương hàm
Viêm tủy răng	Khe hở môi
Áp xe má	Sỏi tuyến nước bọt
Áp xe cơ cắn	Bệnh lý răng-hàm-mặt khác

17. Trong 5 năm gần đây anh/chị có mắc bệnh lý mắt nào không?

Có Không

18. Nếu có, thì là bệnh gì?

Viêm kết mạc	Cận thị
Viêm loét giác mạc	Viễn thị
Viêm màng bồ đào	Viêm túi lệ
Tăng nhãn áp, Glôcôm	Viêm tổ chức hốc mắt
Liệt vận nhãn	Khối u

19. Trong 5 năm gần đây anh/chị có mắc bệnh lý da liễu nào không?

Có Không

20. Nếu có, thì là bệnh gì?

Vẩy nến	Zona
Viêm da cơ địa và eczema	Hạt cơm
Ghẻ	Viêm da dầu
Hắc lào	Bệnh mày đay
Lang ben	Bệnh lý da liễu khác

21. Trong 5 năm gần đây anh/chị có mắc bệnh lý tâm thần kinh nào không?

Có Không

22. Nếu có, thì là bệnh gì?

Đau đầu	Động kinh
Mất ngủ	Viêm đa dây, rễ thần kinh
Sa sút trí tuệ	Tâm thần phân liệt
Parkinson	Hội chứng tiền đình
Alzheimer	Bệnh lý tâm thần kinh khác

23. Trong 5 năm gần đây anh/chị có mắc bệnh lý ung thư nào không?

Có Không

24. Nếu có, thì là bệnh gì?

Ung thư phổi	U não ác tính
Ung thư dạ dày	Ung thư đại tràng
Ung thư gan	Ung thư thận
Ung thư vòm họng	Ung thư xương
Ung thư da	Bệnh lý ung thư khác

25. Trong 5 năm gần đây anh/chị có mắc bệnh lý truyền nhiễm nào không?

Có Không

26. Nếu có, thì là bệnh gì?

Nhiễm trùng- nhiễm độc ăn uống	Bệnh do virus Rota
Ly trực khuẩn	Bệnh tả
Ly amip	Viêm gan virus A hoặc E
Thương hàn	Bệnh bại liệt
Bệnh do brucella	Bệnh Whitmore
Bệnh do Toxoplasma	Bệnh lý truyền nhiễm khác

27. Trong 5 năm gần đây anh/chị có mắc bệnh lý do ký sinh trùng nào không?

Có Không

28. Nếu có, thì là bệnh gì?

Bệnh giun đũa	Bệnh sán lá gan
Bệnh giun móc	Bệnh sán lá phổi
Bệnh giun tóc	Bệnh sán lá ruột
Bệnh giun kim	Bệnh sán dây lợn, dây bò
Bệnh giun chỉ	Bệnh lý do ký sinh trùng khác

C. BIỂU HIỆN NHIỄM ĐỘC

Anh/chị có thể cho biết, anh/chị có thường xuyên xuất hiện các triệu chứng sau đây không?

29.	Mệt mỏi		44.	Buồn nôn, nôn	
30.	Đau đầu		45.	Tiêu chảy	
31.	Hoa mắt, chóng mặt		46.	Đau bụng	
32.	Mất ngủ		47.	Táo bón	
33.	Ảo giác		48.	Phân đen	
34.	Run chân tay		49.	Ngứa	
35.	Tê tay chân		50.	Vàng da	
36.	Đau xương		51.	Dày sừng	
37.	Co giật		52.	Rối loạn vận mạch	
38.	Yếu cơ, liệt tay chân		53.	Bệnh lý thai sản	
39.	Rụng tóc		54.	Biến đổi màu răng	

40. Ngoài ra, anh chị có xuất hiện triệu chứng nào khác không?

PHỤ LỤC 2
BỘ CÂU HỎI
TÌM HIỂU NGUY CƠ PHỐI NHIỄM HOÁ CHẤT TỪ THỰC PHẨM

Mã số hộ gia đình:.....

Mã số đối tượng:				
------------------	--	--	--	--

1. Họ và tên người được phỏng vấn:.....
2. Địa chỉ:.....
3. Điện thoại:.....
4. Ngày phỏng vấn:.....
5. Họ và tên người phỏng vấn:.....

THÔNG TIN CƠ BẢN

STT	THÔNG TIN CẦN TÌM HIỂU
1.	Giới tính người được phỏng vấn: Nam <input type="checkbox"/> Nữ <input type="checkbox"/>
2.	Năm sinh của anh/chị: _____
3.	Anh/chị học phổ thông đến lớp: _____
4.	Sau khi học phổ thông, anh/chị tiếp tục học nâng cao 1.Không <input type="checkbox"/> 2.Trung cấp <input type="checkbox"/> 3.Cao đẳng <input type="checkbox"/> 4.Đại học <input type="checkbox"/> 5.Sau đại học <input type="checkbox"/>
5.	Nghề nghiệp hiện tại của anh/chị: _____
6.	Tổng số người trong hộ gia đình của anh/chị: _____ người <i>(Hộ gia đình: bao gồm những người sống cùng trong nhà và ăn chung trong vòng 3 tháng qua)</i>
7.	Số người dưới 6 tuổi trong gia đình: _____ người
8.	Trung bình một tháng gia đình anh/chị thu nhập khoảng: _____ VND/tháng
9.	Loại hình nhà ở của anh/chị: 1.Nhà thuê <input type="checkbox"/> 2.Căn hộ <input type="checkbox"/> 3.Một tầng <input type="checkbox"/> 4.Hai tầng <input type="checkbox"/> 5.Ba tầng <input type="checkbox"/> 6.Trên ba tầng <input type="checkbox"/>
10.	Trung bình một tháng, tiền mua thực phẩm của hộ gia đình khoảng: _____ VND/tháng
11.	Các đồ đạc có trong gia đình: 1.Tivi <input type="checkbox"/> 2.Tủ lạnh <input type="checkbox"/> 3.Máy giặt <input type="checkbox"/> 4.Xe máy <input type="checkbox"/> 5.Ô tô <input type="checkbox"/>

THÔNG TIN VỀ TẦN SUẤT SỬ DỤNG THỰC PHẨM

STT	THÔNG TIN CẦN TÌM HIỂU
12.	Loại nước thường dùng cho việc ăn uống hằng ngày: 1.Nước máy <input type="checkbox"/> 2.Nước giếng <input type="checkbox"/> 3.Nước mưa <input type="checkbox"/> 4.Nước đóng chai <input type="checkbox"/>
13.	Mức độ thường xuyên ăn cá biển của anh/chị (<i>ví dụ tháng vừa qua</i>): 1.Không/Hiếm khi <input type="checkbox"/> 2.Thỉnh thoảng <input type="checkbox"/> 3.Thường xuyên <input type="checkbox"/> 4.Hằng ngày <input type="checkbox"/>
14.	Trung bình một tuần, số lần (bữa) bạn ăn cá biển : _____ lần/tuần
15.	Những loại cá biển anh/chị thường ăn (<i>kể tên khoảng 3 loại</i>): _____
16.	Loại cá biển anh/chị thường ăn nhất: _____
17.	Nơi anh/chị mua cá biển : 1.Chợ <input type="checkbox"/> 2.Siêu thị <input type="checkbox"/> 3.Tự nuôi, đánh bắt <input type="checkbox"/>
18.	Mức độ thường xuyên ăn cá nước ngọt của anh/chị (<i>ví dụ tháng vừa qua</i>): 1.Không/Hiếm khi <input type="checkbox"/> 2.Thỉnh thoảng <input type="checkbox"/> 3.Thường xuyên <input type="checkbox"/> 4.Hằng ngày <input type="checkbox"/>
19.	Trung bình một tuần, số lần (bữa) anh/chị ăn cá nước ngọt : _____ lần/tuần
20.	Những loại cá nước ngọt anh/chị thường ăn (<i>kể tên khoảng 3 loại</i>): _____
21.	Loại cá nước ngọt anh/chị thường ăn nhất: _____
22.	Nơi anh/chị mua cá nước ngọt : 1.Chợ <input type="checkbox"/> 2.Siêu thị <input type="checkbox"/> 3.Tự nuôi, đánh bắt <input type="checkbox"/>
23.	Trung bình một tuần, số lần (bữa) anh/chị ăn tôm : _____ lần/tuần
24.	Trung bình một tuần, số lần (bữa) anh/chị ăn cua, ốc, hến, sò : _____ lần/tuần
25.	Nơi anh/chị mua tôm, cua, ốc, hến, sò : 1.Chợ <input type="checkbox"/> 2.Siêu thị <input type="checkbox"/> 3.Tự nuôi, đánh bắt <input type="checkbox"/>
26.	Mức độ thường xuyên ăn thịt của anh/chị (<i>ví dụ tháng vừa qua</i>): 1.Không/Hiếm khi <input type="checkbox"/> 2.Thỉnh thoảng <input type="checkbox"/> 3.Thường xuyên <input type="checkbox"/> 4.Hằng ngày <input type="checkbox"/>
27.	Trung bình một tuần, số lần (bữa) anh/chị ăn thịt lợn : _____ lần/tuần
28.	Trung bình một tuần, số lần (bữa) anh/chị ăn thịt gà : _____ lần/tuần
29.	Trung bình một tuần, số lần (bữa) anh/chị ăn thịt bò : _____ lần/tuần
30.	Trung bình một tuần, số lần (bữa) anh/chị ăn thịt vịt : _____ lần/tuần
31.	Trung bình một tuần, số lần (bữa) anh/chị ăn thịt ngan/ngỗng : _____ lần/tuần
32.	Những loại thịt khác mà anh/chị thường ăn: _____ Số lần trong tuần: _____ lần/tuần

33.	Mức độ thường xuyên ăn nội tạng động vật của anh/chị (<i>ví dụ thính vừa qua</i>): 1.Không/Hiếm khi <input type="checkbox"/> 2.Thỉnh thoảng <input type="checkbox"/> 3.Thường xuyên <input type="checkbox"/> 4.Hằng ngày <input type="checkbox"/>
34.	Trung bình một tuần, số lần (bữa) anh/chị ăn nội tạng động vật: _____ lần/tuần
35.	Các loại nội tạng anh/chị thường ăn: 1. Gan 2. Tim 3. Cật (thận) 4. Lòng non 5. Lòng già 6. Dạ dày 7. Phổi 8. Tiết canh
36.	Mức độ thường xuyên ăn rau xanh của anh/chị (<i>ví dụ thính vừa qua</i>): 1.Không/Hiếm khi <input type="checkbox"/> 2.Thỉnh thoảng <input type="checkbox"/> 3.Thường xuyên <input type="checkbox"/> 4.Hằng ngày <input type="checkbox"/>
37.	Những loại rau xanh mà anh/chị thường ăn (<i>kể tên khoảng 3 loại</i>): _____
38.	Loại rau xanh anh/chị hay ăn nhất? _____
39.	Nơi anh/chị mua rau xanh : 1.Chợ <input type="checkbox"/> 2.Siêu thị <input type="checkbox"/> 3.Tự trồng <input type="checkbox"/>
40.	Mức độ thường xuyên ăn trứng gà của anh/chị (<i>ví dụ thính vừa qua</i>): 1.Không/Hiếm khi <input type="checkbox"/> 2.Thỉnh thoảng <input type="checkbox"/> 3.Thường xuyên <input type="checkbox"/> 4.Hằng ngày <input type="checkbox"/>
41.	Trung bình một tuần, số quả trứng gà anh/chị ăn (<i>ví dụ thính vừa qua</i>): _____ quả/tuần
42.	Mức độ thường xuyên ăn trứng vịt của anh/chị (<i>ví dụ thính vừa qua</i>): 1.Không/Hiếm khi <input type="checkbox"/> 2.Thỉnh thoảng <input type="checkbox"/> 3.Thường xuyên <input type="checkbox"/> 4.Hằng ngày <input type="checkbox"/>
43.	Trung bình một tuần, số quả trứng vịt anh/chị ăn (<i>ví dụ thính vừa qua</i>): _____ quả/tuần
44.	Mức độ thường xuyên ăn trứng chim cú của anh/chị (<i>ví dụ thính vừa qua</i>): 1.Không/Hiếm khi <input type="checkbox"/> 2.Thỉnh thoảng <input type="checkbox"/> 3.Thường xuyên <input type="checkbox"/> 4.Hằng ngày <input type="checkbox"/>
45.	Trung bình một tuần, số quả trứng chim cú anh/chị ăn: _____ quả/tuần
46.	Mức độ thường xuyên uống sữa của anh/chị (<i>ví dụ thính vừa qua</i>): 1.Không/Hiếm khi <input type="checkbox"/> 2.Thỉnh thoảng <input type="checkbox"/> 3.Thường xuyên <input type="checkbox"/> 4.Hằng ngày <input type="checkbox"/>
47.	Trung bình một tuần, số cốc (ly) sữa anh/chị uống: _____ cốc/tuần
48.	Loại sữa anh/chị thường dùng: 1. Sữa tươi <input type="checkbox"/> 2. Sữa đặc <input type="checkbox"/> 3. Sữa bột <input type="checkbox"/>
49.	Trung bình một tuần, số cốc sữa chua anh/chị ăn: _____ cốc/tuần
50.	Mức độ thường xuyên ăn bơ, phô mai của anh/chị (<i>ví dụ thính vừa qua</i>): 1.Không/Hiếm khi <input type="checkbox"/> 2.Thỉnh thoảng <input type="checkbox"/> 3.Thường xuyên <input type="checkbox"/> 4.Hằng ngày <input type="checkbox"/>
51.	Trung bình một tuần, số lần anh/chị ăn bơ, phô mai : _____ lần/tuần
52.	Dầu (mỡ) ăn mà các anh chị thường dùng: 1. Dầu thực vật <input type="checkbox"/> 2. Mỡ động vật <input type="checkbox"/>

ĐỊNH LƯỢNG KHẤU PHẦN ĂN CỦA HỘ GIA ĐÌNH

STT	THÔNG TIN CẦN TÌM HIỂU
53.	Những bữa ăn cá biển , cả gia đình anh/chị ăn trung bình khoảng: _____gam/bữa
54.	Những bữa ăn cá nước ngọt , cả gia đình anh/chị ăn trung bình khoảng: _____gam/bữa
55.	Những bữa ăn tôm , cả gia đình anh/chị ăn trung bình khoảng: _____gam/bữa
56.	Những bữa ăn cua, ốc, hến, sò , cả gia đình anh/chị ăn trung bình khoảng: _____gam/bữa
57.	Những bữa ăn thịt lợn , cả gia đình anh/chị ăn trung bình khoảng: _____gam/bữa
58.	Những bữa ăn thịt gà , cả gia đình anh/chị ăn trung bình khoảng: _____gam/bữa
59.	Những bữa ăn thịt bò , cả gia đình anh/chị ăn trung bình khoảng: _____gam/bữa
60.	Những bữa ăn thịt vịt , cả gia đình anh/chị ăn trung bình khoảng: _____gam/bữa
61.	Những bữa ăn thịt ngan/ngỗng , cả gia đình anh/chị ăn trung bình khoảng: _____gam/bữa
62.	Những bữa ăn nội tạng , cả gia đình anh/chị ăn trung bình khoảng: _____gam/bữa
63.	Trung bình một ngày, cả gia đình anh/chị ăn hết lượng gạo khoảng: _____gam/ngày
64.	Trung bình một ngày, cả gia đình anh/chị ăn hết lượng rau xanh khoảng:_____gam (__bó)
65.	Trung bình một tháng, cả gia đình anh/chị ăn hết lượng dầu (mỡ) ăn khoảng: _____lít

3 BỮA ĂN TRONG NGÀY

(Của đối tượng nghiên cứu)

Trung bình một tuần (7 ngày), số bữa anh/chị ăn tại gia đình (tự nấu) và ăn ở bên ngoài (hàng quán, cơ quan, cơm hộp...):

	Nấu tại gia đình	Ăn bên ngoài
Sáng (7 bữa)	_____ bữa/tuần	_____ bữa/tuần
Trưa (7 bữa)	_____ bữa/tuần	_____ bữa/tuần
Tối (7 bữa)	_____ bữa/tuần	_____ bữa/tuần

LỊCH SỬ NƠI CƯ TRÚ

66. Nơi sinh của anh/chị:

.....
.....

67. Trước khi lập gia đình anh/chị đã từng sống ở những đâu? Trong khoảng thời gian nào?

.....
.....
.....

68. Sau khi lập gia đình cho tới hiện nay anh/chị đã sống ở những đâu? Trong khoảng thời gian nào?

.....
.....
.....

LỊCH SỬ NGHỀ NGHIỆP

71. Anh/chị đã từng làm việc ở nơi đổ rác thải như lò đốt rác, nước thải, chứa rác và thu thập phế liệu kim loại không?

1. Có 2. Không

502. Anh/chị đã từng làm việc ở nhà máy không?

1. Có 2. Không

503. Anh/chị đã từng phun chất hóa học để trừ sâu bệnh hay diệt cỏ không?

1. Có 2. Không

Nếu có, thuốc gì? Trừ gì?

.....

504. Anh/chị đã từng làm ở nhà máy giấy không?

1. Có 2. Không

Nếu có, thời gian, công việc thế nào?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

PHỤ LỤC 3

HƯỚNG DẪN LẤY MẪU NƯỚC TIỂU

1. Dụng cụ:

- Can đựng nước tiểu 24 giờ: Can nhựa thể tích 2 lít được ngâm rửa kỹ bằng xà phòng, tráng rửa bằng nước sạch để khô hoặc chai Lavie sạch 1,5 lít

- Lọ lưu mẫu: Lọ nhựa thể tích 50 ml đã được ngâm rửa sạch, tráng bằng nước cất, dán nhãn ghi rõ họ tên, mã số và ngày lấy mẫu

2. Cách thu mẫu nước tiểu 24 giờ:

- Thu tất cả các bãi nước tiểu thải ra trong vòng 24 giờ vào can đựng nước tiểu tính từ thời điểm đi bãi nước tiểu bỏ ra ngoài của ngày hôm trước tới đúng thời điểm đó của ngày hôm sau, yêu cầu đối tượng thu bãi cuối cùng vào can đựng mẫu

- Trộn đều, đong thể tích nước tiểu 24 giờ (*ghi lại thể tích*)

- Đổ vào lọ lưu mẫu khoảng 50 -100 ml nước tiểu,

3. Vận chuyển mẫu và bảo quản

- Mẫu được bảo quản 4⁰C-8⁰C trong suốt thời gian vận chuyển và chờ phân tích

- Bảo quản, lưu mẫu ở -80⁰

PHỤ LỤC 4
XÂY DỰNG VÀ THỬ NGHIỆM MÔ HÌNH BỂ LỌC CHẬM
LOẠI BỎ KLN TRONG NƯỚC BẰNG THAN HOẠT TÍNH

1. Xây dựng và thử nghiệm quy mô phòng thí nghiệm

Thử nghiệm với 02 loại than:

* *Than hoạt tính sọ dừa*: mua sẵn trên thị trường.

* *Than hoạt tính cây thầu dầu*: được sản xuất theo quy trình trong Phụ lục 5

2. Đánh giá hiệu quả lọc quy trong phòng thí nghiệm bằng các mẫu giả định

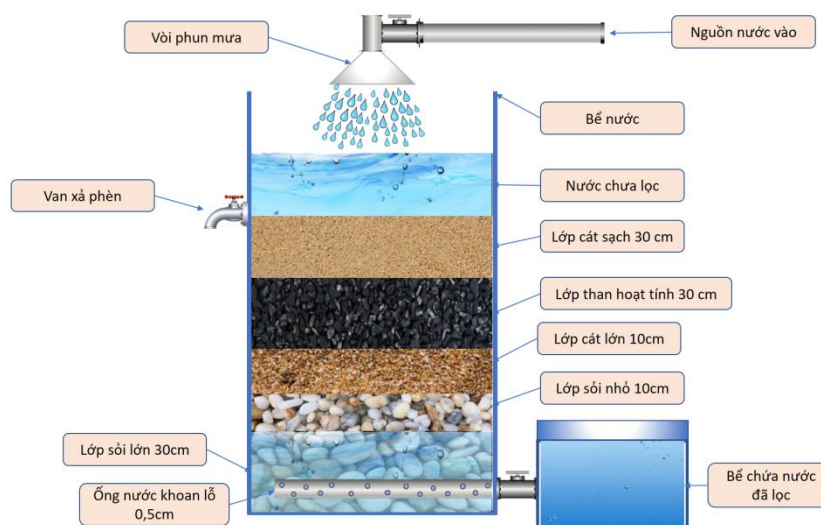
* *Xây dựng mô hình thử nghiệm bể lọc chậm có than hoạt tính*

Nhóm nghiên cứu sử dụng công nghệ bể lọc chậm (*là loại công nghệ phổ biến ở khu vực nông thôn*) kèm theo vật liệu hấp phụ là than hoạt tính. Mô hình thử nghiệm bể lọc kim loại nặng bằng than hoạt tính, tham khảo từ nghiên cứu của Hà Xuân Sơn, 2015, có điều chỉnh thay đổi vật liệu lọc (*than hoạt tính từ thầu dầu*) như Hình dưới.

Thử nghiệm đánh giá hiệu quả lọc As của các loại than hoạt tính khác nhau bằng cách thay lớp than hoạt tính giữa các lần thử nghiệm. Các lớp vật liệu khác giữ nguyên trong các lần thử nghiệm.

02 loại than hoạt tính được sử dụng đánh giá gồm:

- (1) Than hoạt tính sọ dừa
- (2) Than hoạt tính cây thầu dầu



Hình 2. Mô hình thử nghiệm bể lọc KLN bằng than hoạt tính

**Đánh giá hiệu quả lọc kim loại nặng của 2 loại than hoạt tính*

a. Pha chế dung dịch thử nghiệm

- *Axit nitric*: Phần khối lượng không nhỏ hơn $w(\text{HNO}_3) = 65\%$, với tỷ trọng khoảng 1,4 g/ml.

- *Dung dịch gốc nguyên tố*

Sử dụng các dung dịch chất chuẩn một nguyên tố As, Cd, Pb, Cr bán sẵn trên thị trường, có nồng độ khối lượng $r = 1000 \text{ mg/L}$ (1000ppm) trong axit nitric loãng.

- *Dung dịch gốc đa nguyên tố pha loãng*

Các mức nồng độ của nguyên tố As, Cd, Pb, Cr trong dung dịch gốc đa nguyên tố pha loãng có thể được chọn tùy theo kiểu mẫu cần phân tích.

Ví dụ: $r(\text{As}) = 20 \text{ ppm}$, $r(\text{Cd}), r(\text{Pb}) = 10 \text{ ppm}$. Dùng pipet lấy 2 ml As, 1 ml Cd, Cr và Pb, tương ứng của từng dung dịch gốc cho vào bình định mức 100 ml, thêm 1 ml axit nitric, thêm nước đến vạch và chuyển dung dịch sang bình thích hợp.

- *Dung dịch hiệu chuẩn đa nguyên tố*

Theo ví dụ nêu trên, dung dịch hiệu chuẩn đa nguyên tố chứa $r = 100 \text{ ppm}$ As, $r = 50 \text{ ppm}$ Cd, Cr, Pb. Dùng pipet lấy 0,5 ml dung dịch gốc thủy ngân pha loãng và 0,5 ml dung dịch gốc đa nguyên tố pha loãng cho vào bình định mức 100 ml, thêm 1 ml axit nitric, thêm nước đến vạch và chuyển dung dịch sang bình thích hợp (*bình PFA hoặc bình thạch anh*).

- Dung dịch nội chuẩn

Dung dịch nội chuẩn chứa Rodi và Luteti có nồng độ khối lượng $r = 1000$ ppm Sử dụng vàng để ổn định thủy ngân trong dung dịch và giảm hiệu ứng nhớ. Nồng độ của các chất nội chuẩn cần bao trùm dải khối lượng được sử dụng để xác định các nguyên tố. Nồng độ các chất này có trong dung dịch thử phải không đáng kể.

- Dung dịch nội chuẩn pha loãng

Nồng độ của dung dịch nội chuẩn pha loãng cần đủ cao để có cường độ tín hiệu đủ mạnh. Đối với dung dịch nội chuẩn $r(\text{Au, Rh, Lu}) = 5$ ppm, dùng pipet lấy 0,5 ml dung dịch nội chuẩn Au, Rh và Lu cho vào từng bình định mức 100 ml, thêm 1 ml axit nitric, thêm nước đến vạch và chuyển dung dịch sang bình thích hợp.

- Dung dịch mẫu trắng

Sử dụng dung dịch mẫu trắng chứa nước và cùng một lượng axit như trong dung dịch hiệu chuẩn.

- Mẫu thử nghiệm:

Dung dịch thử nghiệm được pha từ các dung dịch gốc đa nguyên tố với nồng độ theo tỉ lệ As: Pb: Cd: Cr là 1:1:5:0,3 với các mẫu được pha như Bảng 2.3 như sau:

Bảng 1. Bảng mẫu thử nghiệm với nồng độ kim loại nặng tương ứng

Nồng độ (ppm) Mẫu đa nguyên tố	As	Pb	Cd	Cr
Mẫu 1	0,1	0,2	0,5	1,0
Mẫu 2	0,1	0,2	0,5	1,0
Mẫu 3	0,5	1,0	2,5	5,0
Mẫu 4	0,03	0,06	0,15	0,3

Tổng thể tích dung dịch của các mẫu là 1000L. Các dung dịch mẫu thử được chứa trong các thùng và đậy kín tránh tiếp xúc không khí.

PHỤ LỤC 5

QUY TRÌNH SẢN XUẤT THAN HOẠT TÍNH TỪ CÂY THẦU DẦU

- Lựa chọn và chuẩn bị nguyên liệu: lựa chọn cây thầu dầu đã trưởng thành. Thân cây thầu dầu được cắt thành các đoạn dài 30-50cm tùy kích thước lò đốt.

- Các bước sản xuất than hoạt tính thầu dầu:

+ **Bước 1 (Đốt lò):** Trong 2 ngày đầu (*khoảng 48 giờ*), đốt nóng lò đảm bảo nguyên liệu chắc chắn cháy chuyển sang bước 2;

+ **Bước 2 (Luyện than):** Khoảng 5-6 ngày (*quá trình than hóa và hoạt hóa*), ngừng cung cấp nhiên liệu bên ngoài, đảm bảo nguyên liệu trong lò tự cháy yếm khí; cuối bước này, đảm bảo thời gian, nhiệt độ hoạt hóa than rồi chuyển sang ủ than;

+ **Bước 3 (Ủ than):** Khoảng 2 ngày (48 giờ), đảm bảo lò kín, ngừng cấp oxi vào lò, nhiệt độ lò giảm dần;

+ **Bước 4 (Phun nước):** Kết thúc ủ than, tiến hành tôi luyện than tăng độ cứng bằng việc phun một lượng nước phù hợp vào trong lò (*2 đợt, mỗi đợt cách nhau 24 giờ*);

+ **Bước 5 (Ra lò):** 12 giờ sau bước 4, tiến hành ra lò, đưa than vào máy bẻ, sàng lọc, đóng gói.

PHỤ LỤC 6
MỘT SỐ HÌNH ẢNH TRONG QUÁ TRÌNH THỰC HIỆN ĐỀ TÀI

