

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

Nguyễn Thị Cúc

ĐÁNH GIÁ BIẾN ĐỘNG MÔI TRƯỜNG LIÊN QUAN ĐẾN
HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC KHOÁNG SẢN TỈNH LÀO CAI
VÀ ĐỀ XUẤT BIỆN PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ QUẢN LÝ

Chuyên ngành: Môi trường và phát triển bền vững

Mã số: 9440301.04

DỰ THẢO TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ MÔI TRƯỜNG VÀ
PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Hà Nội - 2024

Công trình được hoàn thành tại: Đại học Khoa học Tự nhiên
– Đại học Quốc gia Hà Nội

Người hướng dẫn khoa học:

- PGS. TS Nguyễn Phương

- PGS.TS. Hoàng Anh Lê

Phản biện:

Phản biện:

Phản biện:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng cấp Đại học Quốc gia chấm
luận án tiến sĩ họp tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên -
ĐHQGHN vào hồi giờ ngày tháng năm 2024

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam;

- Trung tâm Thư viện và Tri thức số - ĐHQGHN.

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Ở nước ta, các loại khoáng sản có quy mô lớn và giá trị công nghiệp cao như apatit, đồng, sắt, v.v... tập trung chủ yếu ở khu vực tỉnh Lào Cai. Hàng năm, hoạt động khai khoáng tỉnh Lào Cai đóng góp trên 50% giá trị sản xuất của ngành công nghiệp trên địa bàn tỉnh, cải thiện cơ sở hạ tầng và tạo ra lượng lớn việc làm cho người dân địa phương. Bên cạnh những lợi ích to lớn đem lại thì hoạt động này cũng để lại những bất cập không nhỏ về môi trường. Các nghiên cứu về môi trường liên quan đến hoạt động khai thác khoáng sản hiện nay chủ yếu tập trung vào liệt kê các vấn đề môi trường tại khu mỏ đơn lẻ, trong khi môi trường bị ảnh hưởng bởi yếu tố liên mỏ khi hoạt động khai thác các mỏ diễn ra đồng thời. Môi trường tại khu vực khai thác khoáng sản ngoài chịu tác động bởi các yếu tố khai thác còn ảnh hưởng bởi địa hình và điều kiện khí hậu, đặc biệt đối với khu vực có địa hình và khí hậu phân hóa như tỉnh Lào Cai. Vì vậy, việc lựa chọn đề tài **“Đánh giá biến động môi trường liên quan đến hoạt động khai thác khoáng sản tỉnh Lào Cai và đề xuất biện pháp nâng cao hiệu quả quản lý môi trường”** là thật sự cấp thiết.

2. Mục tiêu và nội dung nghiên cứu

Mục tiêu: i) Đánh giá được sự biến động một số thành phần môi trường tự nhiên (đất, nước và không khí) liên quan đến hoạt động khai thác khoáng sản tại tỉnh Lào Cai; trọng tâm là các khu vực khai thác quặng đồng và apatit. ii) Đề xuất được các giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý môi trường liên quan hoạt động khai thác khoáng sản tỉnh Lào Cai.

Nội dung nghiên cứu: i) Nghiên cứu tổng quan về phương pháp đánh giá biến động môi trường; hiện trạng chất lượng môi trường tại khu vực khai thác khoáng sản tỉnh Lào Cai, trọng tâm tại các khu vực khai thác quặng đồng, apatit; ii) Đánh giá biến động TSP trên cơ sở sử dụng kết hợp mô hình Aermod và GIS, lập bản đồ phân vùng mức độ ô nhiễm TSP trong không khí tại khu vực khai thác đồng – apatit; iii) Phân tích biến động chất lượng nước mặt trên một số sông, suối chính chảy qua khu vực khai thác khoáng sản giai đoạn 2017-2022 và dự báo chất lượng nước giai đoạn 2023-2024; iv) Phân tích biến động sử dụng đất liên quan đến hoạt động khai thác khoáng sản tỉnh giai đoạn 2010 – 2020 và đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến tính biến động; v) Đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý môi trường tại khu vực khai thác khoáng sản tỉnh Lào Cai trên cơ sở phân tích mô hình SWOT.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu:

+ Môi trường không khí: Tính biến động thành phần TSP trong không khí tại khu vực khai thác đồng, apatit.

+ Môi trường nước: Tính biến động chất lượng nước mặt trên một số sông, suối chính chảy qua khu vực khai thác đồng, apatit.

+ Môi trường đất: Biến động sử dụng đất liên quan đến hoạt động khai thác khoáng sản.

Phạm vi nghiên cứu: Các khu vực có hoạt động khai thác khoáng sản, trong đó tập trung nghiên cứu chi tiết tại khu vực khai thác khoáng sản đồng và apatit thuộc huyện Bát Xát và thành phố Lào Cai, tỉnh Lào Cai.

4. Những điểm mới của luận án:

i) Đánh giá được biến động thành phần TSP tại khu vực khai thác đồng, apatit theo mùa mưa và mùa khô, xác định mức độ ảnh hưởng của một số yếu tố khí tượng đến sự phân bố của TSP trong không khí; ii) Đánh giá được sự biến động chất lượng nước mặt và dự báo chất lượng nước trên một số suối chính chảy qua khu vực khai thác đồng, apatit trong ngắn hạn; iii) Đánh giá được biến động sử dụng đất, từ đất sử dụng cho khai thác khoáng sản sang các loại đất sử dụng có mục đích khác và ngược lại trong giai đoạn 2010 – 2020; iv) Đề xuất các giải pháp có cơ sở khoa học nhằm nâng cao hiệu quả quản lý môi trường tại các khu vực khai thác khoáng sản, kết hợp bảo vệ môi trường, sử dụng hiệu quả tài nguyên khoáng sản tỉnh Lào Cai.

5. Ý nghĩa khoa học và đóng góp thực tiễn của luận án

(1) Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được hệ phương pháp đánh giá tổng hợp biến động môi trường tự nhiên tại khu vực khai thác khoáng sản; (2) Luận án cung cấp cơ sở khoa học đưa ra các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả quản lý môi trường tại khu vực nghiên cứu và có thể áp dụng với các khu vực khác có điều kiện tương tự; (3) Kết quả nghiên cứu của Luận án cung cấp thêm cơ sở dữ liệu cho cơ quan quản lý và doanh nghiệp đưa ra giải pháp kiểm soát, bảo vệ môi trường tại khu vực khai thác khoáng sản, làm căn cứ định hướng quy hoạch khai thác khoáng sản trong tương lai.

CẤU TRÚC CỦA LUẬN ÁN

Trên cơ sở các nội dung nghiên cứu, để đạt được mục tiêu đề ra, luận án bố cục thành 4 chương: *Chương 1.* Tổng quan về biến động môi trường và hiện trạng môi trường tự nhiên các khu vực khai thác khoáng sản tỉnh Lào Cai; *Chương 2.* Đối tượng, phạm vi, cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu; *Chương 3.* Kết quả đánh giá

biến động môi trường liên quan đến hoạt động khai thác tỉnh Lào Cai; *Chương 4.* Đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý môi trường.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ BIẾN ĐỘNG MÔI TRƯỜNG VÀ HIỆN TRẠNG MÔI TRƯỜNG TỰ NHIÊN CÁC KHU VỰC KHAI THÁC KHOÁNG SẢN TỈNH LÀO CAI

1.1. TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỘNG MÔI TRƯỜNG

1.1.1. Biến động môi trường

Khái niệm về biến động môi trường thường không đề cập trực tiếp trong các nghiên cứu mà được phân tích thông qua đánh giá biến động các thành phần môi trường cụ thể theo không gian và thời gian như biến động chất lượng nước, không khí, sử dụng đất, lớp phủ thực vật, đường bờ v.v ...

Tổng hợp từ các nghiên cứu có trước có thể hiểu “Biến động môi trường” là sự thay đổi về số lượng và chất lượng các thành phần môi trường theo thời gian và không gian do ảnh hưởng của các quá trình sinh thái tự nhiên và các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội.

1.1.2. Tình hình nghiên cứu trên thế giới

Nhìn chung, các nội dung nghiên cứu về biến động môi trường trên thế giới hiện nay chủ yếu được thực hiện theo nhiều hướng nghiên cứu khác nhau. Điểm mạnh và điểm yếu của từng hướng nghiên cứu được tổng hợp ở bảng 1.7.

Bảng 1.7. Tóm tắt điểm mạnh, điểm yếu của từng hướng nghiên cứu

Hướng nghiên cứu	Điểm mạnh	Điểm yếu
-------------------------	------------------	-----------------

Hướng nghiên cứu	Điểm mạnh	Điểm yếu
Phương pháp đánh giá thông qua các chỉ số đơn lẻ và tổng hợp	Đơn giản, phù hợp với đánh giá biến động môi trường tại khu mỏ đơn lẻ.	Hạn chế về đánh giá biến động theo không gian, Phụ thuộc vào dữ liệu
Phương pháp mô hình hóa và GIS	Độ chính xác cao, phù hợp với đánh giá biến động môi trường cho khu vực tập trung nhiều mỏ khai thác đồng thời.	Chi phí cao, đòi hỏi dữ liệu chi tiết về khí tượng, đặc điểm nguồn thải v.v ...
Phương pháp viễn thám và GIS	Phù hợp với đánh giá biến động một số thành phần môi trường trên quy mô rộng như lớp phủ, địa hình, sử dụng đất ...	Phụ thuộc vào kỹ năng, kinh nghiệm của nhà nghiên cứu và chất lượng ảnh.
Phương pháp phân tích thống kê	Phân tích được các yếu tố ảnh hưởng và luận giải mối liên hệ giữa chất lượng môi trường và nguồn thải	Hạn chế trong đánh giá biến động môi trường theo không gian

1.1.3. Tình hình nghiên cứu ở trong nước và ở Lào Cai

Nhìn chung, các nghiên cứu về biến động môi trường ở trong nước và ở tỉnh Lào Cai chủ yếu tập trung vào liệt kê và đánh giá hiện trạng môi trường tại khu mỏ đơn lẻ.

1.2. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT, CÔNG NGHỆ KHAI THÁC KHOÁNG SẢN VÀ TÁC ĐỘNG MÔI TRƯỜNG

1.2.1. Đặc điểm địa chất, khoáng sản

1.2.1.1. Địa tầng

Tham gia vào cấu trúc địa chất khu vực tỉnh Lào Cai là các thành tạo tuổi từ cổ đến trẻ từ Paleozoi đến Đệ tứ.

1.2.1.2. Magma

Thuộc khu vực tỉnh Lào Cai có mặt các thành tạo của phức hệ Ca Vịnh (DiG/MA_{cv}); phức hệ Xóm Giấu (G/PP_{1xg}); phức hệ Bảo Hà (Gb/PP_{3bh}); phức hệ PoSen (GDi/NPps₁, G/NPps₂); phức hệ Mường Hum (aG/PZ_{2mh}); phức hệ Ba Vì (Gb/T_{1bv}); phức hệ YeYenSun (G/Eys).

1.2.1.3. Đặc điểm khoáng sản

Kết quả của công tác điều tra tài nguyên khoáng sản trên diện tích tỉnh Lào Cai, đã ghi nhận được khoảng 101 mỏ, điểm khoáng sản thuộc 17 loại khoáng sản rắn và một số nguồn nước nóng - nước khoáng. Trong đó, quặng đồng và apatit có tiềm năng lớn và giá trị kinh tế cao trong tỉnh.

* **Quặng đồng:** Trên diện tích của tỉnh Lào Cai đã phát hiện, tìm kiếm và thăm dò 10 điểm, mỏ quặng đồng gồm: Pin Ngan Chai, Lũng Pô, Thùng Sáng, Nậm Mít, Trinh Tường, Sin Quyên, Lũng Thàng, Quang Kim (Bát Xát); Tả Phời (Cam Đường) và Tu Giao-Nậm Xé (Văn Bàn). Tính đến năm 2020 có hai mỏ đang khai thác là mỏ đồng Tả Phời và mỏ đồng Sin Quyên.

* **Quặng apatit:** Quặng apatit tập trung thành dải ở bờ phải sông Hồng được phân ra làm 45 khai trường. Tính đến năm 2020, có 12 khai trường đã khai thác hết quặng I và quặng III, 6 khai trường đang khai thác gồm: Khai trường 20-22; khai trường 14-15a-15b, khai trường 10, khai trường 3, khai trường mỏ Cóc, khai trường 26. Các khai trường còn lại được quy hoạch vào thăm dò và khai thác vào các giai đoạn sau.

1.2.2. Công nghệ khai thác và các tác động môi trường

1.2.2.1. Công nghệ khai thác

Hiện nay, trên địa bàn tỉnh Lào Cai hầu hết các mỏ đều được khai thác theo phương pháp lộ thiên, riêng mỏ đồng vi kẽm và mỏ

vàng Sa Phìn khai thác theo phương pháp hầm lò. Quặng sau khi xúc bốc được vận chuyển ra bãi tập kết và chuyển về nhà máy tuyển theo hệ thống băng tải, xe tải hoặc tàu.

1.2.2.2. Tác động môi trường

Theo các tác giả Ravi K.Jain (2016), Jerrold J Marcus (1997) và Hồ Sĩ Giao (2010) có 5 vấn đề môi trường liên quan đến hoạt động khai thác khoáng sản bao gồm: môi trường đất, nước, không khí, sinh vật và xã hội. Các nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, hoạt động khai thác khoáng sản theo phương pháp lộ thiên tại tỉnh Lào Cai chủ yếu phát sinh bụi lơ lửng (TSP), gây ô nhiễm nước mặt và biến đổi diện tích đất khai thác theo thời gian.

1.3. HIỆN TRẠNG CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG TẠI KHU VỰC KHAI THÁC KHOÁNG SẢN

1.3.1. Môi trường không khí

Hàm lượng TSP biến động rất lớn (hệ số biến thiên $V = 125,41\%$) và đặc biệt cao ở khu vực khai thác quặng apatit, ở một số điểm cao hơn QCCP từ 5 đến 10 lần.

1.3.2. Môi trường nước

1.3.2.1. Chất lượng nước mặt

Các chỉ tiêu TSS, COD, BOD₅, NH₄⁺, NO₂⁻ và PO₄³⁻ cao hơn QCCP. Các thành phần khác như kim loại nặng (Cd, Pb, Cu, Fe, Zn, As), coliform, pH, DO đều nằm trong giới hạn cho phép ở mức B của QCVN08-MT:2023/BTNMT.

1.3.2.2. Đặc tính nước thải

Nước không có tính axit, nồng độ pH dao động từ 6,5 đến 7,7. Các thông số chất lượng nước đều nằm dưới quy chuẩn cho phép theo QCVN 40:2011/BTNMT (Cột B).

1.3.3. Môi trường đất

Hàm lượng trung bình các nguyên tố kim loại nặng trong đất tại khu vực khai thác và chế biến quặng đồng, apatit, khu công nghiệp Tăng Loỏng đều nằm trong giới hạn cho phép so với QCVN03-MT:2023/BTNMT (đất loại 3).

1.3.4. Môi trường phóng xạ

Tỉnh Lào Cai có nhiều loại khoáng sản cộng sinh phóng xạ hay đi kèm có hàm lượng phóng xạ cao. Trong đó, các khu vực thuộc khu vực mỏ đồng Sin Quyền và dải đất hiếm Mường Hum - Nậm Bung cần phải xem xét các biện pháp can thiệp.

CHƯƠNG 2. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI, CÁCH TIẾP CẬN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI NGHIÊN CỨU

2.1.1. Đối tượng nghiên cứu

+ Môi trường không khí: Đánh giá biến động thành phần bụi lơ lửng (TSP) tại khu vực khai thác và chế biến quặng đồng, apatit.

+ Môi trường nước: Đánh giá biến động chất lượng nước mặt trên một số sông, suối chính chảy qua khu vực khai thác ở tỉnh Lào Cai; trọng tâm là các sông, suối chảy qua các khu vực khai thác quặng đồng và apatit.

+ Môi trường đất: Đánh giá biến động và xác định các yếu tố ảnh hưởng đến biến động sử dụng đất liên quan hoạt động khoáng sản.

2.1.2. Phạm vi nghiên cứu

Phạm vi nghiên cứu là các khu vực khai thác khoáng sản, tập trung là khu vực khai thác quặng đồng, apatit thuộc huyện Bát Xát và thành phố Lào Cai, tỉnh Lào Cai.

2.2. CÁCH TIẾP CẬN

2.2.1. Tiếp cận hệ thống

Để đưa ra được bức tranh tổng quát về hiện trạng môi trường và dự báo về sự biến động tổng thể môi trường tự nhiên liên quan hoạt động khoáng sản, cần thiết tiếp cận theo trình tự có hệ thống để nhận nhận thức đầy đủ các vấn đề môi trường tại khu vực khai thác khoáng sản.

2.2.2. Tiếp cận tổng hợp

Vấn đề môi trường liên quan đến hoạt động khai thác khoáng sản cần phải được xem xét toàn diện trên cơ sở phân tích tổng hợp mối quan hệ giữa các yếu tố địa chất, môi trường, khai thác.

2.3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.3.1. Phương pháp khảo sát, thu thập, xử lý và tổng hợp tài liệu

2.3.2. Phương pháp mô hình hóa môi trường

2.3.3. Phương pháp phân tích thống kê

2.3.4. Phương pháp tính toán và xây dựng bản đồ bằng công cụ GIS

2.3.5. Phương pháp viễn thám

2.3.6. Phương pháp tính tần suất vượt chuẩn.

2.3.7. Phương pháp phân tích SWOT

2.3.8. Phương pháp tính chỉ số chất lượng nước (WQI)

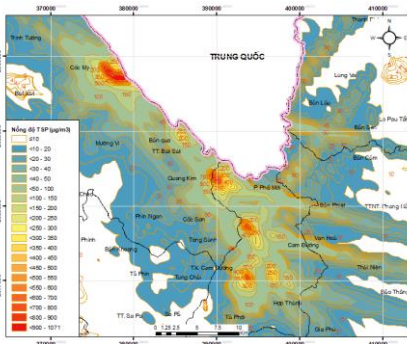
CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ BIẾN ĐỘNG MÔI TRƯỜNG LIÊN QUAN ĐẾN HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC TỈNH LÀO CAI

3.1. BIẾN ĐỘNG TSP TẠI KHU VỰC KHAI THÁC ĐỒNG VÀ APATIT

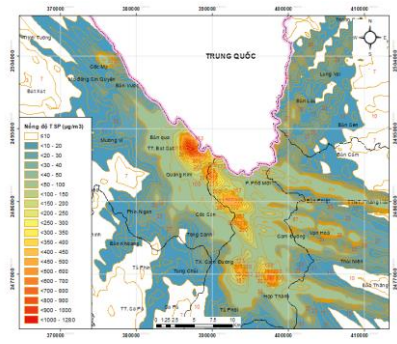
3.1.1. Phân tích biến động

Nồng độ TSP được tính toán bằng mô hình AERMOD tại khu vực khai thác quặng đồng và apatit cho năm 2020 và theo 2 mùa: mưa (tháng 4 đến tháng 9) và mùa khô (tháng 10 đến tháng 3 năm sau) và dự báo cho năm 2030. Dữ liệu tính là nồng độ TSP trung bình giờ cao nhất ở khu vực nghiên cứu theo năm và theo hai mùa được thể hiện ở hình 3.1, 3.3 đến 3.7.

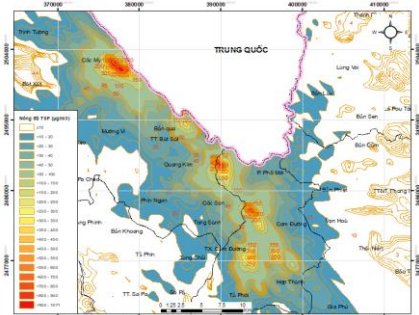
Xét chung cho cả năm 2020 (hình 3.1) cho thấy nhiều khu vực thuộc huyện Bát Xát và thành phố Lào Cai, không khí bị ô nhiễm bởi TSP ở mức cao, có nơi gấp 2 đến >3 lần so với QCCP như Bản Vược, TT Bát Xát, Cam Đường, Phom Hán. Tổng diện tích có nồng độ TSP vượt QCCP trong năm 2020 tính theo trung bình giờ cao nhất là 4484 ha. Trong đó, 3457 ha vượt QCCP từ 1 đến 2 lần; 857 ha vượt QCCP từ 2 đến 3 lần và 170 ha vượt QCCP trên 3 lần. Nếu căn cứ diện tích có nồng độ TSP vượt QCCP thì phạm vi ảnh hưởng của hoạt động khai thác tới môi trường xung quanh là 2km so với nguồn thải.



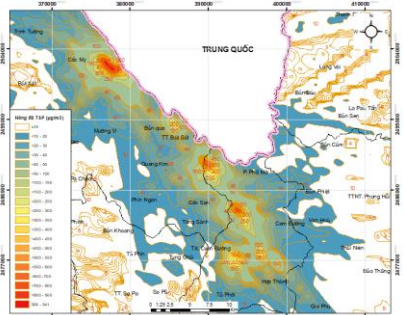
Hình 3. 1. Phân bố nồng độ TSP trung bình 1h cao nhất ở khu vực nghiên cứu, năm 2020



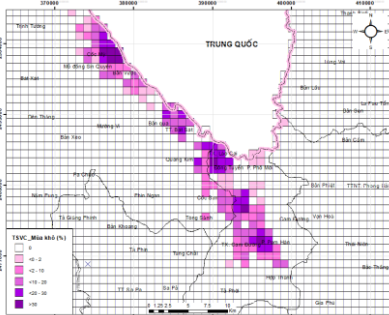
Hình 3. 7. Dự báo phân bố nồng độ TSP trung bình 1h cao nhất ở khu vực nghiên cứu, năm 2030



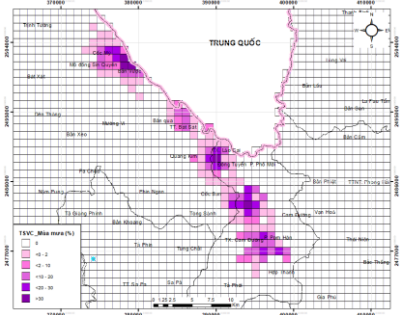
Hình 3. 2. Phân bố nồng độ TSP trung bình 1h cao nhất ở khu vực nghiên cứu vào mùa khô, năm 2020



Hình 3. 3. Phân bố nồng độ TSP trung bình 1h cao nhất ở khu vực nghiên cứu vào mùa mưa, năm 2020



Hình 3. 4. Sự phân bố mức độ ô nhiễm TSP, tính bằng phần trăm số ngày có nồng độ vượt QCCP vào mùa khô, năm 2020



Hình 3. 5. Sơ đồ phân bố mức độ ô nhiễm TSP, tính bằng phần trăm số ngày có nồng độ vượt QCCP vào mùa mưa, năm 2020

- Vào mùa khô, diện tích có nồng độ TSP vượt QCCP rộng hơn (3875,98 ha) so với vào mùa mưa (2725,37 ha), đồng thời mức độ ô nhiễm nghiêm trọng hơn, giá trị cực đại của TSP vào mùa khô là $1071 \mu\text{g}/\text{m}^3$, trong khi mùa mưa là $941 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kết quả tính tần suất vượt chuẩn được thể hiện trên bản đồ (hình 3.5 và 3.6) với các vùng có tỷ lệ số ngày trong năm có hàm lượng TSP vượt QCCP theo các mức: 0 - 2%; >2-10%; >10-20%; >20-30% và >30%. Nếu coi tần suất 10% số ngày trong năm có nồng

độ vượt QCCP để làm căn cứ đánh giá mức độ ô nhiễm, thì vào mùa khô tỷ lệ khu vực có TSVC trên 10% cao hơn nhiều so với mùa mưa, chủ yếu tập trung ở các khu vực có khai trường khai thác như Cốc Mỳ, Sin Quyền, Đồng Tuyển. Phạm vi ảnh hưởng của bụi lơ lửng có sự khác nhau rõ rệt giữa hai mùa. Vào mùa khô, khí quyển thường ở trạng thái ổn định, ít mưa do đó khả năng phát tán bụi trong không khí kém hơn so với mùa mưa. Vào mùa mưa, khí quyển thường ở trạng thái bất ổn định, tỷ lệ số ngày có mưa cao, hướng gió phân tán mạnh là điều kiện thuận lợi cho quá trình phân tán bụi dẫn đến nồng độ TSP trong không khí bị giảm hơn so với mùa khô.

3.1.2. Đánh giá yếu tố ảnh hưởng đến biến động TSP trong môi trường không khí tại khu vực khai thác và chế biến quặng đồng và apatit

Kết quả phân tích phương trình hồi quy cho thấy mức độ ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng đến sự phát tán bụi trong không khí rất khác nhau. Trong đó, vận tốc gió và hướng gió có ảnh hưởng rõ nhất. Vận tốc gió càng lớn càng làm tăng khả năng khuếch tán bụi trong không khí dẫn đến nồng độ bụi TSP trong không khí càng nhỏ. Hướng gió là yếu tố thứ 2 ảnh hưởng đến quá trình phát tán bụi trong không khí. Hướng gió chủ đạo ở cả hai mùa là đông nam, vì vậy diện tích có nồng độ TSP vượt QCCP tập trung chủ yếu ở phía tây bắc của khu vực khai thác và bãi thải.

3.1.3. Kết quả phân vùng dự báo nguy cơ ô nhiễm bụi lơ lửng (TSP) năm 2030

Hình 3.7 cho thấy, nồng độ TSP trung bình giờ cao nhất là 1280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tổng diện tích có nồng độ TSP vượt QCCP theo dự báo cho năm 2030 là 5.559 ha, lớn hơn so với năm 2020 (4.484ha), tập

trung chủ yếu ở thành phố Lào Cai, ít hơn ở huyện Bát Xát và huyện Bảo Thắng.

Diện tích có nồng độ TSP vượt QCCP theo dự báo cho năm 2030 tăng so với năm 2020 do một số khai trường apatit được huy động vào khai thác theo quy hoạch bao gồm KT19, KT25, KT38-39-40, KT40-45 và KT42, làm tăng số lượng nguồn phát thải. Như vậy, sự biến động của TSP trong khu vực nghiên cứu, ngoài phụ thuộc vào sự thay đổi của yếu tố khí tượng, còn phụ thuộc chủ yếu vào độ tăng hoặc giảm của nguồn thải.

3.2. KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ BIẾN ĐỘNG CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT

3.2.1. Biến động hàm lượng (nồng độ) của các thông số đặc trưng cho chất lượng nước mặt khu vực nghiên cứu

- Hàm lượng kim loại trong nước mặt ở khu vực chế biến quặng (suối Khe Chom) và khu vực khai thác vàng (suối Chăn) cao hơn so với các dòng chảy còn lại.

- Nhóm các thông số BOD₅, COD có hàm lượng tương đối cao là nguyên nhân gây ô nhiễm nước. Thông số COD và BOD₅ có quan hệ thuận rất chặt chẽ (R=0,84). Hàm lượng của chúng trong nước mặt tại các suối chảy qua khu vực khai thác thấp hơn so với khu vực chế biến khoáng sản và có xu hướng tăng theo các năm.

- Nhóm các thông số NH₄⁺ và NO₂⁻ đặc biệt cao trong nước mặt ở gần khu vực chế biến quặng (suối Khe Chom) thuộc khu công nghiệp Tăng Loong. Mức độ dao động mạnh. Nhìn chung nhóm thông số này cũng là nguyên nhân chính làm giảm chất lượng nước mặt tại khu vực nghiên cứu.

- Thông số chất rắn lơ lửng TSS: Có hàm lượng tương đối cao, vượt nhiều lần QCCP theo quy chuẩn QCVN 08-MT:2023/BTNMT- Mức B. Hàm lượng trung bình TSS trong nước

suối ở khu vực khai thác đồng, apatit (suối Đông Hồ, Chũ O, Ngòi Đường, Ngòi Phát và sông Hồng) cao hơn so với các suối ở khu vực chế biến quặng (suối Khe Chom). Hệ số tương quan giữa chỉ số chất lượng nước mặt WQI và TSS ($R = -0,84$) cho thấy hàm lượng chất rắn lơ lửng TSS được coi là thông số chính quyết định chất lượng nước mặt tại khu vực nghiên cứu.

3.2.2. Phân nhóm, đánh giá chất lượng nước mặt

Kết phân tích CA và PCA đã phân chất lượng nước mặt tại khu vực nghiên cứu làm 3 nhóm có đặc trưng như sau:

Nhóm 1: Bao gồm S.Chăn, S.Nậm Xây chảy qua khu vực khai thác mỏ vàng Minh Lương thuộc huyện Văn Bàn, tỉnh Lào Cai. Đặc trưng của nước mặt trong nhóm này là hàm lượng đồng (Cu), TSS và hàm lượng BOD₅, COD.

Nhóm 2: Bao gồm S. Chũ O, S. Đông Hồ, Sông Hồng, S. Ngòi Đường, S. Ngòi Phát chảy qua khu vực khai thác và chế biến đồng, apatit thuộc huyện Bát Xát và thành phố Lào Cai. Hàm lượng chất rắn lơ lửng TSS và đồng (Cu) cao là đặc trưng chất lượng nước của nhóm này.

Nhóm 3: Suối Khe Chom chảy qua nhà máy chế biến quặng apatit thuộc khu công nghiệp Tăng Loỏng, huyện Bảo Thắng, tỉnh Lào Cai. Đặc trưng của nước mặt trong cụm này là hàm lượng PO₄³⁻, NH₄⁺ và NO₂⁻ rất cao.

3.2.3. Dự báo chất lượng nước mặt trên sông, suối tại khu vực khai thác và chế biến khoáng sản

Kết quả xây dựng mô hình dự báo ARIMA cho các suối được lựa chọn như sau: mô hình ARIMA (1,1,5) phù hợp để dự báo chất lượng nước suối Ngòi Đường; mô hình ARIMA (2,1,3) phù hợp để dự báo chất lượng nước suối chũ O và mô hình ARIMA(1,1,2) thích hợp dự báo chất lượng nước suối Khe Chom.

3.2.3.4. Dự báo chất lượng nước mặt

- Dự báo chất lượng nước suối Ngòi Đường

Kết quả dự báo cho thấy chỉ số WQI tại suối Ngòi Đường năm 2023 – 2024 dao động từ 51,5 đến 64,7. Như vậy, theo kết quả dự báo, nếu không có sự biến động bất thường thì trong năm 2023 và 2024 chất lượng nước suối Ngòi Đường vẫn có thể sử dụng cho mục đích tưới tiêu hoặc các mục đích tương đương khác.

- Dự báo chất lượng nước suối Chũ O

Kết quả dự báo cho thấy chỉ số WQI tại suối Chũ O năm 2023 – 2024 dao động từ 47,0 đến 74,5, chất lượng nước đáp ứng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích khác tương đương.

- Dự báo chất lượng nước suối Khe Chom

Kết quả dự báo cho thấy chỉ số WQI tại suối Khe Chom năm 2023 – 2024 dao động từ 50,7 đến 54,3, chất lượng nước đáp ứng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích khác tương đương.

3.3. KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ BIẾN ĐỘNG SỬ DỤNG ĐẤT LIÊN QUAN ĐẾN HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC KHOÁNG SẢN

Từ năm 2010 đến năm 2020, tình hình sử dụng đất của tỉnh Lào Cai có sự biến động đáng kể. Trong đó, chuyển đổi sử dụng đất liên quan đến hoạt động khai thác khoáng sản như sau:

Năm 2020, diện tích đất sử dụng cho hoạt động khai thác khoáng sản là 4279,93 ha, tăng 3390,52 ha so với năm 2010 (889,41 ha). Trong đó, đất khai thác khoáng sản được chuyển sang mục đích sử dụng khác và ngược lại là 72,62 ha và 3463,14 ha, cụ thể:

+ Diện tích đất khai thác khoáng sản tăng do chuyển từ đất dân cư (1115,18 ha), từ đất nông nghiệp(658,95ha), từ đất rừng (1055,49 ha), từ đất mặt nước (99.20 ha) và từ đất chưa sử dụng (534.33ha).

+ Diện tích đất khai thác khoáng sản giảm do chuyển sang đất dân cư 24,72 ha, chuyển sang nông nghiệp 7,21ha, chuyển sang đất rừng 23,14 ha, chuyển sang đất mặt nước 2,17 ha và chuyển sang đất chưa sử dụng là 15,39 ha. Diện tích đất sử dụng cho hoạt động

khai thác khoáng sản có sự biến động lớn ở các khu vực: thành phố Lào Cai, huyện Văn Bàn và Bát Xát. Đây cũng là nơi tập chung hoạt động khai thác khoáng sản chính và có quy mô công nghiệp của tỉnh Lào Cai như apatit, đồng, sắt ...

3.3.2. Phân tích đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến biến động sử dụng đất liên quan đến hoạt động khai thác khoáng sản giai đoạn 2010 - 2020

3.3.2.1. Kết quả tính toán theo mô hình hồi quy logic

Phương trình hồi quy logic thể hiện mối quan hệ giữa tính biến động sử dụng đất (biến phụ thuộc) và các biến độc lập có dạng:

$$\text{Log} (P/1-P) = 0,419.DIAHINH + 0,177.LOPPHU - 0.106.LUONGMUA + 0,111.NHIETDO - 0,030.KHOHAN - 0,367$$

3.3.2.3. Phân tích đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến biến động sử dụng đất liên quan đến hoạt động khai thác khoáng sản tỉnh Lào Cai

Kết quả đánh giá của mô hình hồi quy logic cho thấy hoạt động khai thác khoáng sản có tác động mạnh mẽ tới biến động sử dụng đất trong khu vực nghiên cứu. Trong đó, biến động về yếu tố địa hình là thông số phản ánh rõ nhất về sự biến động sử dụng đất trong hoạt động khoáng sản, tiếp theo là các thông số thảm thực vật (lớp phủ) và sự biến động nhiệt độ trung bình năm (yếu tố khí tượng). Như vậy, thông số biến động địa hình là thông chính cần sử dụng để đánh sự biến động sử dụng đất liên quan hoạt động khoáng sản tỉnh Lào Cai. Ngoài các yếu tố trên, sự biến động sử dụng đất trong khai thác khoáng sản có liên quan chặt chẽ với công nghệ khai thác (lộ thiên hoặc hầm lò), quy mô đất đá đổ thải và loại hình khoáng sản.

CHƯƠNG 4. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG

4. 1. CƠ SỞ KHOA HỌC ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP

Cơ sở đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý môi trường tại các khu vực có hoạt động khai thác và chế biến khoáng sản tỉnh Lào Cai được thực hiện theo phân tích mô hình SWOT.

4.2. XÂY DỰNG VÀ HOÀN THIỆN CÁC GIẢI PHÁP TỔNG THỂ

Để đáp ứng được yêu cầu khai thác bền vững của ngành khai thác khoáng sản, những vấn đề môi trường liên quan đến khai thác, chế biến khoáng sản phải được giải quyết toàn diện, đồng bộ, đó là:

1) Xây dựng bản hướng dẫn kỹ thuật đánh giá môi trường tổng hợp: Đối với các vùng có nhiều dự án khai thác khoáng sản đồng thời hoặc khu vực khai thác mỏ nằm trong cụm công nghiệp liên hoàn (khai thác, chế biến khoáng sản, luyện kim), cần tiến hành đánh giá môi trường tổng hợp, hay đánh giá môi trường liên mỏ.

2) Công tác đánh giá môi trường chiến lược của các dự án Quy hoạch khai thác khoáng sản cần bổ sung đánh giá ảnh hưởng tác động của các dự án hiện hữu tại khu vực thực hiện quy hoạch.

3) Xây dựng các tổ chức chuyên môn hóa nhằm thực hiện các chính sách của chính phủ từ trung ương đến địa phương đối với các vấn đề ô nhiễm và hỗ trợ công tác phòng chống ô nhiễm môi trường trong hoạt động khai thác mỏ.

4) Xây dựng phòng chuyên môn: Để quản lý các công trình bảo vệ môi trường, thực hiện công tác giám sát môi trường và các công việc liên quan đến bảo vệ môi trường, đối với các doanh nghiệp hoạt động khoáng sản cần phải có phòng môi trường hoặc bộ phận khai thác - môi trường thuộc phòng sản xuất.

5) Tuyên truyền, giáo dục để cán bộ, nhân dân địa phương nhận thức đầy đủ và có trách nhiệm với cộng đồng trong việc phòng

ngừa, giảm thiểu và ứng với các tác động xấu đến môi trường liên quan đến khai thác và chế biến khoáng sản.

6) Giám sát và kiểm tra hoạt động khai thác khoáng sản ở các xí nghiệp, công trường mỏ, trên cơ sở luật khoáng sản và luật bảo vệ môi trường hiện hành. Quá trình kiểm tra, giám sát cần có sự tham gia của cộng đồng dân cư, các tổ chức chính trị xã hội như các hội thanh niên, phụ nữ, hội cựu chiến binh... trực tiếp tại địa phương.

7) Đẩy mạnh công tác kiểm toán tài nguyên và kiểm toán môi trường trong hoạt động khai thác khoáng sản.

8) Xây dựng quy định, cơ chế riêng khuyến khích các doanh nghiệp khai thác khoáng sản thực hiện tốt công tác bảo vệ môi trường.

4.3. BIỆN PHÁP CỤ THỂ ĐỐI VỚI HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC VÀ CHẾ BIẾN KHOÁNG SẢN

4.3.1. Biện pháp nâng cao chất lượng môi trường không khí

- Kiểm soát nguồn thải: Bụi và khí thải phát sinh trong giai đoạn khai thác và chế biến khoáng sản chủ yếu liên quan đến hoạt động xúc bốc, vận chuyển, nổ mìn, đập, nghiền quặng. Vì vậy, trong quá trình thực hiện các dự án khai thác cần kiểm soát và giám sát chặt chẽ nguồn thải để định lượng một cách gần đúng nhất khối lượng bụi và khí thải ra ngoài môi trường.

- Đưa nội dung xây dựng bản đồ phân vùng dự báo mô phỏng các chất ô nhiễm làm cơ sở khoanh vùng các khu vực có nguy cơ ô nhiễm trước và sau khi áp dụng biện pháp giảm thiểu trong nội dung Báo cáo đánh giá tác động môi trường đối với tất cả các dự án khai thác mỏ.

- Mức độ phát tán bụi TSP và khí độc ra môi trường không khí tại các khu vực khai thác khoáng sản phụ thuộc nguồn phát thải và đặc điểm khí hậu của vùng. Vì vậy, ngoài việc cần phải kiểm soát

nguồn phát thải thì cần lưu ý các giải pháp giảm thiểu phát thải bụi và khí ra môi trường giữa hai mùa, đặc biệt là vào mùa khô.

- Theo các nghiên cứu gần đây cho thấy cây xanh và mặt nước có khả năng ngăn ngừa ô nhiễm và cải thiện chất lượng không khí. Theo TCVN 9257_2012 về “Quy hoạch cây xanh sử dụng công cộng trong các đô thị - Tiêu chuẩn thiết kế” thì loại cây ngăn khói, giảm bụi cần có các đặc tính sau: cây cao, không trơ cành, tán lá rậm rạp, lá nhỏ, mặt lá ráp. Theo đó các loại cây được khuyến khích trồng là: Đài loan, tương tự, dẻ, lai, phi lao, vải, sấu ...

- Đối với những khu vực dân cư nằm trong vùng có nguy cơ cao bị ô nhiễm bụi (khu vực có tần suất >30% ngày trong năm vượt QCCP) cần cảnh báo đến người dân để di dời hoặc có các biện pháp giảm thiểu ảnh hưởng của bụi đến sức khỏe. Thực hiện các giải pháp hạn chế sự phát tán bụi ra không khí như phun nước và che chắn trong quá trình khai thác và vận chuyển quặng.

4.3.2. Biện pháp nâng cao chất lượng môi trường nước

- Xử lý nguồn ô nhiễm từ nước mưa chảy tràn; giảm thiểu ô nhiễm nguồn nước bằng cách xây dựng hệ thống thu gom và lắng đọng tại khu vực mỏ đang khai thác và bãi thải. Kiểm soát chặt chẽ các nguồn rác thải, dầu mỡ không để mưa kéo theo gây ô nhiễm nguồn nước. Thường xuyên nạo vét máng thoát nước để không bị tắc nghẽn dẫn tới nước mưa tràn ra ngoài xuống hệ thống nước mặt.

- Quá trình vận chuyển đất đá và quặng cần được che chắn cẩn thận, thường xuyên tưới nước rửa đường, làm giảm bụi phát tán trong không khí và đi vào nguồn nước.

- Đối với nước thải có chứa dầu mỡ, cần dầu sau khi sử dụng được thu gom vào can, đem bôi trơn, chống rỉ, phần còn lại đem đi

xử lý. Xây dựng hệ thống thu gom, tách dầu mỡ. Trước khi ra khỏi mỏ, các xe phải được phun rửa.

- Xử lý nước thải sinh hoạt: thiết kế, lắp đặt và vận hành các công trình để xử lý nước thải sinh hoạt và nước vệ sinh công nghiệp trong suốt quá trình vận hành mỏ. Nước thải sinh hoạt từ khu vực lưu trú của công nhân, nhà điều hành được xử lý bằng hệ thống bể tự hoại cải tiến trước khi thải vào hệ thống thoát nước chung của khu mỏ.

4.3.3. Biện pháp quản lý sử dụng đất liên quan đến hoạt động khoáng sản

- Việc chuyển đổi cơ cấu sử dụng đất trên địa bàn tỉnh phải phù hợp với điều kiện tự nhiên, khí hậu và đặc điểm sinh thái các địa phương; tận dụng các cơ hội để phát triển nông nghiệp bền vững.

- Trong hoạt động khai thác cần chú trọng tới công đoạn cải tạo phục hồi sau khai thác nhằm khôi phục tối đa hệ sinh thái ban đầu, đảm bảo phát triển kinh tế đi đôi với bảo vệ môi trường. Do đó, với các dự án khai thác khoáng sản kim loại như vàng, đồng, sắt cần ưu tiên phát triển các dự án khai thác hầm lò, khai thác xuống sâu nhằm hạn chế chuyển đổi đất từ mục đích khác sang đất khai thác khoáng sản, đồng thời giảm tối đa mất lớp phủ thực vật, ảnh hưởng đến hệ sinh thái chung của khu vực.

- Việc khai thác khoáng sản lấy đi một phần diện tích đất ở, đất xây dựng cơ sở hạ tầng, đất nông nghiệp đặc biệt là đất rừng. Do đó, để giảm ảnh hưởng vấn đề này, quá trình hoàn nguyên đất cần thực hiện đồng thời với hoạt động khai thác khoáng sản, tận dụng đồ thải trong diện tích khai thác nhằm giảm quỹ đất sử dụng.

- Quy hoạch khai thác khoáng sản phải dựa vào đặc điểm phân bố và giá trị của tài nguyên khoáng sản, đồng thời cần xem xét tổng thể các quy hoạch khác như quy hoạch phát triển kinh tế xã hội

của Tỉnh, quy hoạch rừng, quy hoạch sử dụng đất trong trung hạn và dài hạn.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Kết quả nghiên cứu từ luận án cho phép rút ra một số kết luận sau:

1. Quy mô phát tán và nồng độ của TSP trong môi trường không khí biến đổi theo mùa và phân bố không gian của nguồn thải. Vào mùa khô diện tích có nồng độ TSP vượt QCCP rộng hơn (3875,98 ha) so với mùa mưa (2725,37 ha), đồng thời mức độ ô nhiễm cũng nghiêm trọng hơn, giá trị cực đại của TSP vào mùa khô là $1071 \mu\text{g}/\text{m}^3$, trong khi mùa mưa là $941 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Phạm vi ảnh hưởng của TSP từ hoạt động khai thác đến môi trường không khí khoảng 2,0km so với nguồn thải. Kết quả dự báo năm 2030 cho thấy diện tích có nồng độ TSP vượt QCCP là 5.559 ha, lớn hơn so với năm 2020 (4.484ha), tập trung chủ yếu ở thành phố Lào Cai, ít hơn ở huyện Bát Xát và huyện Bảo Thắng. Sự biến động TSP trong môi trường không khí chủ yếu phụ thuộc vào độ tăng giảm của nguồn thải và sự khác nhau về điều kiện khí hậu, chủ yếu là vận tốc và hướng gió ở hai mùa mưa và khô.
2. Nước mặt chảy qua khu vực khai thác chủ yếu bị ô nhiễm bởi các hàm lượng TSS, COD, BOD₅, NH₄⁺, NO₂⁻ vượt QCCP theo QCVN 08-MT:2023/BTNMT- Mức B. Kết quả phân tích thống kê cụm (CA) và phân tích thành phần chính (PCA) cho thấy chất lượng nước mặt được phân làm 3 nhóm: 1) gồm S.Chăn, S.Nậm Xây chảy qua khu vực khai thác mỏ vàng Minh Lương có đặc trưng hàm lượng đồng (Cu), TSS và hàm lượng BOD₅, COD; 2) Gồm S. Chử O, S. Đông Hồ, Sông Hồng, S. Ngòi Đường, S. Ngòi Phát chảy qua khu

vực khai thác và chế biến đồng, apatit có đặc trưng hàm lượng chất rắn lơ lửng TSS và đồng (Cu); 3) Suối Khe Chom chảy qua nhà máy chế biến quặng apatit thuộc khu công nghiệp Tăng Loóng, đặc trưng là hàm lượng PO_4^{3-} , NH_4^+ và NO_2^- . Dự báo chất lượng nước trên suối Ngòi Đường, suối Chữ O và suối Khe Chom giai đoạn 2023-2024 ở mức trung bình, chỉ số WQI dao động từ 50 đến 70, phù hợp với mục đích tưới tiêu theo Quyết định số 1460/QĐ-TCMT ngày 12 tháng 11 năm 2019 của Bộ Tài nguyên và Môi trường.

3. Giai đoạn từ năm 2010 đến năm 2020, diện tích đất khai thác khoáng sản ở tỉnh Lào Cai tăng 3390,52 ha. Trong đó, tổng diện tích các loại đất khác chuyển sang đất khai thác khoáng sản là 3.463,14 ha; tổng diện tích đất khai thác khoáng sản chuyển sang mục đích sử dụng khác là 77,62ha. Đất chuyển đổi sang đất khai thác khoáng sản chủ yếu được chuyển đổi từ đất rừng và đất dân cư. Sự biến động sử dụng đất liên quan đến hoạt động khai thác khoáng sản được phản ánh rõ nét thông qua sự biến đổi địa hình và yếu tố nhiệt độ khác nhau ở từng khu vực, tiếp theo là mức độ khô hạn và lượng mưa trung bình năm.

4. Luận án đã xây dựng một số giải pháp nhằm nâng cao chất lượng môi trường ở các khu vực khai thác và chế biến khoáng sản tại tỉnh Lào Cai trên cơ sở phân tích Điểm mạnh – Điểm yếu – Cơ hội – Thách thức (SWOT) đối với hoạt động khoáng sản của tỉnh Lào Cai. Kết quả đã đề xuất được nhóm giải pháp tổng thể liên quan đến việc xây dựng hệ thống quản lý môi trường một cách đồng bộ và toàn diện và nhóm các giải pháp cụ thể cho từng đối tượng môi trường không khí, nước và đất.

2. Kiến nghị

Từ quá trình nghiên cứu và kết quả nghiên cứu của luận án, một số hướng nghiên cứu tiếp theo được kiến nghị như sau:

1. Nghiên cứu xây dựng chỉ số chất lượng môi trường tổng hợp (EQI) cho khu vực có hoạt động khai thác khoáng sản.

2. Xây dựng bản hướng dẫn kỹ thuật đánh giá môi trường tổng hợp, hay đánh giá môi trường liên mở đối với các vùng có nhiều dự án khai thác khoáng sản đồng thời hoặc khu vực khai thác mở nằm trong cụm công nghiệp liên hoàn (khai thác, chế biến khoáng sản, luyện kim).

DANH MỤC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. Nguyen Thi Cuc (2019), “Đánh giá tác động và rủi ro môi trường tại khu vực khai thác và chế biến quặng apatit tại tỉnh Lào Cai”, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, tập 60, tr. 24-31.
2. Nguyen Thi Cuc, Phan Thi Mai Hoa, Phuong Nguyen, Nguyen Quoc Phi, Nguyen Anh Hoa, Hoang Anh Le (2020), “Temporal-spatial variation of surface water affected by apatite mining activity in Lao Cai, Viet Nam”. *Journal of mining earth sciences*, vol 61, p. 73-81.
3. Nguyen Thi Cuc, Nguyen Quoc Phi, Nguyen Phuong, Phan Thi Mai Hoa (2022), “Evaluation of metal pollution in surface water at some mines mining copper and gold ore in Lao Cai province by HPI index”. *The proceedings of Vietnam international Water Conference (VIWC 2022)*, p. 221-227.
4. Nguyen Thi Cuc, Nguyen Phuong, Hoang Anh Le, Nguyen Quoc Phi, Phan Thi Mai Hoa (2022), “Research and forecast of surface

water quality in mineral mining and processing areas in Lao Cai province using ARIMA model”, *The proceedings of Vietnam international Water Conference (VIWC 2022)*, p. 274-286.

5. Nguyen Thi Cuc, Phan Thi Mai Hoa (2022), “Đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến sử dụng đất liên quan đến hoạt động khai thác khoáng sản, tỉnh Lào Cai”. *Tạp chí Rừng và Môi trường*, số 113, tr. 50-55.
6. Cuc Nguyen Thi, Hoa Nguyen Anh (2023), “Application of cluster analysis (CA) and principle component analysis (PCA) for surface water quality assessment on main rivers of mining districts in Lao Cai province”, *Proceedings of the Sixth International Scientific Conference Earth and environmental sciences mining for digital transformation, green development and response to global chance (Green EME 2023)*, p. 3-14.
7. Nguyen Phuong Dong, Vu Thi Lan Anh, Nguyen Thi Cuc (2020), “Assesment of environmental situation and forcast environmental fluctuations at areas of cooper mining and apatite mining activities in Lao Cai province, Viet Nam”, *Topical areas of fundamental and applied research XXIII*, p. 26-41.
8. Nguyễn Phương, Nguyễn Phương Đông, Nguyễn Thị Cúc (2021), “Nghiên cứu nhận diện các dạng xung đột môi trường trong hoạt động khoáng sản ở tỉnh Lào Cai và đề xuất giải pháp phát triển bền vững”, *Tạp chí khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, số 62, tr87-97.