VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM
CHƯƠNG TRÌNH KH&CN CẤP QUỐC GIA GIAI ĐOẠN 2016-2020
KHCN-TN/16-20
"Khoa học và công nghệ phục vụ phát triển kinh tế - xã hội Tây Nguyên trong liên kết vùng và hội nhập quốc tế"
(Chương trình Tây Nguyên 2016-2020)

BÁO CÁO TÓM TẮT

KẾT QUẢ ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP QUỐC GIA

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG TỔ HỢP CÁC GIẢI PHÁP CẢI TẠO, PHỤC HỒI HỆ SINH THÁI KHU VỰC BÃI THẢI VÀ KHU KHAI THÁC KHOÁNG SẢN NHẰM NGĂN NGỪA HOANG MẠC HÓA, SỬ DỤNG ĐẤT HIỆU QUẢ, BỀN VỮNG VÙNG TÂY NGUYÊN

MÃ SỐ: TN17/T04 (2017-2020)

Chủ nhiệm đề tài: TS. Nguyễn Mạnh Hà

Cơ quan chủ trì: Viện Địa lý, Viện Hàn lâm KHCNVN

HÀ NỘI – 2020

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM
CHƯƠNG TRÌNH KH&CN CẤP QUỐC GIA GIAI ĐOẠN 2016-2020
KHCN-TN/16-20
"Khoa học và công nghệ phục vụ phát triển kinh tế - xã hội Tây Nguyên trong liên kết vùng và hội nhập quốc tế"
(Chương trình Tây Nguyên 2016-2020)

BÁO CÁO TÓM TẮT
KẾT QUẢ ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP QUỐC GIA

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG TỔ HỢP CÁC GIẢI PHÁP CẢI TẠO, PHỤC HỒI HỆ SINH THÁI KHU VỰC BÃI THẢI VÀ KHU KHAI THÁC KHOÁNG SẢN NHẰM NGĂN NGỪA HOANG MẠC HÓA, SỬ DỤNG ĐẤT HIỆU QUẢ, BỀN VỮNG VÙNG TÂY NGUYÊN

MÃ SỐ: TN17/T04 (2017-2020)

CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI	CƠ QUAN CHỦ TRÌ
TS. Nguyễn Mạnh Hà	Đào Đình Châm
CHƯƠNG TRÌNH TÂY NGUYÊN 2016-2020	VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM
KT. CHỦ NHIỆM PHÓ CHỦ NHIỆM	TL. CHỦ TỊCH KT. VIỆN TRƯỞNG PHÓ VIỆN TRƯỞNG
TS.NCVCC. Nguyễn Đình Kỳ	Đặng Xuân Phong

HÀ NỘI – 2020

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU 1
1. Tính cấp thiết của đề tài 1
2. Mục tiêu nghiên cứu 2
3. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu 2
5. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu 5
6. Ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn 5
7. Các sản phẩm khoa học chính 6
7.1. Sản phẩm Dạng 1: 6
7.2. Sản phẩm Dạng 2: 6
7.3. Sản phẩm Dạng 3: 7
8. Tóm tắt các kết quả nghiên cứu chính của đề tài 7
8.1. Cơ sở lý luận và phương pháp luận trong nghiên cứu cải tạo, phục hồi hệ sinh thái đất khu vực bãi thải, khu khai thác khoáng sản. 7
8.2. Tổng hợp và phân tích đặc điểm và hiện trạng khu vực bãi thải, khu KTKS Tây Nguyên 8
8.3. Hiện trạng hệ sinh thái khu vực bãi thải, khu KTKS Tây Nguyên 9
8.4. Đánh giá sự thay đổi của hệ sinh thái đất tại bãi thải sau KTKS theo diễn thế tự nhiên (trong thời gian thực hiện đề tài) 12
8.5. Xây dựng mô hình thí điểm phục hồi và đánh giá diễn biến thay đổi hệ sinh thái trước và sau khi tiến hành thử nghiệm 13
8.6. Đề xuất nhóm giải pháp cải tạo, phục hồi khu vực bãi thải, khu KTKS Tây Nguyên 14
8.7. Đề xuất giải pháp về chính sách và quản lý 18
8.8. Giải pháp kỹ thuật và tổ hợp khoa học công nghệ trong cải tạo, phục hồi hệ sinh thái đất khu vực bãi thải nhằm ngăn ngừa thoái hóa đất và hoang mạc hóa. 18
9. Cơ sở dữ liệu vùng nghiên cứu 19
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ 20
TÀI LIỆU THAM KHẢO

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Việt Nam được ví là mảnh đất "rừng vàng biển bạc" khi sở hữu hơn 5.000 điểm mỏ với 60 loại khoáng sản khác nhau, đa dạng phong phú về chủng loại. Trong đó, có những loại có trữ lượng rất lớn như đá vôi, nguyên liệu xi măng, đá hoa trắng, cát trắng… Đó là một lợi thế rất lớn cho Việt Nam phát triển công nghiệp khai khoáng, nhiều loại khoáng sản được khai thác, chế biến để phục vụ nhu cầu trong nước và xuất khẩu. Ngành khoáng sản đã và đang đóng góp quan trọng vào phát triển kinh tế cuả đất nước, không thể phủ nhận những lợi ích này. Song, đi đôi với những ích lợi, hoạt động khai thác mỏ cũng gây ô nhiễm môi trường rất khó giải quyết. Những tác động rõ nét nhất tới môi trường do khai thác khoáng sản đó là: Làm biến dạng địa mạo và cảnh quan khu vực; chiếm dụng nhiều diện tích nông lâm nghiệp để mở khai trường và đổ đất đá thải; làm tích tụ hoặc phát tán chất thải, gây ảnh hưởng đến môi trường đất, nước và cuộc sống con người. Hơn nữa, hiện nay, Việt Nam hầu như chưa có thực tiễn về sử dụng đất và hoàn thổ với quy mô lớn và yêu cầu cụ thể trong khai thác khoáng sản. Nguyên nhân là do vẫn chưa có hướng dẫn kỹ thuật cụ thể về cải tạo, phục hồi môi trường cho từng loại hình khai thác khoáng sản. Sau quá trình khai khoáng, khả năng hoàn phục môi trường rất thấp, đất hoàn thổ thường không thể tái trồng trọt, chỉ tồn tại thảm thực vật thứ sinh nghèo nàn, thưa thớt, tạo điều kiện cho các loài thực vật ngoại lai xâm nhập phát triển.

Tây Nguyên là nơi chứa đựng tiềm năng to lớn về khoáng sản. Qua nghiên cứu của đề tài TN3/T05 thuộc Chương trình Tây Nguyên 3 giai đoạn 2011-2015 cho thấy Tây Nguyên có 960 tụ khoáng. Các khoáng sản ở Tây Nguyên trong những năm qua được khai thác nhiều nhất là: bauxite, vàng, thiếc, bentonit, diatomit, kaolin, đá xây dựng, sét gạch ngói, đá ốp lát, đá quý và đá xây dựng. Tình trạng khai thác và chế biến khoáng sản ở từng loại khoáng sản rất khác nhau. Ngoài bauxite, các mỏ đều có quy mô nhỏ, phổ biến là khai thác tự do, đặc biệt là khai thác vàng, sắt, thiếc. Đáng lưu ý hơn nữa, việc khai thác lộ thiên lấy đi một lượng đất mặt đáng kể, là lớp đất canh tác màu mỡ cùng khối lượng đất đá thải ra trong quá trình chế biến quặng được tích tụ lại, sau khi hoàn thổ thường bị mất cấu trúc, nghèo dinh dưỡng, ô nhiễm kim loại nặng...

Do đó, vấn đề phục hồi môi trường các bãi thải, các khu khai thác khoáng sản ở Tây Nguyên cũng là thách thức lớn đang được đặt ra. Thực tế, hậu quả của việc sau khai thác không hoàn thổ nhiều năm qua vẫn còn nguyên vẹn như: mặt đất bị đào xới, rừng bị phá, đất đai mất khả năng canh tác, hoang hóa, xói mòn rửa trôi. Đặc biệt, hiện nay hoàn thổ đất sau khai thác bauxit là vấn đề môi trường được quan tâm nhiều nhất. Do đặc tính thân quặng mỏng và dàn trải nên quá trình khai thác bauxit sẽ phải sử dụng một diện tích khai trường lớn và được cảnh báo nếu không được tiến hành một cách cẩn thận, kỹ lưỡng vùng đất sau khai thác bauxit sẽ trở thành hoang mạc hóa.

Như vậy, yêu cầu cấp thiết được đặt ra là việc cải tạo, phục hồi hệ sinh thái môi trường đất sau khai thác và chế biến khoáng sản cần được nghiên cứu một cách cụ thể, thấu đáo, toàn diện để đảm bảo tính khoa học và thực tế áp dụng của các mỏ sau khai thác, đáp ứng phát triển bền vững. Xuất phát từ thực tế nêu trên, đề tài "**Nghiên cứu ứng dụng tổ hợp các giải pháp cải tạo, phục hồi hệ sinh thái khu vực bãi thải và khu vực khai thác khoáng sản nhằm ngăn ngừa hoang mạc hóa, sử dụng đất hiệu quả, bền vững vùng Tây Nguyên", mã số TN17/T04** được lựa chọn nghiên cứu, góp phần giải quyết hiệu quả những khó khăn trong hoàn phục môi trường đất các bãi thải, khu khai khoáng, thúc đẩy sự phát triển kinh tế - xã hội, giảm thiểu nguy cơ thoái hóa đất và hoang mạc hóa. Để thực hiện được cụ thể, có hiệu quả, đề tài tập trung vào đối tượng nghiên cứu là các bãi thải, khu khai thác khoáng sản bauxite và vật liệu xây dựng

2. Mục tiêu nghiên cứu

Theo Thuyết minh đề cương được phê duyệt, đề tài có 4 mục tiêu sau:

1. Xác lập cơ sở khoa học để cải tạo, phục hồi hệ sinh thái đất ngăn ngừa thoái hóa đất và hoang mạc hóa.

2. Xây dựng được mô hình thí điểm nhằm cải tạo, phục hồi hệ sinh thái đất phù hợp cho một số bãi thải, khu vực khai thác khoáng sản điển hình.

3. Xác định và tuyển chọn được 3-5 loại thực vật, cây trồng thích hợp nhằm cải tạo đất bãi thải, khu khai thác khoáng sản

4. Đề xuất được nhóm giải pháp chính sách, nhóm giải pháp công nghệ, tổ hợp công nghệ cho việc cải tạo, phục hồi, quản lý sử dụng đất bền vững.

3. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu

3.1. Cách tiếp cận:

Để đạt được các mục tiêu đặt ra, đề tài đã sử dụng các cách tiếp cận: *hệ thống và tổng hợp* Đất được hình thành dưới sự tác động tương hỗ của các yếu tố môi trường tự nhiên (gồm: đá mẹ/mẫu chất, địa hình, khí hậu, thủy văn, sinh vật) và tác động của con người theo thời gian. Vì vậy, cần nhìn nhận tài nguyên đất như một thể tổng hợp tự nhiên hoàn chỉnh trong mối liên hệ hữu cơ giữa các nhân tố phát sinh học đất với các tập quán canh tác của con người, chính sách quản lý đất đai,... Các nhóm nhân tố này tác động và ảnh hưởng đến các tính chất vật lý, hóa học và sinh học của đất; từ đó ảnh hưởng đến độ phì của đất cũng như các chu trình dinh dưỡng trong đất. Do vậy, việc đề xuất các giải pháp cải tạo, phục hồi nhằm sử dụng bền vững tài nguyên đất nhất thiết phải dựa trên cơ sở tổng hợp và liên ngành. *Tiếp cận sinh thái môi trường* Đất là một hệ sinh thái hoàn chỉnh. Giống như các hệ sinh thái khác, hệ sinh thái đất có cách phát triển riêng, đó là hệ quả của mối quan hệ qua lại giữa các yếu tố hữu sinh - vô sinh. Hệ sinh thái đất có khả năng tự điều chỉnh riêng. Đó là khả năng lập lại cân bằng giữa các quần thể sinh vật đất, giữa vòng tuần hoàn vật chất và dòng năng lượng. Nhờ có sự tự điều

chỉnh này mà hệ sinh thái đất giữ được ổn định mỗi khi chịu tác động của các nhân tố ngoại cảnh. *Tiếp cận sử dụng đất bền vững* Đối với Tây Nguyên, ba mục tiêu cơ bản nhằm xây dựng thành công mô hình cải tạo phục hồi đất bãi thải, khu KTKS; và đề xuất giải pháp tổng hợp được đặt ra là: Bền vững về kinh tế; Bền vững về môi trường; Bền vững về xã hội. Ba yêu cầu trên được sử dụng để xem xét, đánh giá hiệu quả của các mô hình và giải pháp; góp phần định hướng quản lý, sử dụng đất bền vững các bãi thải, khu KTKS. Bên cạnh đó, luận cứ khoa học cho PTBV Tây Nguyên không chỉ tập trung vào: Kinh tế - môi trường - xã hội mà còn phải chú trọng nhiệm vụ an ninh – quốc phòng và xây dựng, quản lý văn hóa – xã hội. *Tiếp cận kỹ thuật lâm sinh mô phỏng tự nhiên* việc phục hồi, cải tạo HST đất bãi thải sau KTKS gắn với phục hồi HST rừng là hướng tiếp cận phù hợp trong điều kiện của Tây Nguyên. Đây cũng là hướng tiếp cận chủ đạo trong nghiên cứu hoàn phục môi trường sau khai khoáng trên Thế giới trong bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay. Và phục hồi thảm thực vật trên bãi thải sau khai thác khoáng sản cần có bước đi thích hợp từ loài cây cỏ, cây bụi, cây phù trợ, cây che phủ đất, chống xói mòn, cải tạo đất, cây nông lâm kết hợp và các loài cây gỗ lớn. Lợi dụng quá trình tái sinh, diễn thế, phục hồi hệ sinh thái tự nhiên để cải tạo đất là phương án được đề tài lựa chọn cho khu vực bãi thải, khu KTKS ở Tây Nguyên. Loài cây trồng được bổ sung ưu tiên các loài cây bản địa, loài cây sẵn có ở địa phương, cây đa tác dụng, nông lâm kết hợp cùng với những kiến thức bản địa của người dân địa phương. Từ đó tạo ra hệ sinh thái ổn định bền vững.

3.2. Phương pháp nghiên cứu:

- Phương pháp thu thập, xử lý và tổng hợp hệ thống tài liệu, dữ liệu: Việc kế thừa các kinh nghiệm nghiên cứu trên thế giới và trong nước rất cần thiết để xây dựng phương pháp luận vận dụng vào các nội dung nghiên cứu của đề tài. Tổng hợp các tư liệu, tài liệu, bản đồ, số liệu thống kê..., các kết quả nghiên cứu đã công bố liên quan đến đề tài vừa có tính chất định hướng nghiên cứu, vừa tiết kiệm thời gian, chi phí và có khả năng kiểm chứng kết quả nghiên cứu.

- Phương pháp điều tra, khảo sát thực địa: Đây là phương pháp quan trọng để đánh giá hiện trạng các bãi thải, khu KTKS, điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội và và xác định rõ các vấn đề cần nghiên cứu trong khu vực khảo sát, thu thập bổ sung và cập nhật các số liệu còn thiếu. Quá trình điều tra khảo sát kết hợp với phỏng vấn các cán bộ quản lý và người dân địa phương. Phương pháp mô tả phẫu diện, lấy mẫu đất, nước, không khí để tiến hành phân tích trong phòng thí nghiệm

- Phương pháp phân tích trong phòng thí nghiệm: Các mẫu đất sau khi lấy sẽ được xử lý và phân tích tại Phòng Phân tích Thí nghiệm Tổng hợp Địa lý - Viện Địa lý. Phòng Phân tích đã được cấp Giấy chứng nhận VILAS 715 áp dụng Hệ thống quản lý chất lượng phòng thử nghiệm theo chuẩn mực ISO/IEC 17025:2005.

- Phương pháp nghiên cứu xác định và tuyển chọn cây trồng phù hợp trên bãi thải

sau khai thác khoáng sản: Trên cơ sở nghiên cứu kinh nghiệm trong và ngoài nước liên quan cải tạo đất, thảm thực vật sau khai thác khoáng sản. Đặc biệt quan tâm đến các công trình nghiên cứu có liên quan đã được thực hiện ở Tây Nguyên: cây trồng bản địa, cây trồng khảo nghiệm trên đất sau khai thác khoáng sản, một số mô hình cải tạo đất,... Đồng thời kết hợp khảo sát thực địa để xác thực; thu thập thông tin về tập quán canh tác của địa phương, lấy ý kiến chuyên gia… để từ đó tuyển chọn cây trồng phù hợp trên bãi thải sau KTKS.

- Phương pháp xây dựng mô hình thí điểm cải tạo, phục hồi môi trường đất các bãi thải, khu khai thác khoáng sản. Xây dựng 03 Mô hình thí điểm tại Tân Rai (Lâm Đồng) và K'Bang (Gia Lai) để theo dõi, đánh giá việc cải tạo, phục hồi hệ sinh thái (môi trường đất) bằng thảm thực vật.

- Phương pháp viễn thám, bản đồ và GIS: Đây là một trong những phương pháp đặc thù của ngành địa lý, kỹ thuật GIS hỗ trợ cho việc xây dựng và quản lý dữ liệu, thành lập bản đồ chuyên đề, áp dụng các mô hình tính toán. Sử dụng các phần mềm GIS chuyên dụng (ArcGIS, MapInfo, ...) để xây dựng và số hóa các bản đồ chuyên đề đầu vào và bản đồ kết quả. Bộ cơ sở dữ liệu GIS về tài nguyên đất, hiện trạng các bãi thải, khu KTKS tỷ lệ 1/10.000 và tỷ lệ 1/50.000 được xây dựng và lưu trữ bằng hệ thông tin địa lý (GIS).

- Ngoài ra, đề tài còn sử dụng các phương pháp khác như: Phương pháp xây dựng Hướng dẫn kỹ thuật (HDKT) cải tạo, phục hồi hệ sinh thái bãi thải, khu vực khai thác khoáng sản vùng Tây Nguyên; Phương pháp so sánh và chuyên gia; Phương pháp đánh giá xói mòn đất; Phương pháp đánh giá hiệu quả kinh tế.

4. Các nội dung nghiên cứu của đề tài

Để đáp ứng các mục tiêu đặt ra, đề tài đã thực hiện các nội dung nghiên cứu chính sau:

- *Nội dung 1:* Nghiên cứu cơ sở lý luận và tổng quan các công trình nghiên cứu cải tạo, phục hồi hệ sinh thái bãi thải, khu khai thác khoáng sản nhằm ngăn ngừa hoang mạc hóa, sử dụng đất hiệu quả, bền vững vùng Tây Nguyên.

- *Nội dung 2:* Điều tra, đánh giá hiện trạng hệ sinh thái khu vực bãi thải, khu khai thác khoáng sản vùng Tây Nguyên

- *Nội dung 3:* Nghiên cứu xác định, tuyển chọn tập đoàn cây trồng thích hợp và ứng dụng kết quả KHCN cải tạo, phục hồi hệ sinh thái bãi thải, khu khai thác khoáng sản vùng Tây Nguyên.

- *Nội dung 4:* Nghiên cứu, xây dựng mô hình thí điểm phục hồi hệ sinh thái bãi thải, khu khai thác khoáng sản (khu khai thác mỏ bauxite, vật liệu xây dựng...)

- *Nội dung 5:* Đánh giá diễn biến thay đổi hệ sinh thái đất trước và sau khi tiến hành thử nghiệm cải tạo phục hồi;

- *Nội dung 6:* Nghiên cứu đề xuất nhóm giải pháp chính sách, nhóm giải pháp công nghệ, tổ hợp công nghệ cho việc cải tạo, quản lý sử dụng đất bền vững các bãi thải, khu khai thác khoáng sản.

- *Nội dung 7:* Ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS xây dựng cơ sở dữ liệu, sơ đồ, bản đồ khu vực bãi thải, khu khai thác khoáng sản.

5. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

5.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là khu vực bãi thải và khu khai thác khoáng sản, trong đó tập trung điều tra, nghiên cứu, lấy mẫu phân tích ở các khu vực khai thác khoáng sản điển hình (lấy mẫu phân tích tại 15 khu vực bãi thải khu khai thác khoáng sản điển hình đại diện cho các loại hình khoáng sản: kim loại, không kim loại, vật liệu xây dựng)

5.2. Phạm vi nghiên cứu

Phạm vi nghiên cứu khoa học của đề tài là hệ sinh thái bãi thải, khu khai thác khoáng sản, tập trung chủ yếu về hệ sinh thái đất.

Xây dựng 03 mô hình thí điểm, quản lý phục hồi hệ sinh thái bãi thải, khu khai thác khoáng sản (khu khai thác mỏ bauxite, vật liệu xây dựng) tại 02 tỉnh Gia Lai, Lâm Đồng.

6. Ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn

6.1. Ý nghĩa khoa học của đề tài:

- Đề tài góp phần làm giàu cơ sở dữ liệu khoa học về các giải pháp cải tạo, sử dụng và bảo vệ môi trường đất; bổ sung, hoàn thiện phương pháp tiếp cận toàn diện và tổng hợp nhằm giải quyết các vấn đề đặt ra.

- Kết quả nghiên cứu của đề tài có ý nghĩa quan trọng trong việc cải tạo, phục hồi chất lượng môi trường đất, nước, giảm hàm lượng các kim loại nặng, cải thiện hệ thực vật...tại các bãi thải, khu sau khai thác khoáng sản; góp phần ngăn ngừa nguy cơ thoái hóa đất, hoang mạc hóa và nâng cao hiệu quả sử dụng đất trong canh tác nông lâm nghiệp vùng Tây Nguyên.

6.2. Ý nghĩa thực tiễn của đề tài:

- Đối với cơ quan chủ trì, tăng cường năng lực quản lý trong triển khai nghiên cứu khoa học. Bổ sung kiến thức, kinh nghiệm trong nghiên cứu cải tạo, phục hồi đất sau khai thác khoáng sản.

- Đối với các địa phương, các nhà quản lý sẽ có được cơ sở khoa học để hoạch định chính sách, kiểm tra rà soát, trợ giúp ra quyết định về các vấn đề liên quan đến phục hồi môi trường sau khai khoáng, cải tạo đất…

- Các công ty, đơn vị khai thác khoáng sản là đơn vị ứng dụng kết quả, sẽ được trực tiếp hưởng lợi từ chính kết quả của đề tài do giảm được chi phí cho việc khắc phục ô nhiễm, tăng hiệu quả hoàn phục môi trường sau hoạt động khai thác khoáng sản.

- Kết quả nghiên cứu của đề tài có ý nghĩa quan trọng trong việc cải tạo, phục hồi chất lượng, môi trường đất sau khai thác khoáng sản, ứng dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật để cải tạo đất bằng biện pháp sinh học. Từ đó giảm thiểu đáng kể diện tích đất hoang hóa, ô nhiễm, hạn chế xói mòn đất, mất chất dinh dưỡng góp phần nâng cao hiệu quả công tác cải tạo, phục hồi môi trường mỏ sau khai thác, tiết kiệm chi phí và thời gian lao động, đóng góp vào hiệu quả kinh tế và bảo vệ môi trường đất của các đơn vị khai thác mỏ ở Tây Nguyên.

- Diện tích đất sau khi phục hồi, cải tạo góp phần tăng thêm quỹ đất sử dụng cho sản xuất nông lâm nghiệp hoặc sử dụng cho các mục đích khác.

- Ở các mô hình phục hồi hệ sinh thái thì môi trường đất được cải thiện, hạn chế xói mòn, tăng độ phì đất, cải thiện môi trường đất, nước, không khí, góp phần nâng cao độ che phủ thảm thực vật....

- Các đơn vị khai thác mỏ vận dụng các kết quả nghiên cứu của đề tài để chủ động xây dựng kế hoạch phục hoàn môi trường và triển khai các mô hình tương tự.

7. Các sản phẩm khoa học chính

7.1. Sản phẩm Dạng 1:

Mô hình quản lý, phục hồi hệ sinh thái bãi thải, khu khai thác khoáng sản (khu khai thác mỏ bauxite, vật liệu xây dựng...)

- Mô hình 1. *Cải tạo, phục hồi hệ sinh thái (môi trường đất) ở bãi thải, khu vực mỏ sau khai thác quặng bauxite (tại Lâm Đồng)*

- Mô hình 2. *Cải tạo, phục hồi hệ sinh thái (môi trường đất) ở bãi thải, khu vực mỏ sau khai thác vật liệu xây dựng (tại Gia Lai)*

- Mô hình 3. *Thiết lập thảm thực vật trên bùn thải sau tuyển quặng bauxite (tại Lâm Đồng)*

7.2. Sản phẩm Dạng 2:

1. Báo cáo: Cơ sở khoa học cho cải tạo, phục hồi hệ sinh thái đất sau khai thác khoáng sản

2. Bộ cơ sở dữ liệu sơ đồ, bản đồ về bãi thải, khu khai thác khoáng sản (tỷ lệ 1:10.000 và 1:50.000)

+ Báo cáo: Xây dựng bản đồ phân bố và biến động của bãi thải, khu khai thác khoáng sản vùng Tây Nguyên bằng tư liệu viễn thám và GIS

3. Báo cáo: Kết quả đánh giá hiệu quả kinh tế - xã hội và môi trường của các mô hình cải tạo, phục hồi hệ sinh thái sau khai thác khoáng sản

4. Báo cáo: Kết quả xác định 3-5 loài thực vật, cây trồng thích hợp, có khả năng sinh trưởng phát triển tốt nhằm cải tạo đất bãi thải, khu khai thác khoáng sản

5. Báo cáo: Giải pháp chính sách, công nghệ và hướng dẫn kỹ thuật cho việc cải tạo, phục hồi, quản lý, sử dụng đất bền vững hệ sinh thái sau khai thác khoáng sản

- Bản hướng dẫn kỹ thuật về cải tạo, phục hồi bãi thải, khu khai thác khoáng sả

6. Trang WebGIS: cập nhật Cơ sở dữ liệu Mỏ khai thác khoáng sản Tây Nguyên

7. Báo cáo tổng hợp và báo cáo tóm tắt đề tài

7.3. Sản phẩm Dạng 3:

a) Về các công trình công bố:

- Bài báo khoa học trong nước: 05 bài, trong đó: 01 bài trên tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, năm 2019; 02 bài tạp chí Hóa học, năm 2018, năm 2019; 02 bài trên Tuyển tập Kỷ yếu Hội nghị khoa học Địa lý lần thứ 10, năm 2018;

- Bài báo quốc tế: 03 bài, trong đó: 01 bài tạp chí Journal of Geoscience and Environment Protection, 2020, 8, 70-84. ISSN Print: 2327-4336; 01 bài trên tạp chí Soil and Sediment Contamination: An International Journal. Taylor & Francis Group. https://doi.org/10.1080/15320383.2020.1811203. Danh mục SCIE; 01 bài tuyển tập Hội nghị Quốc tế ICEO 2019

b) Về Đào tạo:

02 học viên cao học đã bảo vệ Thạc sĩ và được cấp bằng; góp phần hỗ trợ đào tạo 02 Tiến sĩ.

Như vậy, đề tài đã hoàn thành đầy đủ các sản phẩm; Sản phẩm về công bố, đào tạo vượt so với Thuyết minh đề cương và Hợp đồng đã được phê duyệt.

8. Tóm tắt các kết quả nghiên cứu chính của đề tài

8.1. Cơ sở lý luận và phương pháp luận trong nghiên cứu cải tạo, phục hồi hệ sinh thái đất khu vực bãi thải, khu khai thác khoáng sản.

Để định hướng cho công tác nghiên cứu, đề tài TN17/T04 đã thực hiện một số nội dung sau đây: (i) Tổng quan các công trình nghiên cứu cải tạo, phục hồi hệ sinh thái bãi thải, khu KTKS; (ii) Cơ sở lý luận và phương pháp trong cải tạo hệ sinh thái bãi thải sau KTKS; (iii) Cơ chế hình thành bãi thải khu KTKS; (iv) Tập quán canh tác và sự tham gia của cộng đồng đối với hoạt động hoàn phục môi trường sau khai thác khoáng sản. Từ các định hướng đó đã xác định rõ quy mô và tính chất của các bãi thải khai thác một số khoáng sản chính ở Tây Nguyên có tác động xấu mạnh mẽ đến hệ sinh thái đất; Làm rõ các quá trình hình thành các bãi thải và cơ chế tác động của bãi thải đến môi

trường đất; Nghiên cứu chọn lọc các phương pháp cải tạo hệ sinh thái đất phù hợp từ các kết quả nghiên cứu tương tự đã có để áp dụng cho một số khu vực khai thác khoáng sản ở Tây Nguyên. Trong xu thế hiện nay, các giải pháp công nghệ xanh sẽ là hướng đi chủ đạo trong cải tạo hệ sinh thái đất một cách bền vững; Xây dựng được các tiêu chí đánh giá khả năng cải tạo và phục hồi môi trường đất sau khai thác khoáng sản.

8.2. Tổng hợp và phân tích đặc điểm và hiện trạng khu vực bãi thải, khu KTKS Tây Nguyên

Đề tài đã tiến hành khảo sát chi tiết 15 khu KTKS Tây Nguyên đại diện cho khu KTKS kim loại, không kim loại và vật liệu xây dựng.

- Đặc điểm khu vực bãi thải, khu KTKS kim loại:

Tây Nguyên được đánh giá có tài nguyên khoáng sản kim loại đa dạng về chủng loại như: vàng, đồng, sắt, bauxite… nhưng trữ lượng không lớn (trừ bauxite). Hầu hết các điểm mỏ chưa được thăm dò để đánh giá trữ lượng chi tiết và khai thác quy mô công nghiệp, chủ yếu khai thác nhỏ lẻ. Một số khoáng sản kim loại có tiềm năng và giá trị được khai thác quy mô vừa đến lớn, có thể liệt kê là: vàng, sắt, bauxite,… Quặng bauxite laterit ở Tây Nguyên có những đặc điểm riêng: Phân bố dàn trải trên diện rộng, tổng diện tích chứa bauxite được đánh giá là khoảng 20.000 km^2; chiều dày lớp quặng không lớn, trung bình khoảng 4- 6 m, hiếm khi dày hơn l0 m; cấu tạo mặt cắt đơn giản, quặng nằm kẹp giữa hai lớp đất: bên trên là lópp thổ nhưỡng đất đỏ bazan, bên dưới là lớp sét loang lổ chứa kaolinit khá dày.

Vì vậy, bãi thải hình thành do khai thác các kim loại này có diện tích đáng kể. Đề tài đã tiến hành lựa chọn một số khu vực KTKS kim loại điển hình ở Tây Nguyên để điều tra, khảo sát, làm cơ sở cho việc đánh giá và đề xuất giải pháp cho toàn bộ bãi thải sau KTKS của vùng. Thông tin về lịch sử khai thác mỏ và quy mô bãi thải thể hiện chi tiết ở bảng 2.1, Chương 2 Báo cáo Tổng hợp. Kết quả điều tra, khảo sát chi tiết về quy mô, năm khai thác, tình trạng khai thác, hiện trạng thảm thực vật, hiện trạng một số bãi thải sau KTKS kim loại đại diện như sau: Mỏ vàng Đắk Ripen, Mỏ vàng Tà Năng, Mỏ sắt xã Đông, Mỏ Bauxite Nhân Cơ, mỏ Bauxite Tân Rai, Mỏ Bauxite Bảo Lộc.

- Đặc điểm khu vực bãi thải, khu KTKS không kim loại: Đại diện là các mỏ

+ Mỏ Kaolin Lộc Châu: đề tài đã tiến hành khảo sát, đánh giá về đặc điểm địa mạo, hiện trạng khai thác, thảm thực vật trước khai thác, khả năng hoàn phục môi trường…và có những nhận xét về khả năng phục hồi của thảm thực vật: Lớp đất phủ bề mặt tuy có chất lượng tốt nhưg sau khi bị bóc tách để khai thác kaolin được đổ thải tràn lan lẫn lộn đất cũ, mảnh phong hóa, đá vụn. Điều này sẽ khiến việc hoàn thổ sau khai thác trở nên khó khăn. Đất của bãi thải tuy lẫn nhiều thành phần vật chất, sạn thạch anh nhưng khá dày và xốp, thảm thực vật tự nhiên có khả năng tái sinh tốt. Trong số các cây trồng, Keo tai tượng có khả năng phát triển nhanh hơn cả.

+ *Mỏ Kaolin Trại Mát:* đề tài đã tiến hành khảo sát, đánh giá về đặc điểm địa mạo, hiện trạng khai thác, thảm thực vật trước khai thác, khả năng hoàn phục môi trường và có những nhận xét ban đầu cho thấy việc hoàn thổ ở đây rất khó khăn, đặc biệt là khu khai thác chính do moong khai thác có độ sâu lớn. Nhiều nơi trong khu mỏ đào bới lộn xộn. Tuy nhiên, với tầng đất tương đối dày (> 0,5m), khá xốp, sau vài năm sẽ có trảng cỏ thứ sinh cao trung bình, kín che phủ và sau đó trảng cây bụi thứ sinh, rừng thứ sinh hồi phục. Để phục hồi nhanh, có thể trồng loài bản địa ưu thế trong rừng trước khai thác: Pinus kesiya (Thông ba lá).

+ *Mỏ Bentonit Tam Bố:* đề tài đã tiến hành khảo sát, đánh giá về đặc điểm địa mạo, hiện trạng khai thác, thảm thực vật trước khai thác, khả năng hoàn phục môi trường cho thấy: Vị trí vùng trũng, sườn đồi sau san lấp đều có lớp đất tơi xốp khá dày ít lẫn vỏ phong hoa và đất lẫn bentonit rơi vãi trong quá trình khai thác. Về thành phần hóa học bentonit là sản phẩm phong hóa của tro núi lửa với thành phần chính là montmorillonit nên hàm lượng kim loại nặng ít. Đất được hình thành từ bentonit thường giàu sét và các nguyên tố dinh dưỡng. Với đặc điểm trên, đất trên bãi khai thác có thể sử dụng tốt cho trồng các loài cây nông, lâm, công nghiệp.

+ *Mỏ Feldspar Ea Kar:* đề tài đã tiến hành khảo sát, đánh giá về đặc điểm địa mạo, hiện trạng khai thác, thảm thực vật trước khai thác, khả năng hoàn phục môi trường cho thấy: Khai thác quặng đã để lại moong có diện tích lớn và sâu, để tiến hành san lấp sau khai thác là bất khả thi, do đó, khả năng hoàn phục trả lại hệ sinh thái ban đầu rất thấp. Nhận định ban đầu sau điều tra khảo sát là khu vực moong khai thác có thể tận dụng làm hồ chứa nước khi mỏ ngừng hoạt động. Khả năng phục hồi của thảm thực vật có thể vào trồng rừng hay cây lâu năm, có ngưỡng sinh thái rộng, thích hợp với khí hậu có mùa khô dài.

- Đặc điểm khu vực bãi thải, khu KTKS vật liệu xây dựng:

Đề tài đã tiến hành khảo sát, đánh giá về đặc điểm địa mạo, hiện trạng khai thác, thảm thực vật trước khai thác, khả năng hoàn phục môi trường ở các mỏ đại diện như: Mỏ đá bazan Đăk R'lấp; Mỏ sét gạch ngói Ngọk Bay; Mỏ đá granit Krông Bông; Mỏ đá bazan Kbang, đưa ra một số nhận định về khả năng cải tạo, hoàn phục môi trường ở các mỏ này.

8.3. Hiện trạng hệ sinh thái khu vực bãi thải, khu KTKS Tây Nguyên

8.3.1. Đánh giá thực trạng, cải tạo phục hồi và quản lý bãi thải sau KTKS

Đề tài Đánh giá thực trạng cải tạo, phục hồi và quản lý bãi thải sau KTKS đối với 15 mỏ KTKS Tây Nguyên, gồm:

KTKS kim loại: những khu vực quặng giàu, dễ khai thác đã bị khai thác gần hết, phần còn lại chủ yếu là những khu vực quặng nghèo hoặc các điểm quặng nhỏ. Việc khai thác trái phép thường xuyên xảy ra. Đối với vàng sa khoáng, đã có một số tổ chức,

cá nhân xin khai thác quy mô nhỏ. Tuy nhiên do hàm lượng vàng phân bố không đều, phương pháp quản lý chưa tốt nên nhìn chung hiệu quả kinh tế thấp.

KTKS phi kim loại (khoáng chất công nghiệp và vật liệu xây dựng): Do nhu cầu về vật liệu xây dựng lớn nên hoạt động khai thác, chế biến vật liệu xây dựng diễn ra trên hầu hết các địa phương trong vùng. Hiện nay, các mỏ khai thác vật liệu xây dựng chiếm số lượng nhiều nhất với nhiều loại quy mô sản lượng nhất.

Khai thác vật liệu xây dựng thông thường: đá, cát, sỏi, sét gạch ngói, đất san lấp, cát san lấp phát triển mạnh trên tất cả các tỉnh trong cả nước. Bên cạnh một số ít các mỏ đá được đầu tư dây chuyền công nghệ khoan, nổ mìn, xúc, vận tải, nghiền, sàng tiên tiến, phần lớn các mỏ đá được khai thác thủ công hoặc bán cơ giới. Một số có quy mô trữ lượng lớn nhưng lại được chia nhỏ thành hàng chục điểm khai thác kế tiếp nhau đã dẫn đến những hậu quả xấu như: sản xuất manh mún, không đảm bảo an toàn lao động, gây ô nhiễm môi trường, gây lãng phí tài nguyên.

Qua khảo sát thực tế nhận thấy rằng: việc khai thác tài nguyên khoáng sản nói chung ở Tây Nguyên đã diễn ra trong một khoảng thời gian dài và thiếu sự quản lý chặt chẽ của chính quyền địa phương. Hầu hết các loại hình khoáng sản có mặt ở đây đều đã bị khai thác, thậm chí có loại khoáng sản đã bị cạn kiệt, điều đó cho thấy lượng tài nguyên thất thoát trên vùng đất này rất lớn, sự suy thoái môi trường diễn ra rất nhanh chóng. Trên các khu vực khai thác quặng trước đây hiện tượng sạt lở, trượt lở đất thường xuyên sảy ra, nhiều điểm khai thác rất khó khăn khi hoàn thổ do địa hình bị thay đổi (hố khai thác sâu, đổ thải bừa bãi, biến dạng địa mạo và cảnh quan khu vực). Mặt khác, môi trường đất và nước có nguy cơ ô nhiễm do: sự phá vỡ cấu trúc của đất đá chứa quặng khi đào bới và khoan nổ thúc đẩy quá trình hoà tan, rửa lũa các thành phần chứa trong quặng và đất đá; đổ các chất thải vào nguồn nước; chất thải rắn, bụi thải không được quản lý xử lý chặt chẽ), đất hoàn nguyên bị thoái hóa nghiêm trọng. Thực tế, cho dù nhiều khu vực bãi thải được đầu tư lớn để hoàn nguyên, trồng cây, xử lý cắt tầng…, nhưng do các bãi thải cao vốn dĩ độ liên kết kém, nên khi ngậm nước nhiều sẽ sạt lở nhanh chóng. Rõ ràng đây là một thách thức lớn đối với đề tài có nội dung bao trùm nhằm khôi phục lại môi trường sinh thái ở các khu vực khai khoáng trên địa bàn Tây Nguyên.

8.3.2. Đánh giá chất lượng đất tại các khu vực bãi thải, khu KTKS

Đề tài đã phân tích đánh giá chất lượng đất tại các khu vực bãi thải, khu KTKS Tây Nguyên về các chỉ tiêu về cấu trúc đất, thành phần lý hóa học của đất như: Độ chua đất, hàm lượng mùn, hàm lượng đạm tổng số (Nts), hàm lượng lân tổng số và lân dễ tiêu, Hàm lượng kali tổng số và kali dễ tiêu, Dung tích hấp phụ CEC, Hàm lượng canxi và magiê, Hàm lượng Al^{3+} và Fe^{2+}, Fe^{3+} (chi tiết được nêu tại Chương 2, Báo cáo Tổng hợp)

8.3.3. Đánh giá chất lượng nước mặt tại các bãi thải khu KTKS

- Nguồn nước phân bố ở các bãi thải thường thể hiện dưới dạng các suối chảy qua, dòng mặt do nước mưa chảy tràn, trong các moong khai thác, hồ lắng và hồ thải quặng đuôi. Đề tài khảo sát về đặc điểm phân bố nguồn nước theo từng bãi thải khu KTKS cho thấy:

+ Bãi thải khu KTKS kim loại: do đặc thù cần sử dụng nguồn nước trong việc chế biến, tuyển tinh khoáng sản kim loại mà hầu hết bãi thải, khu KTKS đều nằm gần hệ thống sông suối, hồ đập. Một số chỉ tiêu kim loại nặng thường xuất hiện trong các mỏ khai thác vàng, antimon, sắt. Đặc biệt trong khai thác, chế biến bauxit tại mỏ Tân Rai và Nhân Cơ do chứa nhiều hóa chất, thuốc tuyển và kim loại nặng. Vì vậy, nghiên cứu cần quan tâm đến nguồn nước đầu vào, nguồn nước thải sau quá trình chế biến quặng, nước tích đọng ở moong khai thác và nghiêm ngặt áp dụng các biện pháp cải tạo và bảo vệ môi trường theo đúng quy định.

+ Bãi thải KTKS không kim loại và vật liệu xây dựng: Nguồn nước mặt phần lớn là các suối nhỏ, dưới dạng dòng tạm thời ít có khả năng cấp nước quy mô tập trung. Các hồ đều do dân đào để trữ nước tưới và chăn nuôi, nước thường có chất rắn lơ lửng và hàm lượng hữu cơ cao.

Chất lượng môi trường nước tùy theo từng loại hình khoáng sản và công nghệ khai thác mà có những tác động khác nhau. Môi trường nước mặt là đối tượng nhạy cảm với các thành phần môi trường khác nên khả năng bị ô nhiễm rất lớn, nhất là trong mùa mưa thường có hàm lượng chất rắn lơ lửng, kim loại nặng như As, Mn tăng cao hơn so với mùa khô. Những thành phần chính trong nước mặt bị tác động bởi quá trình rửa trôi đất đá, cuốn theo nhiều vật chất lơ lửng có nhiều trong các mỏ feldspar, kaolin, ...và hữu cơ trong mùa mưa từ môi trường đất, môi trường nước trong các sông suối được sử dụng thường xuyên cho sinh hoạt.

- Về chất lượng nước mặt trong bãi thải và khu KTKS

+ Đối với bãi thải khu KTKS kim loại: Nhìn chung không ghi nhận dấu hiệu ảnh hưởng từ khu vực khai thác. Hàm lượng kim loại, dinh dưỡng đều trong ngưỡng cho phép của QCVN 08-MT: 2015/BTNMT.

+ Đối với bãi thải khu KTKS không kim loại, vật liệu xây dựng: chất lượng nguồn nước mặt chưa có dấu hiệu ô nhiễm nặng bởi các hoạt động khai thác. Một phần do quy mô khai thác nhỏ, nguồn nước chủ yếu do mưa hình thành nên khả năng phát tán chất ô nhiễm trên diện rộng là không có. Do vậy, điều đáng quan tâm là vấn đề xói mòn đất do rửa trôi đất đá trong mùa mưa, nhất thiết cần phải cải tạo các mong khai thác và gia cố các thành vách sau khi khai thác xong, đồng thời tiến hành các biện pháp hoàn phục môi trường như trồng cây, san gạt tạo mặt bằng ổn định.

8.3.4. Đánh giá môi trường không khí tại các khu vực bãi thải, khu KTKS

Với 9 điểm quan trắc môi trường không khí tại các bãi thải và mỏ KTKS trên địa bàn Tây Nguyên có những đánh giá như sau:

Điều kiện vi khí hậu: Nhìn chung thời tiết khá thuận lợi cho việc đo đạc và lấy mẫu. Tháng 11 là thời điểm bắt đầu mùa khô Tây Nguyên, hầu hết các ngày đoàn khảo sát là các ngày trời nắng hoặc nắng nhẹ, khô ráo, gió có tốc độ không lớn.

Với 9 yếu tố môi trường không khí được quan trắc bao gồm: độ ồn, độ rung, hàm lượng bụi lơ lửng trong không khí, CO, NO_2, SO_2, NH_3,H_2S và THC, chỉ có 3 yếu tố đáng được lưu ý là hàm lượng bụi, NO_2 và SO_2 bởi các yếu tố này đã vượt quá quy chuẩn theo quy định chính thức của Bộ Tài Nguyên và Môi Trường.

Đáng lưu ý nhất ở đây là hàm lượng bụi vượt quá QCVN 05:2013/BTNMT trung bình từ 2 đến 6 lần. Trong đó, khu vực gần nhà máy sản xuất mỏ Bauxite Tân Rai và khu vực khai thác mỏ bauxite Nhân Cơ là 2 điểm có nồng độ bụi cao nhất.

Yếu tố đang lưu ý thứ 2 là nồng độ NO_2: Với QCVN 05/2009/BTNMT đối với NO_2 là 0,2 mg/m^3 thì chỉ có 2/9 điểm nồng độ NO_2 vượt quy chuẩn là M5 và M9. Cả 2 điểm này đều vượt QCVN 1,2 lần. Trong số 7/9 điểm còn lại thì nồng độ NO_2 đều ở mức thấp, chỉ từ 0 đến 0,15 mg/m^3. Điểm không phát hiện thấy sự có mặt của NO_2 là trung tâm mỏ vàng Tà Năng.

Yếu tố đáng lưu ý thứ ba là nồng độ khí SO_2: có 2/9 điểm quan trắc khí SO_2 có nồng độ vượt quy chuẩn cho phép (QCVN 05/20013/BTNMT đối với SO_2 là 0.35mg/m^3). Đó là khu khai thác thuộc mỏ bauxite Nhân Cơ (nồng độ SO_2 vượt quy chuẩn 2,9 lần và khu vực nghiền đá thuộc mỏ đá bazan Đăk R'lấp (nồng độ SO_2 vượt quy chuẩn 1,4 lần). Tất cả những khu vực nhà máy và khai thác mỏ kể trên đều đang trong quá trình hoạt động. Ngược lại, những điểm có nồng độ SO_2 dưới mức tiêu chuẩn là những điểm đã ngừng hoạt động, hoặc không hoạt động trong đợt quan trắc.

8.4. Đánh giá sự thay đổi của hệ sinh thái đất tại bãi thải sau KTKS theo diễn thế tự nhiên (trong thời gian thực hiện đề tài)

- Về tính chất lý hóa học: Đề tài đã tiến hành phân tích, đánh giá diễn biến thay đổi tính chất lý hóa học của đất bãi thải KTKS kim loại, không kim loại và vật liệu xây dựng: kết quả đánh giá chi tiết ở Chương 2 Báo cáo Tổng hợp

- Về diễn biến thay đổi hàm lượng kim loại nặng trong đất bãi thải KTKS: Hàm lượng các kim loại nặng và cation ở các khu vực bãi thải KTKS trên đều có xu hướng giảm dần theo thời gian có sự phân bố không đồng đều giữa các tầng đất, hàm lượng có sự biến động phụ thuộc nhiều vào các thảm thực vật trên bề mặt. Đối với các khu vực có thảm thực vật được tái tạo và phát triển thì hàm lượng kim loại nặng và cation giảm mạnh theo thời gian sinh trưởng và phát triển của cây. Điều này có thể do các cây trồng được lựa chọn đã thích nghi tốt với môi trường ở khu vực bãi thải có hàm lượng ô nhiễm

các kim loại nặng cao và có khả năng hấp thụ và tích lũy các kim loại nặng đó tốt. Đối với các khu vực không có thảm thực vật hoặc thảm thực vật kém phát triển thì hàm lượng các kim loại nặng và cation có xu hướng giảm nhưng chậm. Các kim loại nặng Cd, Cu, Pb, Mo, Hg, Zn, As và Bo được đánh giá qua thời gian 3 năm đều giảm đáng kể so với hàm lượng ban đầu.

Đối với các bãi thải sau KTKS không kim loại nói chung, bãi thải sau khai thác kaolin Lộc Châu nói riêng, hàm lượng các kim loại nặng tồn tại trong đất không có nhiều biến động giữa mẫu đất nền và đất bãi thải qua các năm. Kim loại nặng trong đất không "đáng báo động" như các bãi thải sau KTKS kim loại.

- Diễn biến thay đổi vi sinh vật trong đất bãi thải sau KTKS: diễn biến thay đổi vi sinh vật trong hệ sinh thái đất tại bãi thải sau KTKS theo diễn thế tự nhiên được nhận định như sau: Mật độ vi sinh vật trong hệ sinh thái đất đều có xu hướng tăng theo diễn thế tự nhiên, riêng khu vực đang KTKS mật độ vi sinh vật có xu hướng giảm. Khu vực đang KTKS mật độ vi sinh vật thấp hơn so với ở khu vực đã hoàn thổ, chưa hoàn thổ và có xu hướng giảm theo diễn thế tự nhiên. Mật độ vi khuẩn cố định đạm giảm từ 5,8 x 10^4 xuống 5,1x 10^4 CFU/g; mật độ vi khuẩn phân giải lân giảm từ 6,5 x 10^3 xuống 5,7x 10^3 CFU/g; mật độ vi khuẩn phân giải xenlulô giảm từ 1,34 x 10^4 xuống 1,20x 10^4 CFU/g; mật độ tổng vi khuẩn hiếu khí giảm nhẹ; mật độ vi khuẩn Bacillus sp. giảm từ 2,6 x 10^4 xuống 2,4x 10^4 CFU/g; mật độ vi khuẩn Trichoderma sp. giảm từ 1,5 x 10^4 và 1,4x 10^4 CFU/g; mật độ vi khuẩn Azotobacter sp. giảm từ 1,42 x 10^4 và 1,39x 10^4 CFU/g; mật độ nấm Aspergillus sp. giảm từ 1,9 x 10^4 xuống 1,8x 10^4 CFU/g.

- Diễn biến thay đổi môi trường nước, không khí: Qua 02 đợt khảo sát cho thấy không có sự thay đổi lớn về môi trường nước, không khí.

- Diễn biến thay đổi thảm thực vật: Kết quả 02 đợt khảo sát một số bãi thải và khu KTKS điển hình của Tây Nguyên vào tháng 11/2017, tháng 5/2020 cho thấy: sự thay đổi của thảm thực vật trên các bãi thải phụ thuộc vào đặc điểm của đất hoàn thổ, khí hậu và tác động của con người.

8.5. Xây dựng mô hình thí điểm phục hồi và đánh giá diễn biến thay đổi hệ sinh thái trước và sau khi tiến hành thử nghiệm

Để đạt được mục tiêu của đề tài, chúng tôi đã tiến hành xây dựng 03 mô hình thí điểm:

Mô hình 1. *Cải tạo, phục hồi hệ sinh thái môi trường đất ở bãi thải khu vực sau khai thác quặng bauxite,* trên khu vực bãi thải đã hoàn thổ sau khai thác quặng bauxite, tại Tân Rai, huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng. Khu vực này thuộc Công ty TNHH MTV Nhôm Lâm Đồng quản lý. Diện tích mô hình: 1,0 ha. Thời gian thực hiện: Tháng 7/2018. Thời gian chăm sóc, theo dõi: 24 tháng (từ tháng 7/2018 đến tháng 6/2020).

Mô hình 2. *Cải tạo, phục hồi hệ sinh thái môi trường đất ở bãi thải khu vực mỏ*

sau khai thác vật liệu xây dựng tại Gia Lai, trên khu vực bãi thải sau khai thác vật liệu xây dựng, Thị trấn K'Bang, huyện K'Bang, tỉnh Gia Lai. Khu vực này thuộc Doanh nghiệp tư nhân Lý Kình quản lý. Diện tích mô hình: 1,0 ha. Thời gian thực hiện: Tháng 9/2018. Thời gian chăm sóc, theo dõi: 24 tháng (từ tháng 9/2018 đến tháng 9/2020)

Mô hình 3. *Thiết lập thảm thực vật trên bùn thải sau tuyển quặng bauxit mỏ Tân Rai,* trên hồ thải quặng đuôi số 5, thuộc khu mỏ Tân Rai, huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng do Công ty TNHH MTV Nhôm Lâm Đồng quản lý. Diện tích mô hình: 1,0 ha, thời gian thực hiện từ tháng 7/2018. Thời gian chăm sóc, theo dõi: 24 tháng (từ tháng 7/2018 đến tháng 6/2020).

Đánh giá bước đầu về kết quả xây dựng, thử nghiệm đối với 3 mô hình nói trên cho thấy rất có hiệu quả, phù hợp với điều kiện tự nhiên, môi trường và khả năng triển khai ứng dụng, nhân rộng mô hình trên các bãi thải, bùn thải quặng đuôi sau khai thác khoáng sản bauxite và vật liệu xây dựng ở Tây Nguyên. Kết quả thực hiện mô hình đáp ứng mục tiêu, nhiệm vụ của đề tài (so với Thuyết minh đề cương được phê duyệt) và được Sở Tài nguyên và Môi trường Lâm Đồng, Sở Nông nghiệp và PTNT Gia Lai chấp nhận, đánh giá cao hiệu quả của mô hình. Được Công ty TNHH MTV Nhôm – Lâm Đồng sẵn sàng tiếp nhận chuyển giao mô hình cũng như các kết quả nghiên cứu của đề tài.

8.6. Đề xuất nhóm giải pháp cải tạo, phục hồi khu vực bãi thải, khu KTKS Tây Nguyên

8.6.1. Đề tài đã đề xuất mô hình quản lý tổng hợp bãi thải, khu KTKS và giải pháp sử dụng đất bền vững Tây Nguyên

Khai thác khoáng sản có thể góp phần vào phát triển bền vững bằng cách tập trung vào sự thành công về mặt kinh tế, môi trường và cộng đồng. Tuy nhiên, trong bối cảnh khai thác khoáng sản hiện nay, ba trụ cột trên vẫn chưa đề cập một cách toàn diện đến hai vấn đề quan trọng, cần thiết cho hoạt động khai thác khoáng sản cũng như hậu khai thác bền vững. Đặc biệt, vấn đề quản lý các dạng bãi thải hình thành trong quá trình khai khoáng cần được thực hiện trong thời gian dài sau khi kết thúc khai thác đến khi hệ sinh thái được đánh giá là cân bằng và tự duy trì ổn định được.

Như vậy, việc quản lý các khu khai thác khoáng sản và bãi thải đi kèm sẽ được xem là đi đúng hướng trong khai thác khoáng sản bền vững nếu tập trung vào năm yếu tố sau: an toàn, kinh tế, môi trường, hiệu quả và cộng đồng (*Hình 1*).

Hình 1. Mô hình quản lý tổng hợp bãi thải và khu khai thác khoáng sản

8.6.2. Quy trình cải tạo, phục hồi hệ sinh thái bãi thải, khu khai thác khoáng sản Tây Nguyên

Cơ sở khoa học và thực tiễn của việc đề xuất mô hình quản lý tổng hợp, các mô hình cải tạo, phục hồi hệ sinh thái cụ thể cho từng dạng bãi thải sau khai thác khoáng sản ở Tây Nguyên dựa trên:

- Nghiên cứu, đúc kết các công trình về cải tạo, hoàn phục các bãi thải sau khai thác khoáng sản trên thế giới và ở Việt Nam;

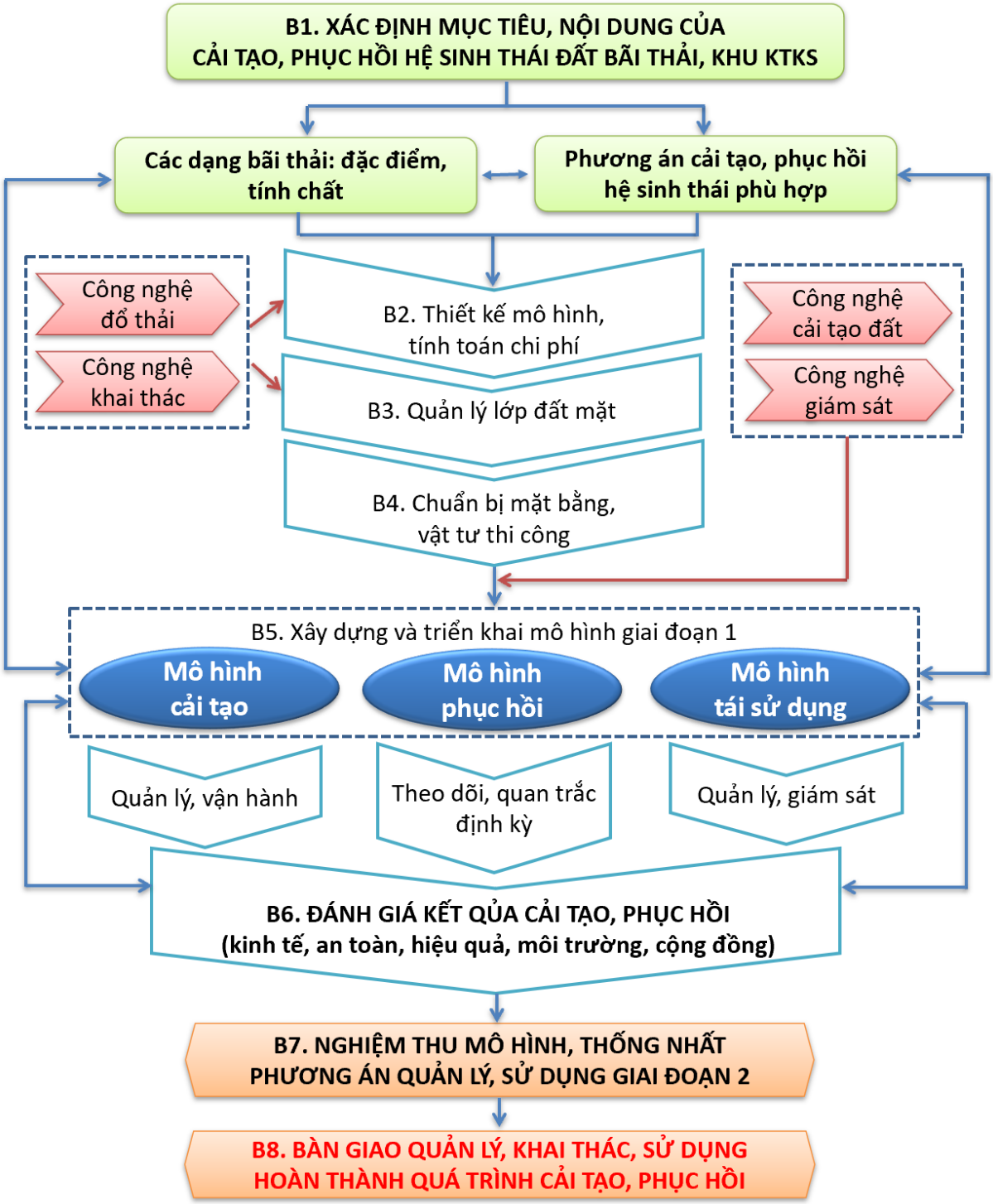
- Năm trụ cột then chốt trong quản lý bãi thải và khu khai thác khoáng sản bền vững;

- Thực trạng bãi thải, khu khai thác khoáng sản ở Tây Nguyên;

- Đặc điểm tự nhiên, kinh tế xã hội của khu vực khai thác khoáng sản.

- Xây dựng mô hình thí điểm cải tạo; phục hồi trên các dạng bãi thải điển hình sau khai thác khoáng sản của vùng và đánh giá hiệu quả kinh tế, xã hội, môi trường bởi các chuyên gia (lâm nghiệp, địa chất khoáng sản, thổ nhưỡng, kiến trúc sư,…) và nhà quản lý.

Từ đó, đề tài cũng đề xuất Quy trình 8 bước cải tạo, phục hồi hệ sinh thái đất bãi thải sau khai thác khoáng sản cho vùng Tây Nguyên và có thể áp dụng cho các vùng địa lý khác ở Tây Nguyên (hình 2). Cụ thể như sau:



Hình 2. Đề xuất Quy trình 8 bước cải tạo, phục hồi hệ sinh thái đất bãi thải, khu KTKS

8.6.3. Mô hình cải tạo hệ sinh thái đất bãi thải dựa trên yếu tố đặc thù của mỏ khoáng sản

Trên cơ sở nghiên cứu hiện trạng của các mỏ KTKS, đề tài đề xuất một số mô hình áp dụng cho từng mỏ cụ thể như sau:

- Công viên sinh thái và hồ nước điều hòa, lấy ví dụ: Khu khai thác Feldspar Ea Kar

- Khu phức hợp vui chơi giải trí thể thao, lấy ví dụ: Khu khai thác bauxite Bảo Lộc

8.6.4. Mô hình phục hồi bãi thải bằng thảm thực vật nhằm thiết lập lại hệ sinh thái ban đầu

Phục hồi hay hoàn phục môi trường sau khai thác khoáng sản bằng việc trồng cây phủ xanh là phương án được áp dụng phổ biến trên thế giới cũng như ở Việt Nam và Tây Nguyên. Mục tiêu của phương án này là đưa môi trường tự nhiên như đất, nước, thảm thực vật, cảnh quan của toàn bộ hay từng phần khu vực mỏ sau khai thác đạt các yêu cầu theo quy định. Ở đây có thể hiểu là môi trường ở các khu vực mỏ sau khai thác khoáng sản phải được hoàn phục sao cho gần với nguyên trạng trước khi khai thác mỏ, bảo đảm tính bền vững và hạn chế các tác động bất lợi đối với môi trường chung quanh.

Do đó, trong khuôn khổ đề tài, chúng tôi nghiên cứu đề xuất mô hình hoàn phục bãi thải bằng thảm thực vật trên cơ sở đã thí điểm xây dựng và đánh giá các mô hình này. Trong đó, định hướng phục hồi bãi thải, khu khai thác khoáng sản chủ yếu theo 03 giai đoạn cụ thể:

- Giai đoạn 1: Thiết lập thảm thực vật sinh trưởng nhanh nhằm ổn định cấu trúc bãi thải, cải thiện chất lượng đất, giảm hàm lượng kim loại nặng, hạn chế tai biến: trượt lở, xói mòn... Giai đoạn này tiến hành trong thời gian trung bình 5-10 năm từ khi tiến hành phục hồi phụ thuộc vào mức độ tổn hại của tài nguyên đất, nước sau hoạt động khai thác, tiến trình phục hồi của hệ sinh thái.

- Giai đoạn 2: Đánh giá kết quả phục hồi của mô hình ở giai đoạn 1, từ đó lựa chọn phương án sử dụng đất cho giai đoạn tiếp theo. Trường hợp khu vực bãi thải, khu khai thác khoáng sản nằm trong khu vực phòng hộ đầu nguồn, địa hình dốc cần giữ nguyên phương án trồng rừng, bổ sung các cây trồng mới, tỉa thưa và có kế hoạch khai thác phù hợp. Trường hợp bãi thải, khu khai thác khoáng sản có điều kiện thuận lợi để tái canh tác nông nghiệp, sau giai đoạn 1 có thể thử nghiệm trồng các loại cây nông nghiệp và đánh giá hiệu quả, mức độ an toàn... từ đó lựa chọn phương thức canh tác, sản xuất thích hợp.

- Giai đoạn 3: Thống nhất phương án quản lý, sử dụng và bàn giao lại cho các tổ chức chính quyền địa phương hoặc người dân. Kết thúc và hoàn thành chu kỳ khai thác - phục hồi bãi thải, khu khai thác khoáng sản.

Như vậy, đối với mô hình hoàn phục bãi thải bằng thảm thực vật nhằm hướng đến việc thiết lập lại hệ sinh thái ban đầu hoặc tương đương với hệ sinh thái ban đầu, vấn đề trọng yếu là phục hồi thảm thực vật. Trong đó các biện pháp kỹ thuật lâm sinh được xem là giải pháp hiệu quả với chi phí thấp. Một khi thảm thực vật được hình thành thì không chỉ môi trường đất được cải thiện mà môi trường nước, không khí và cảnh quan cũng được phục hồi sau các tác động bất lợi của hoạt động khai thác mỏ và tuyển quặng. Theo yêu cầu đó, việc chọn loại cây trồng phù hợp để xây dựng mô hình hoàn phục môi trường đất, thảm thực vật trên các vùng lập địa đặc thù của các bãi thải sau khai thác mỏ và tuyển quặng là công việc đầu tiên.

Trong khuôn khổ đề tài TN17/T04 thuộc Chương trình Tây Nguyên 2016-2020, chúng tôi đã tiến hành xây dựng thí điểm 03 mô hình phục hồi hệ sinh thái đất đại diện cho 03 dạng bãi thải sau khai thác khoáng sản điển hình của Tây Nguyên *(chi tiết trình bày trong Chương 3)*. Các mô hình này bước đầu được đánh giá hiệu quả và thành công trong giai đoạn 1, đây chính là cơ sở để đề tài đúc kết thành mô hình hoàn phục tổng hợp nhằm hướng đến việc áp dụng cho tất cả các bãi thải sau khai khoáng trên địa bàn Tây Nguyên.

8.7. Đề xuất giải pháp về chính sách và quản lý

8.7.1. Giải pháp cơ chế chính sách: Chính sách bảo vệ, sử dụng và dự trữ tài nguyên; Chính sách khoa học và công nghệ; Chính sách đầu tư và chuyển giao

8.7.2. Giải pháp quản lý bãi thải, khu khai thác trong hoạt động khai thác khoáng sản Tây Nguyên: Quản lý tổng hợp; Quản lý chặt chẽ bãi thải sau khai thác khoáng sản và quan trắc định kỳ bãi thải trong dài hạn; quan lý khu khai thác khoáng sản; Tăng cường sự tham gia của cộng đồng quản lý, giám sát.

8.8. Giải pháp kỹ thuật và tổ hợp khoa học công nghệ trong cải tạo, phục hồi hệ sinh thái đất khu vực bãi thải nhằm ngăn ngừa thoái hóa đất và hoang mạc hóa

***8.8.1. Giải pháp kỹ thuật*:** Kỹ thuật phân tầng và ổn định bãi thải; Kỹ thuật hoàn thổ phục vụ cải tạo và phục hồi hệ sinh thái đất; Phân chia lập địa bãi thải, khu khai thác khoáng sản; . Cấu trúc thảm thực vật thích hợp cho các nhóm dạng lập địa bãi thải, khu khai thác khoáng sản; Kỹ thuật lâm sinh.

8.8.2. Giải pháp tổ hợp khoa học công nghệ: Công nghệ đổ thải; Tổ hợp phân bón, chế phẩm sinh học cải tạo đất bãi thải, ngăn ngừa thoái hóa đất, hoang mạc hóa và ứng phó với biến đổi khí hậu; Giám sát, quản lý bằng công nghệ địa tin học, viễn thám và GIS

8.8.3. Hướng dẫn kỹ thuật xây dựng mô hình cải tạo hệ sinh thái đất bãi thải khu KTKS

- Tóm tắt hướng dẫn kỹ thuật xây dựng mô hình cải tạo đất, thảm thực vật trên bãi thải sau khai thác bauxite

- Tóm tắt hướng dẫn kỹ thuật xây dựng mô hình cải tạo đất, thảm thực vật bãi thải sau khai thác vật liệu xây dựng

- Tóm tắt hướng dẫn kỹ thuật xây dựng mô hình cải tạo đất, thảm thực vật trên bùn thải sau tuyển quặng bauxite

8.8.4. Hướng dẫn kỹ thuật gây trồng cho một số loài cây phù hợp trên đất bãi thải và khu vực khai thác khoáng sản

Tóm tắt hướng dẫn kỹ thuật gây trồng Thông Caribê (Pinus caribaea Morelet) trên đất bãi thải sau khai thác bauxite, cây Keo lai (A. mangium x A. Auriculiformis) trên đất bãi thải sau khai thác khoáng sản, cây Tràm Úc *(Melaleuca leucadendra L.)*

trên bùn thải sau khai thác bauxite, cây Điều nhuộm *(Bixa orellana L.)* trên đất bãi thải sau khai thác bauxite, cây Sục sạc *(Crotalaria anagyroides H.B. et K.)* trên đất bãi thải sau khai thác vật liệu xây dựng.

9. Cơ sở dữ liệu vùng nghiên cứu

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu đạt được, đề tài đã tiến hành biên tập, cập nhật và xây dựng bộ cơ sở dữ liệu về:

- Bộ cơ sở dữ liệu: (1) Bộ ảnh ghép Landsat-8 OLI năm 2018, không mây cho toàn bộ vùng Tây Nguyên.(2) Cơ sở dữ liệu khu vực bãi thải và khu khai thác khoáng sản vùng Tây Nguyên dưới dạng WebGIS. (3) Sơ đồ phân bố và quy mô của các bãi thải, khu vực khai khoáng ở Tây Nguyên tỷ lệ 1: 50.000. (4) Các bản đồ diễn thế của 4 khu vực bãi thải và khu khai thác khoáng sản điển hình bao gồm mỏ đá K'Bang, vàng Tà Năng, Kaolin Lộc Châu, Bauxite Tân Rai ở Tây Nguyên tỷ lệ 1: 10.000;

- Bộ số liệu phân tích về biến động môi trường đất, nước, không khí, thảm thực vật hệ sinh thái bãi thải, khu khai thác khoáng sản Tây Nguyên;

- Hướng dẫn khai thác, sử dụng cơ sở dữ liệu GIS bãi thải và khu khai thác khoáng sản Tây Nguyên.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận:

1. Đề tài đã xác lập được các luận cứ khoa học trong cải tạo, phục hồi hệ sinh thái, môi trường đất khu vực bãi thải, khu KTKS nhằm ngăn ngừa thoái hóa đất, hoang mạc hóa và sử dụng đất bền vững. Trong đó, việc cải tạo nhằm khôi phục một số dịch vụ HST quan trọng và chức năng chính của HST hoặc phục hồi bằng HST khác là hướng tiếp cận tốt nhất cho khu vực bãi thải sau KTKS lộ thiên. Đồng thời, việc lựa chọn lớp phủ thực vật phù hợp với từng dạng bãi thải đặc thù mới có thể đảm bảo sự thành công của phương án cải tạo, phục hồi.

2. Lần đầu tiên xây dựng được bộ cơ sở dữ liệu đồng bộ về hệ sinh thái bãi thải, khu KTKS (gồm các tính chất hóa học, tính chất lý học, hàm lượng kim loại nặng, vi sinh vật trong đất, chất lượng môi trường nước, môi trường không khí) thông qua việc điều tra khảo sát, đánh giá hiện trạng quản lý, phục hồi 15 điểm bãi thải, khu KTKS điển hình vùng Tây Nguyên.

3. Hiện trạng bãi thải, khu KTKS Tây Nguyên cho thấy: hoạt động KTKS ở Tây Nguyên đã diễn ra trong thời gian dài, nhưng công tác cải tạo, phục hồi sau khai khoáng thiếu sự quản lý chặt chẽ, phương án cải tạo giản đơn, chưa phù hợp, trách nhiệm của các bên liên quan trong giai đoạn hậu khai thác còn yếu. Cải tạo và phục hồi môi trường sau KTKS ở Tây Nguyên phụ thuộc chặt chẽ vào tính chất và quy mô của các tổ chức KTKS, do đó, hiệu quả của cải tạo sau KTKS không đáng kể. Hiện trạng các bãi thải, có sự khác biệt rõ rệt giữa các nhóm bãi thải: Nhóm bãi thải được hoàn thổ và hoàn phục ngay sau khai thác có xu hướng ổn định dần về cấu trúc đất, hạn chế được xói mòn, dinh dưỡng trong đất được cải thiện. Nhóm bãi thải mới được hoàn thổ, hoàn phục sau một thời gian dài và nhóm bãi thải chưa hoàn phục có hệ sinh thái đất bị suy thoái nghiêm trọng, bề mặt bị xói mòn mạnh, đất bị mất cấu trúc và nghèo dinh dưỡng.

3. Đề tài đã xây dựng được 03 mô hình thí điểm phục hồi hệ sinh thái bãi thải, khu KTKS (quy mô 01 ha/mô hình) ở vùng Tây Nguyên có ứng dụng tổ hợp tổ hợp các công nghệ hóa học, sinh học của Chương trình Tây Nguyên 3. Kết quả thực hiện 3 mô hình cho thấy các loại cây trồng được lựa chọn phù hợp với điều kiện lập địa, có tỷ lệ sống cao, sinh trưởng tốt. Các mô hình bước đầu được đánh giá thành công, bước đầu có hiệu quả về chất lượng môi trường đất (ổn định cấu trúc đất, tính chất hóa lý của đất được cải thiện, giảm hàm lượng KLN, hạn chế xói mòn), có hiệu quả kinh tế, đáp ứng thực tiễn địa phương và có khả năng chuyển giao, nhân rộng.

4. Đối với bãi thải, khu KTKS ở Tây Nguyên, đề tài đã đề xuất quy trình quản lý tổng hợp (8 bước) lâu dài theo từng dạng bãi thải đặc trưng và cải tạo, phục hồi theo 04 phương án: (1)- Mô hình cải tạo HST đất bãi thải dựa trên yếu tố đặc thù của mỏ; (2)- Mô hình phục hồi bãi thải bằng TTV nhằm thiết lập lại hệ sinh thái ban đầu; (3)- Mô hình ứng dụng KHCN để thu hồi thành phần có ích với bãi thải quặng nghèo hoặc chế

biến, tái sử dụng thành các dạng sản phẩm phụ khác; (4)- Mô hình quản lý, giám sát nghiêm ngặt đối với bãi thải quặng đuôi, duy trì diễn thế tự nhiên (nếu chưa có công nghệ xử lý phù hợp).

Đồng thời, cần thiết phải áp dụng đồng bộ nhóm các giải pháp chính sách, kỹ thuật, tổ hợp khoa học công nghệ trong cải tạo, phục hồi hệ sinh thái đất bãi thải nhằm ngăn ngừa thoái hóa đất, hoang mạc hóa và sử dụng đất hợp lý;

5. Xây dựng, cập nhật, quản lý hệ thống cơ sở dữ liệu bao gồm: Bộ cơ sở dữ liệu bãi thải, khu khai thác khoáng sản Tây Nguyên lưu trữ dưới dạng WebGIS phục vụ cung cấp, chia sẻ thông trực tuyến; Bộ bản đồ phân bố và quy mô của các bãi thải, khu khai thác khoáng sản vùng Tây Nguyên tỷ lệ 1:50.000; Bộ bản đồ diễn thế của 4 khu vực bãi thải và khu khai thác khoáng sản điển hình tỷ lệ 1:10.000 trên cơ sở các nguồn ảnh vệ tinh độ phân giải cao: Landsat 8 OLI; SPOT 5; VNREDSAT; ALOS-2/PALSAR-2.

Kiến nghị:

1. Các mô hình thí điểm cải tạo phục hồi hiện nay mới được theo dõi, đánh giá sinh trưởng trong thời gian 24 tháng sau khi xây dựng nên chỉ có thể ước tính hiệu quả kinh tế và môi trường. Vì vậy, đề tài kiến nghị tiếp tục thực hiện nghiên cứu, theo dõi các mô hình để đánh giá được chi tiết và đầy đủ hơn nữa nhằm bổ sung thêm cơ sở thực tiễn trong cải tạo, phục hồi HST sau KTKS. Đồng thời các mô hình này có thể được nhân rộng và áp dụng trong những điều kiện sinh thái tương tự ở tất cả khu vực KTKS trên cả nước.

2. Qua kết quả nghiên cứu thấy rằng: bùn thải sau tuyển quặng khai thác bauxite sau thời gian được cải tạo hợp lý, có tiềm năng để tái sử dụng vào sản xuất nông nghiệp, trong khi diện tích bùn thải sau quá trình tuyển quặng ở Tây Nguyên ngày càng mở rộng. Vì vậy, cần tiến hành thêm các công trình nghiên cứu, mô hình thử nghiệm trên dạng bãi thải này để góp phần mở ra hướng cải tạo, phục hồi mới trong giai đoạn tiếp theo cho các dự án khai thác bauxite Tây Nguyên.

3. Quy trình cải tạo, phục hồi hệ sinh thái bãi thải, khu KTKS cần được hoàn thổ, hoàn phục ngay trong khi khai thác và bắt buộc phải hoàn thành trước khi ngừng khai thác đối với tất cả các quy mô và loại hình khai thác. Phương án cải tạo, phục hồi được lựa chọn phù hợp với điều kiện đặc thù khu mỏ và địa phương, có thể được cải tạo, xây dựng thành các công trình phục vụ tham quan, du lịch, sinh hoạt cộng đồng.

4 Tăng cường quản lý, giám sát và có sự phối hợp chặt chẽ giữa nhà quản lý, cộng đồng dân cư, trách nhiệm của đơn vị khai thác trong giai đoạn hậu khai thác, hoàn thổ, hoàn phục cần được quy định chi tiết và có chế tài xử lý nghiêm khắc. Ứng dụng thế mạnh, ưu điểm của công nghệ viễn thám và GIS, WebGIS trong việc giám sát, quản lý khai thác khoáng sản ở Tây Nguyên nói riêng và cả nước nói chung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt:

[1] Lê Huy Bá, (2007). *Sinh thái môi trường đất.* NXB Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh, 304 trang.

[2] Lê Thái Bạt và nnk (2015). *Sổ tay Điều tra phân loại, đánh giá đất.* Hội Khoa học Đất Việt Nam, NXB Nông nghiệp.

[3] Bộ Công thương, (2009). *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 04:2009/BCT về an toàn trong khai thác mỏ lộ thiên*

[4] Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, (2005). *Danh mục các loài cây chủ yếu cho trồng rừng sản xuất theo 9 tiểu vùng sinh thái lâm nghiệp*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội

[5] Lại Vĩnh Cẩm, (1999). *Xói mòn đất vùng Đông Bắc Việt Nam*. Luận án Tiến sĩ, Đại học Warsaw.

[6] Nguyễn Thùy Dương, Trần Tuấn Anh, (2014). *Quản lý tài nguyên khoáng sản bằng phương pháp đánh giá hiệu quả kinh tế, xã hội và môi trường*. Tạp chí Các khoa học về Trái Đất, 36(3), 204-213, 9/2014.

[7] Lê Đức, (1998). *Hàm lượng Đồng, Mangan, Molipđen trong một số loại đất chính ở miền Bắc Việt Nam*. Tạp chí Khoa học đất, 10: 170-181

[8] Hồ Sĩ Giao, Mai Thế Toản (2008). *Dự án khai thác, chế biến bauxite Tây Nguyên và vấn đề môi trường;* Tạp chí Tài nguyên và Môi trường số 07/2008

[9] Trương Quang Học, (2017). *Cơ sở sinh thái học cho phát triển bền vững và ứng phó với biến đổi khí hậu.* Trung tâm Nghiên cứu tài nguyên và môi trường. Đại học Quốc gia Hà Nội

[10] Hoàng Thị Hồng Hạnh, (2014). *Nghiên cứu xây dựng mô hình sử dụng đất hợp lý cho các khu vực khai thác đá xây dựng và sét ở vùng kinh tế trọng điểm phía Nam.* Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2014

[11] Đồng Thị Minh Hậu, Hoàng Thị Thanh Thủy, Đào Phú Quốc (2008). *Nghiên cứu và lựa chọn một số thực vật có khả năng hấp thu các kim loại nặng (Cr, Cu, Zn) trong bùn nạo vét kênh Tân Hóa - Lò Gốm.* Tạo chí phát triển KH&CN tập 11, số 04/2008.

[12] Nguyễn Cửu Khoa, (2014). *Nghiên cứu quy trình công nghệ sản xuất phân URE và NPK nhả chậm ứng dụng triển khai cho các cây trồng trên Tây Nguyên.* Mã số TN3/C04, thuộc Chương trình Tây Nguyên 3

[13] Lê Văn Khoa, (2001). *Khoa học môi trường.* NXB Giáo dục, Hà Nội, 365 trang.

[14] Lê Văn Khoa, (2004). *Sinh thái và môi trường đất.* NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội, 255 trang.

[15] Đặng Đình Kim, (2010). *Nghiên cứu sử dụng thực vật để cải tạo đất bị ô nhiễm kim loại nặng tại các vùng khai thác khoáng sản.* Báo cáo Đề tài KC08.04/06-10, Viện Công nghệ môi trường.

[16] Đỗ Thị Lâm (2006), *Nghiên cứu tuyển chọn một số loài cây và xây dựng kỹ thuật gây trồng để cố định bãi thải tại các mỏ than vùng Đông Bắc*. Báo cáo Tổng kết đề tài, tháng

7/2006.

[17] Nguyễn Thị Phương Mai, (2018). *Trồng cây năng lượng trên bãi thải – Mô hình kết hợp giữa bảo vệ môi trường và sử dụng năng lượng sinh học.* Tạp chí Môi trường, số 5/2018, Hà Nội

[18] Nguyễn Thành Mến (2015). *Nghiên cứu tuyển chọn tập đoàn cây trồng phù hợp và biện pháp kỹ thuật gây trồng góp phần phục hoàn môi trường sau khai thác Bauxite ở Tây Nguyên.* Đề tài độc lập, mã số ĐTĐL.2011-T/03, Bộ Khoa học và Công nghệ.

[19] Trần Miên, (2006). *Một số định hướng ban đầu trong cải tạo, hoàn nguyên môi trường các bãi thải than.* Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học kỹ thuật hội Mỏ Việt Nam lần thứ XVII, 2006b.

[20] Trần Miên và nnk, (2006). *Xây dựng chương trình phục hồi môi trường các vùng khai thác than tại Việt Nam.* Nhiệm vụ quản lý nhà nước về môi trường, Bộ công nghiệp, 2006.

[21] Đặng Văn Minh, (2011). *Nghiên cứu biên pháp cải tạo, phục hồi và sử dụng đất canh tác sau khai thác khoáng sản tại Thái Nguyên.* Báo cáo đề tài thuộc Dự án KHCN nông nghiệp vốn vay ADB - Bộ Nông nghiệp và PTNT. Thái Nguyên

[22] Bùi Xuân Nam (2007). *Những bài học kinh nghiệm từ công tác hoàn phục môi trường sau khai thác mỏ lộ thiên tại CHLB Đức.* Tuyển tập báo cáo Hội nghị KHKT mỏ toàn quốc lần thứ 18. Hội Khoa học và công nghệ mỏ Việt Nam. Sapa - Việt Nam. Tr. 453-457. 33

[23] Bùi Văn Năng, Trần Thị Ngọc Hải, Phạm Thị Trang, Nguyễn Thị Hương Ly (2013). *Nghiên cứu sử dụng cây Muống Nhật (Syngonium podophyllum Schott) để lịa bỏ ô nhiễm Asen trong đất.* Tạp chí KH&CN Lâm nghiệp số 2/2013

[24] Lê Thị Nguyên, (2013). *Nghiên cứu sử dụng một số loài thực vật cải tạo, phục hồi bãi thải sau khai thác than (thí điểm tại bãi thải Chính Bắc, công ty cổ phần Than Núi Béo - Vinacomin).* Luận văn thạc sĩ khoa học môi trường, Đại học Quốc gia Hà Nội

[25] Mai Trọng Nhuận (2001). *Địa hóa môi trường.* Nhà xuất bản Đại học quốc gia Hà Nội, 340 trang.

[26] Vũ Tấn Phương, Hoàng Việt Anh, Nguyễn Ngọc Lung, Đỗ Đình Sâm, Nguyễn Đình Kỳ, Trần Việt Liễn, (2012). *Phân vùng sinh thái lâm nghiệp Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, 2012, 124 trang.

[27] Ngô Đình Quế, (2019). *Xác định lập địa cho trồng rừng kinh tế trên đất bãi thải sau khai thác than.* https://baovemoitruong.org.vn/quang-ninh-xac-dinh-lap-dia-cho-trong-rung-kinh-te-tren-dat-bai-thai-sau-khai-thac-than/

[28] Đỗ Đình Sâm, Nguyễn Ngọc Bình (2001), *Đánh giá tiềm năng đất Lâm nghiệp Việt Nam*. NXB Nông nghiệp 2001

[29] Trần Công Tấu, Trần Công Khánh, (1998). *Hiện trạng môi trường đất Việt Nam thông qua việc nghiên cứu các kim loại nặng.* Tạp chí Khoa học đất, 10: 152-160

[30] Lê Văn Thành, (2009). *Thực trạng ngành khai khoáng Việt Nam và vấn đề phát triển bền vững*. http://www.vusta.vn/vi/news/Thong-tin-Su-kien-Thanh-tuu-KH-CN/Thuc-trang-nganh-khai-khoang-Viet-Nam-va-van-de-phat-trien-ben-vung-28798. html

[31] Lê Đình Thành, Nguyễn Thế Báu, (2012). *Nghiên cứu đề xuất giải pháp cải tạo, phục hồi môi trường mỏ than Lộ Trí, Quảng Ninh.* Tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường, số 39 (12/2012), trang 34-40

[32] Nguyễn Thị Thu và nnk, (2015). *Nghiên cứu phát triển và ứng dụng một số chế phẩm có nguồn gốc sinh học trong canh tác chè, cà phê, hồ tiêu theo hướng phát triển bền vững tại Tây Nguyên.* Báo cáo tổng kết đề tài mã số: TN3/C01 thuộc Chương trình Tây Nguyên 3

[33] Lưu Văn Thực, Đoàn Văn Thanh, (2020). *Các giải pháp công nghệ đổi thải hợp lý đạp ứng yêu cầu bảo vệ môi trường sinh thái đối với các mỏ than khoáng sản Việt Nam*. Viện Khoa học công nghệ mỏ, https://congnghiepmoitruong.vn/cac-giai-phap-cong-nghe-do-thai-hop-ly-dap-ung-yeu-cau-bao-ve-moi-truong-sinh-thai-doi-voi-cac-mo-than-khoang-san-viet-nam-5586.html

[34] Mai Thế Toản, Nguyễn Thúy Lan, Vũ Đình Hiếu, (2020). *Bàn về thực trạng và đề xuất các công cụ quản lý môi trường cho các dự án khai thác khoáng sản.* Tạp chí Công nghiệp mỏ, số 03, tháng 6/2020.

[35] Nguyễn Thanh Tùng, (2015). *Ứng dụng polyme thân thiện môi trường trong canh tác nông lâm nghiệp khu vực Tây Nguyên.* Báo cáo tổng hợp kết quả khoa học công nghệ đề tài mã số TN3/C03 thuộc Chương trình Tây Nguyên 3.

[36] Nguyễn Văn Thịnh, Okolelova A.A, (2017). *Hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cu và Zn) trong đất rừng tự nhiên của tỉnh Gia Lai*. Hội nghị khoa học toàn quốc về sinh thái và tài nguyên sinh vật lần thứ VII.

[37] Đỗ Ngọc Tước, Đoàn Văn Thanh, (2020). *Kinh nghiệm về công tác cải tạo phục hồi môi trường đóng cửa mỏ sau khi kết thúc khai thác tại các mỏ lộ thiên trên thế giới và Việt Nam.* Khoa học công nghệ mỏ số 2/2020, 20-26

[38] Nguyễn Thị Thủy, Lưu Thế Anh (2016). *Tích hợp GIS và phân tích đa chỉ tiêu (MCA) thành lập bản đồ thoái hóa đất tiềm năng.* Tạp chí khoa học đo đạc bản đồ, số 29, 9/2016

[39] Viện Tư vấn phát triển (CODE), (2011). *Thực trạng về quản lý khai thác và sử dụng tài nguyên khoáng sản Việt Nam.* Báo cáo nghiên cứu đánh giá, Hà Nội

[40] Nguyễn Quang Việt, Lê Đình Thuận, Nguyễn Nhật Nam (2014). *Bước đầu thành lập bản đồ thoái hóa đất theo WOCAT ở một số xã thuộc huyện Hải Lăng, tỉnh Quảng Trị*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, T. 1, S. 1 (2014)

[41] Phạm Quang Vinh và nnk (2015), *Điều tra, đánh giá hiện trạng thoái hóa đất khu vực Điện Biên, Lai Châu bằng công nghệ viễn thám và hệ thông tin địa lý (GIS) nhằm phục vụ phát triển kinh tế xã hội và sử dụng đất bền vững*, Đề tài điều tra cơ bản cấp Nhà nước.

[42] Phạm Tích Xuân, Trần Tuấn Anh, Đoàn Thị Thu Trà, Hoàng Thị Tuyết Nga, Phạm Thanh Đăng, Nguyễn Thị Liên, Nguyễn Văn Phổ (2015). *Những vấn đề môi trường khai thác khoáng sản ở Tây Nguyên*. Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, 37(2), trang 139-147.

[43] Đặng Thị Hải Yến (2014), *Nghiên cứu các giải pháp quản lý- kỹ thuật tổng thể nhằm phục vụ công tác cải tạo và phục hồi môi trường cho các mỏ khai thác lộ thiên vùng Hòn Gai - Cẩm Phả*. Tóm tắt Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, ngành Khai thác mỏ- Trường Đại học Mỏ- Địa chất Việt Nam.

Tiếng Anh:

[44] Adiansyah J.S., Michele R., Sue V., Greg K. (2015), *A framework for a sustainable approach to mine tailings management: disposal strategies.* Journal of Cleaner Production 108, pp 1050-1062.

[45] Ana T. Lima, Kristen M., David W. O., Jos V., Philippe V. C. (2016), *The legacy of surface mining: Remediation, restoration, reclamation and rehabilitation*, Environmental Science & Policy, Volume 66, Pages 227–233.

[46] Australian Centre for Sustainable Mining Practices (2011). *A guide to leading practice sustainable development in mining*. Leading Practice Sustainable Development Program, Australian

[47] Arzu E. (2011). *Remote sensing of vegetation health for reclaimed areas of Seyitömer open cast coal mine.* International Journal of Coal Geology, Vol 86: Iss1, 2011, 20–26

[48] Beata K., Maja B., Anna S, Krzysztof O., Mirosƚawa G. (2016). *Soil physical properties of agriculturally reclaimed area after lignite mine: A case study from central Poland.* Soil and Tillage Research, Vol 163, 2016, pages 54-63.

[49] Carl D. G., Ward, S.C, Morley, S. C., (2007), *Return of Ecosystem Function to Restored Bauxite Mines in Western Australia.* Restoration Ecology Vol. 15, No. 4, 12- 2007, pp. 94-103.

[50] John A. P, Oliver H. K. (1999), *Restoration of Tropical Moist Forests on Bauxite-Mined Lands in the Brazilian Amazon*; International Institute of Tropical Forestry, 1999.

[51] John, C. (1983), *Management options for rehabilitation and enhancement of surface-mined ecosystems.* Minerals and the Environment, Volume 5, Issue 1, pp 32–38.

[52] Karan S. K., Samadder S. R., Maiti S.K (2016). *Assessment of the capability of remote sensing and GIS techniques for monitoring reclamation success in coal mine degraded lands*. Journal of Environmental Management, Vol 182, pages 272–283

[53]Koch, J.M. and Ward, S.C. (2005), *Thirteen-year growth of jarrah (Eucalyptus marginata) on rehabilitated bauxite mines in south-western Australia*; (1999, 2005)

[54] Zhanbin. L., Qinling. Z., Peng. L (2013). *Distribution characteristics of available trace elements in soil from a reclaimed land in a mining area of north Shaanxi, China*. International Soil and Water Conservation Research, Vol 1: Iss 1, 2013, pages 65–75

[55] Gao, L., Miao, Z., Bai, Z., Zhou, X., Zhao, J., Zhu, Y., (1998), *A case study of ecological restoration at the Xiaoyi Bauxite Mine, Shanxi Province, China*; Ecological Engineering 11 (1998), 221-229

[56] Bodlák, L. Křováková, K. , Kobesová, M. , Brom, J., Šťastný, J., Pecharová, E., (2012). *SOC content—An appropriate tool for evaluating the soil quality in a reclaimed post-mining landscape*. Ecological Engineering, vol 43, pages 53-59.

[57] Maiti S.K. (2007), *Minesoil properties of different aged reclaimed coal mine overburden dumps of Jharia Coalfield, India*. Mine Tech 28 (2&3), pp 93-98.

[58] Shrestha, K.R., Lai, R. (2011). *Changes in physical and chemical properties of soil after surface mining and reclamation.* Geoderma, Vol 161: Iss 3-4, pages 168-176

[59] Sangeeta M., Maiti S.K, Masto R.E., (2013). Use of reclaimed mine soil index (RMSI) for screening of tree species for reclamation of coal mine degraded land. Ecological Engineering, vol 57, pages 133-142

[60] Sangeeta M., Maiti S.K, Masto R.E., (2014). *Development of mine soil quality index (MSQI) for evaluation of reclamation success: A chronosequence study.* Ecological Engineering, vol 71, pages 10-20

[61] Sheoran, V., Sheoran, A.S., and Poonia, P. (2010). *Soil reclamation of abandoned mine land bay revegetation: A review.* International Journal of Soil, Sediment and Water: Vol.3: Iss2, Article 13.

[62] Gould, S. (2011), *Post-mining rehabilitation doesn't restore habitat equivalent to that removed by mining.* Wildlife Research 38(6) 482-490, 2011.

[63] Liua, X., Bai, Z., Zhou, W., Cao, Y., Zhang, G., (2017). *Changes in soil properties in the soil profile after mining and reclamation in an opencast coal mine on the Loess Plateau, China.* Ecological Engineering, Vol 98, January 2017, pages 228–239

[64] Yang, Y., Ren, X., Zhang, S., Chen, F., & Hou, H. (2017), *Incorporating ecological vulnerability assessment into rehabilitation planning for a post-mining area*. Environmental Earth Sciences, 76(6), 245.

[65] Yan, M., Fan, L., & Wang, L. (2020). Restoration of soil carbon with different tree species in a post-mining land in eastern Loess Plateau, China. Ecological Engineering, 158, 1/2020, 106025

[66] Juwarkar, A. A., Mehrotraa, K. L., Nair, R., Wanjari, T., Singh, S. K., & Chakrabarti, T. (2010). Carbon sequestration in reclaimed manganese mine land at Gumgaon, India. Environmental monitoring and assessment, 160(1-4), 457-464.

[67] Juwarkar, A. A., Singh, L., Jambhulkar, H. P., Kanfade, H., Jha, A. K., & Kumar, G. P. (2016). Biodiversity promotion in restored mine land through plant-animal interaction. Journal of Ecosystem & Ecography, 2016.

[68] Boyer, S., & Wratten, S. D. (2010). The potential of earthworms to restore ecosystem services after opencast mining–A review. *Basic and Applied Ecology*, *11*(3), 196-203.