



- (12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
(51)^{2020.01} E02D 3/00; E02D 3/12; B09C 1/00; (13) B
C09K 17/00



1-0052678

-
- (21) 1-2021-00746 (22) 09/02/2021
(45) 27/10/2025 451 (43) 26/04/2021 397A
(73) Trung tâm Kinh tế môi trường (VN)
Tầng 4, Cung trí thức thành phố, số 1 Tôn Thất Thuyết, phường Dịch Vọng Hậu,
quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội
(72) Lưu Đức Hải (VN).
(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ Việt Nam IP (VIETNAM IP)
-

- (54) PHƯƠNG PHÁP PHỤC HỒI ĐẤT TRÊN ĐÁY MỎ KHAI THÁC BAUXIT

(21) 1-2021-00746

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp phục hồi đất trên đáy mỏ (moong) khai thác Bauxit bao gồm các bước:

i) lựa chọn moong khai thác và chuẩn bị mặt bằng tiếp nhận bùn đuôi quặng

ii) tiến hành bơm bùn đuôi quặng vào moong khai thác đã được chuẩn bị trên đây;

iii) tạo lớp đệm thổ nhưỡng để phục hồi cải tạo đất tại moong; và

iv) trồng cây cải tạo, phục hồi đất.

Giải pháp theo sáng chế cho phép chuyển bùn đuôi quặng phát sinh sau công đoạn tuyển về các moong sau khi khai thác Bauxit để tránh việc mất đất làm hồ chứa bùn đuôi quặng, giảm chi phí lắp đặt đường ống nước tuần hoàn, giảm chi phí hóa chất để lắng bùn đuôi quặng, đồng thời bổ sung thêm giải pháp tạo ra lớp đất đệm và trồng các cây cải tạo đất để nhanh chóng phục hồi đất trên các moong sau khi khai thác quặng. Hơn nữa, ngoài việc cải tạo cảnh quan địa hình khu vực khai thác quặng Bauxit, giải pháp này còn tạo ra các lợi ích kỹ thuật và lợi ích kinh tế lớn, bao gồm: i) giảm chi phí xây dựng hồ chứa bùn đuôi quặng, ii) giảm chi phí hóa chất để làm lắng bùn đuôi quặng, và iii) nhanh chóng phục hồi đất trên các moong phục vụ cho hoạt động canh tác đất sau khai thác.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế liên quan đến việc phục hồi đất trên các đáy mỏ (sau đây còn gọi là “moong”) sau khai thác Bauxit, cụ thể hơn sáng chế đề xuất phương pháp phục hồi đất trên moong sau khai thác Bauxit, tốt hơn là trong vỏ phong hóa đá bazan Tây Nguyên.

Giải pháp theo sáng chế cho phép chuyển bùn đuôi quặng phát sinh sau công đoạn tuyển về các moong sau khi khai thác Bauxit để tránh việc mất đất làm hồ chứa bùn đuôi quặng, giảm chi phí lắp đặt đường ống nước tuần hoàn, giảm chi phí hóa chất để lắng bùn đuôi quặng, đồng thời bổ sung thêm giải pháp tạo ra lớp đất đệm và trồng các cây cải tạo đất để nhanh chóng phục hồi đất trên các moong sau khi khai thác quặng. Hơn nữa, ngoài việc cải tạo cảnh quan địa hình khu vực khai thác quặng Bauxit, giải pháp này còn tạo ra các lợi ích kỹ thuật và lợi ích kinh tế lớn, bao gồm: i) giảm chi phí xây dựng hồ chứa bùn đuôi quặng, ii) giảm chi phí hóa chất để lắng bùn đuôi quặng, và iii) nhanh chóng phục hồi đất trên các moong phục vụ cho hoạt động canh tác đất sau khai thác.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Bauxit và quá trình hình thành Bauxit laterit trên đá bazan Tây Nguyên

Nghiên cứu, tìm kiếm, thăm dò nguồn tài nguyên khoáng sản có ý nghĩa hết sức quan trọng đối với mỗi quốc gia. Với quan điểm phát triển kinh tế-xã hội bền vững thì không thể không dựa vào nguồn tự nhiên khoáng sản cần được tính đến để khai thác và sử dụng hợp lý đóng góp thiết thực vào tiến trình phát triển kinh tế đất nước.

Việt Nam là quốc gia có tiềm năng lớn về tài nguyên khoáng sản Bauxit. Vấn đề khai thác Bauxit phục vụ phát triển kinh tế đất nước đã có nhiều ý kiến tranh luận mạnh mẽ trong dư luận vào những năm 2008-2010, khi hai dự án sản xuất alumin theo công nghệ Bayer do nhà thầu Trung Quốc thực hiện tại Tân Rai, Bảo Lộc, Lâm Đồng và Nhân Cơ, Gia Nghĩa, Đắk Nông được quyết định đầu tư. Đến nay, có thể cho rằng những băn khoăn, nghi vấn, khó khăn đặt ra khi đó thì đã được giải tỏa, làm sáng tỏ và khả thi về tất cả các khía cạnh: kinh tế, xã hội, công nghệ và môi trường.

Bauxit là loại khoáng sản nhôm (Al) có thành phần hóa học chủ yếu là các oxit và hydroxit của Al và Fe. Có hai loại hình khoáng sản Bauxit có khả năng khai thác quy mô công nghiệp là Bauxit laterit và Bauxit biến chất. Quá trình hình thành hai loại hình này khác biệt nhau, dẫn đến tính chất và vấn đề môi trường khác biệt nhau.

Bauxit laterit là sản phẩm của quá trình phong hóa dưới tác động của các yếu tố nhiệt độ, lượng nước mưa và oxy khí quyển các đá macma, chủ

yếu là đá phun trào bazan. Loại hình này tạo nên các mỏ Bauxit ở vùng Tây Nguyên nước ta. Quá trình phong hóa ở đây diễn ra theo 3 giai đoạn chính:

i) Giai đoạn phong hóa vật lý: ở giai đoạn này, các đá macma bazan từ dạng khối đặc bị vỡ vụn thành các mảnh nhỏ, tạo điều kiện cho nước, CO_2 và oxy thâm nhập vào các khoáng vật chứa trong đá. Kết quả giai đoạn này của quá trình phong hóa tạo nên một đới trong vỏ phong hóa là đới vỡ vụn cơ học hay đới bazan phong hóa.

ii) Giai đoạn sét hóa: Ở giai đoạn này các khoáng vật trong đá bazan như Olivin $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$, Piroxen $(\text{Mg,Fe,Ca})_2\text{Si}_2\text{O}_6$, Plazocla $(\text{Na-Ca})_2[(\text{Al,Si})\text{AlSi}_2\text{O}_8]$ bị phong hóa thành các khoáng vật sét: Kaolinit $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$, Monmorilonit $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2.n\text{H}_2\text{O}$, Illit $(\text{K,H}_2\text{O})\text{Al}_2[(\text{Al,Si})\text{Si}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$. Trong giai đoạn này, các nguyên tố kiềm (Na, K, Ca, Mg) trong đá bazan ban đầu bị tách ra khỏi các khoáng vật và chuyển vào nước ngầm, các phân tử nước từ nước ngầm thâm nhập vào cấu trúc các khoáng vật sét mới hình thành. Kết quả của giai đoạn này tạo nên đới sét trong vỏ phong hóa.

iii) Giai đoạn laterit: Giai đoạn này thường chỉ tồn tại trong vỏ phong hóa đá bazan và một số đá macma bazơ. Ở giai đoạn này các khoáng vật sét tiếp tục bị biến đổi thành các khoáng vật oxit và hydroxit như: Gipxit $\text{Al}(\text{OH})_3$, Limonit $\text{Fe}(\text{OH})_3$, Hematit Fe_2O_3 , Gotit $\text{FeO}(\text{OH})$. Trong giai đoạn này, Si và một số nguyên tố kiềm còn lại bị rửa trôi khỏi cấu trúc các khoáng vật sét đi vào nước ngầm thấm qua vỏ phong hóa. Khoáng vật Gipxit $\text{Al}(\text{OH})_3$ chính là thành phần chủ yếu để lấy Al từ quặng Bauxit. Nói một cách khác, hàm lượng của Gipxit trong quặng quyết định chất lượng của quặng Bauxit laterit.

Sự tiếp nối liên tục của các giai đoạn phong hóa là nguyên nhân tạo nên tính phân đới của vỏ phong hóa đá bazan Tây nguyên. Hình 1 thể hiện tính phân đới của vỏ phong hóa đá bazan Tây Nguyên.

Yếu tố môi trường phong hóa có ảnh hưởng lớn nhất đến chất lượng quặng và chiều dày thân quặng Bauxit laterit theo cơ chế của quá trình phong hóa chính là lượng nước ngầm thấm qua vỏ phong hóa. Nhưng chính lượng nước ngầm thấm qua vỏ phong hóa lại phụ thuộc vào độ dốc địa hình bề mặt và lượng mưa hàng năm. Do vậy, mặc dù tầng quặng Bauxit laterit có ở tất cả mọi nơi trong vùng phân bố đá bazan Tây Nguyên, nhưng nơi xác định là mỏ có giá trị khai thác thường chỉ tập trung ở vùng có lượng mưa lớn và độ dốc địa hình bề mặt dao động trong khoảng 20° đến 45° như: Gia Nghĩa, Đắc Nông (lượng mưa hàng năm $> 3.000\text{mm}$), Bảo Lộc, Lâm Đồng (lượng mưa hàng năm $> 2.500\text{mm}$), Măng Đen, Kon Tum (lượng mưa hàng năm $> 2.400\text{mm}$). Đá bazan Tây Nguyên có tuổi địa chất $\text{N}_2\text{-Q}_1$ và Q_1 (khoảng 6 triệu năm trở lại đây) không chứa các nguyên tố phóng xạ, do đó Bauxit laterit do phong hóa nằm trên các đỉnh đồi như Tây Nguyên nước ta không chứa các nguyên tố phóng xạ.

Bauxit biến chất là sản phẩm của quá trình biến đổi Bauxit laterit cổ xảy ra dưới tác động của tác nhân biến chất (nhiệt độ, áp suất và dung dịch biến chất) khi quặng bị nhấn chìm vào lòng đất hàng trăm triệu năm. Dưới tác động của các tác nhân biến chất, quặng Bauxit laterit bị biến đổi về mặt thành phần hóa học và khoáng vật. Khoáng vật Gipsit $\text{Al}(\text{OH})_3$ sẽ kết tinh thành khoáng vật có cấu trúc tinh thể bền vững hơn như Diaspo HALO_2 , Bomit $\text{AlO}(\text{OH})$. Một phần các khoáng vật Fe sẽ hòa tan trong dung dịch biến chất và tách ra khỏi Bauxit ban đầu. Do đó, hàm lượng Al trong quặng sẽ tăng lên còn hàm lượng Fe sẽ giảm đi. Cùng với quá trình thay đổi về thành phần hóa học và khoáng vật của quặng Bauxit ban đầu, các nguyên tố phóng xạ hòa tan trong môi trường biến chất như U và Th sẽ thâm nhập và hấp thụ vào quặng Bauxit bị biến chất. Kết quả của quá trình biến chất như trên sẽ tạo loại quặng Bauxit biến chất có mol Al (tỷ lệ Al/Fe) cao hơn Bauxit laterit, nhưng chứa các nguyên tố phóng xạ và khó hòa tan trong quá trình Bayer.

Loại Bauxit biến chất đã được các nhà địa chất Pháp và Việt Nam tìm thấy trong các tầng đá vôi có tuổi 200 đến 350 triệu năm từ Cao Bằng, Lạng Sơn và Hải Dương, với trữ lượng ước tính khoảng 50 triệu tấn. Nhà máy đá mài Hải Dương đã và đang khai thác một điểm lộ quặng Bauxit biến chất trên đá vôi gần với nhà máy xi măng Hoàng Thạch, huyện Kinh Môn, tỉnh Hải Dương.

Sự khác biệt về về loại hình khoáng sản Bauxit như đã nói trên là nguyên nhân dẫn đến sự khác biệt về thiết kế công nghệ Bayer của quá trình sản xuất nhôm, cũng như các vấn đề môi trường cần khắc phục ở các quốc gia trên thế giới.

Tiềm năng kinh tế của khoáng sản Bauxit Việt Nam

Bauxit là nguồn nguyên liệu quan trọng trong ngành công nghiệp nhôm của Thế giới. Quá trình sản xuất Al từ quặng Bauxit trải qua hai công đoạn quan trọng:

- i) Sản xuất nhôm (Al_2O_3) theo công nghệ Bayer, và
- ii) điện phân nhôm thành Al.

Hiện Việt Nam đã có hai nhà máy sản xuất nhôm thuộc Tập đoàn Than và Khoáng sản Việt Nam (Vinacomin) với sản lượng thiết kế tổng cộng là 1.300.000 tấn/năm. Đồng thời, một nhà máy điện phân nhôm (chủ đầu tư: Công ty TNHH luyện kim Trần Hồng Quân), công suất thiết kế đến năm 2020 được dự kiến là 450.000 tấn nhôm/năm được xây dựng tại khu công nghiệp Nhân Cơ, huyện Dak R'láp, tỉnh Đắk Nông. Như vậy, về cơ bản Việt Nam đã có đủ công nghệ để khai thác tiềm năng rất lớn về quặng Bauxit laterit Tây Nguyên, nhưng nhu cầu nhôm trong và ngoài nước đang vượt khả năng cung cấp.

Theo số liệu tổng hợp, trữ lượng công nghiệp của Bauxit của Việt Nam là trên 7 tỷ tấn, đứng vào hàng thứ 3 về trữ lượng Bauxit của thế giới, trong đó, trữ lượng quặng Bauxit laterit ở Nhân Cơ khoảng 4 tỷ tấn, còn trữ lượng tại Bảo Lộc khoảng 500 triệu tấn.

Theo số liệu sản xuất thực tế năm 2018 của hai nhà máy nhôm Tân Rai, Lâm Đồng và Nhân Cơ, Đắk Nông, với lượng quặng thô khai thác là 2,6 đến 2,7 triệu tấn, sau khi tuyển quặng sẽ tạo ra được 1,3 triệu tấn tinh quặng Bauxit và sản xuất được 650.000 tấn nhôm có hàm lượng Al_2O_3 đạt trên 99%. Nói một cách khác, theo công nghệ sản xuất Bayer đang vận hành tại hai nhà máy của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (Vinacomin) thì hiệu suất thu hồi nhôm tính trên quặng thô là 24 đến 25% trọng lượng. Ước tính, với tổng trữ lượng khoáng sản 7 tỷ tấn quặng thô có thể tạo ra 1,68 đến 1,89 tỷ tấn nhôm. Mức thấp nhất trong dự tính khai thác toàn bộ quặng Bauxit có thể tạo ra 1,5 tỷ tấn nhôm. Do đó, hiệu quả kinh tế rất rõ ràng. Cụ thể, với giá thị trường hiện tại khoảng 600 USD/tấn nhôm, thì giá trị kinh tế nếu chế biến toàn bộ quặng Bauxit thành nhôm theo thời giá hiện tại là 900 tỷ USD, lãi ròng so với giá dự báo trong luận chứng kinh tế-kỹ thuật là 450 tỷ USD.

Với quy mô sản xuất nhôm tại nhà máy Nhân Cơ, Đắk Nông hiện nay, lượng quặng tại địa phương có thể đủ dùng cho thời gian trên 1.480 năm. Với quy mô sản xuất nhôm của nhà máy Tân Rai, Lâm Đồng, lượng quặng tại Bảo Lộc có thể đủ dùng trong hơn 190 năm. Nếu tính thêm giá trị gia tăng của công nghệ điện phân nhôm từ nhôm thì nguồn thu từ công nghiệp nhôm của Việt Nam dựa trên tiềm năng Bauxit Tây Nguyên là rất lớn.

Do tiềm năng rất lớn từ khai thác và chế biến Bauxit và phát triển ngành công nghiệp nhôm của Việt Nam, nên việc khai thác, sử dụng hiệu quả sớm nhất cần được quan tâm trên cơ sở việc nhận thức và đánh giá đầy đủ các khía cạnh kinh tế - môi trường - xã hội phục vụ phát triển bền vững dựa trên thực tế sản xuất tại các nhà máy nhôm và điện phân nhôm.

Vấn đề ô nhiễm và xu hướng công nghệ

Mặc dù, khai thác Bauxit và công nghiệp nhôm là ngành kinh tế mới có tiềm năng của nước ta do trữ lượng Bauxit lớn, công nghệ chế biến không phức tạp và thị trường tiêu thụ sản phẩm quy mô toàn cầu lớn. Tuy nhiên, ngành kinh tế này cũng tạo ra nhiều loại chất thải rắn bao gồm bùn đuôi quặng, bùn đỏ, tro xỉ, chất thải khí và chất thải lỏng.

Ước tính sơ bộ, để thu được 1 tấn sản phẩm nhôm (Al_2O_3), 2 tấn bùn đuôi quặng và 1 tấn bùn đỏ sẽ được thải ra môi trường. Do vậy, nếu mô hình khai thác chế biến Bauxit và phát triển ngành công nghiệp nhôm của nước ta triển khai theo mô hình kinh tế tuyến tính (bắt đầu từ khai thác tài nguyên làm đầu vào cho hệ thống kinh tế, tiếp theo là sản xuất, phân phối, tiêu dùng

và cuối cùng là thải bỏ), thì sau một thời gian ngắn đi vào sản xuất, khu vực giàu quặng Bauxit ở Tây Nguyên sẽ trở thành một bãi thải khổng lồ các chất thải rắn, chưa tính đến việc mất đất và phục hồi đất canh tác do khai thác Bauxit, nhu cầu sử dụng nước và cân bằng nước tự nhiên, bùn đuôi quặng và hồ chứa bùn đuôi quặng, bùn đỏ và hồ chứa bùn đỏ, tro bay và xỉ thải của nhà máy nhiệt điện, ô nhiễm không khí, ô nhiễm nước. Mặt khác, môi trường suy thoái do chất thải gia tăng thì chất lượng cuộc sống của con người cũng ảnh hưởng tiêu cực, các thành tựu của phát triển kinh tế vì thế cũng sẽ không còn nhiều giá trị. Do đó, xu hướng phát triển của kinh tế thế giới hiện nay là chuyển dịch từ mô hình kinh tế tuyến tính sang mô hình kinh tế tuần hoàn với cốt lõi là phục hồi, tái chế và tái tạo, từ đó giảm lượng tài nguyên phải khai thác, đồng thời giảm thiểu chất thải ra môi trường.

Bùn đuôi quặng và hồ chứa bùn đuôi quặng

Thành phần hóa học của bùn đuôi quặng so với quặng nguyên khai được xác định là nghèo các nguyên tố Al, Fe và các kim loại nặng. Thành phần cơ học gồm các hợp phần sét và quặng Bauxit có kích thước $< 1\text{mm}$. Thành phần khoáng vật gồm các khoáng vật sét (Kaolinit, Monmorilonit, Hematit, Gipxit, Limonit). Loại bùn này có hàm lượng nguyên tố phóng xạ rất thấp so với phóng xạ tự nhiên. Do đó, bùn đuôi quặng được cho là có giá trị như là loại đất bazan chất lượng tốt nếu được sử dụng trong phục hồi các moong khai thác Bauxit.

Hiện nay, quặng đuôi của nhà máy tuyển được lưu giữ trong các hồ bùn được xây dựng theo thiết kế và thẩm định của Bộ Xây dựng. Khi hồ bùn đuôi quặng đã tích đầy, cây xanh sẽ được tiến hành trồng. Việc lưu giữ bùn đuôi quặng trong các hồ không chỉ tạo ra chi phí và mặt bằng xây hồ mà còn tiềm ẩn nguy cơ vỡ và tràn bùn đuôi quặng ra sông, suối, ảnh hưởng tới hoạt động kinh tế của người dân địa phương sống ở dưới các đập chắn hồ. Có thể nói bùn đuôi quặng là chất thải có ít tiềm năng tạo ra tác động có hại đối với dân cư địa phương. Tuy nhiên, cách sử dụng và thiết kế hồ bùn đuôi quặng tại hai tổ hợp alumin Tân Rai và Nhân Cơ nhìn chung chưa thực sự hợp lý.

Ngoài ra, mô hình khai thác Bauxit và sản xuất alumin hiện nay hoàn toàn là mô hình kinh tế tuyến tính nên lượng chất thải đưa ra môi trường là rất lớn như trên đây. Việc lưu giữ một khối lượng rất lớn chất thải rắn bao gồm bùn đuôi quặng về lâu dài tạo ra nguy cơ ô nhiễm và suy thoái môi trường khu vực, cũng như việc phục hồi các moong khai thác Bauxit trở lại trạng thái địa hình ban đầu gặp khó khăn do thiếu đất bồi lấp địa hình khai thác. Mặt khác, việc không tận dụng tài nguyên chứa trong các khối lượng chất thải rắn nói trên gây ra sự lãng phí của mô hình kinh tế tuyến tính này.

Phục hồi đất canh tác do khai thác Bauxit

Các thân quặng Bauxit trong mặt cắt vỏ phong hóa đá bazan thường nằm ở độ sâu từ 1 đến 20 m, do đó việc khai thác quặng Bauxit được thực

hiện bằng phương pháp lộ thiên. Quá trình khai thác và phục hồi đất về cơ bản được thực hiện theo quy trình sau:

i) phát quang khu vực khai thác, bóc xúc dồn lớp đất thổ nhượng, bóc xúc quặng Bauxit thô lên xe tải chuyển về kho nhà máy tuyển;

ii) phủ lại lớp đất thổ nhượng lên khai trường sau khi kết thúc từng phần khai thác để trồng cây.

Thực tế, tại các khai trường sau khi phủ lại lớp đất thổ nhượng, các cây trồng sống và phát triển khá nhanh. Tuy nhiên, nếu trước khi phủ lớp đất thổ nhượng, toàn bộ lượng bùn đuôi quặng được đưa lại các moong khai thác, thì đất canh tác được phục hồi nhanh chóng và hiệu quả hơn. Một số thử nghiệm trồng cây trên phần moong có đổ bùn đuôi quặng trước khi phủ lớp đất thổ nhượng, cây trồng phát triển tốt hơn. Tiếc rằng đây chỉ là các thử nghiệm quy mô nhỏ vì phần lớn bùn đuôi quặng đang nằm trong các hồ chứa bùn đuôi quặng ở các thung lũng sâu.

Do đó, có như cầu sử dụng các moong sau khai thác Bauxit làm nơi chứa đựng bùn đuôi quặng để vừa có vật liệu san lấp các địa hình khai thác, vừa tận dụng thành phần sét và chất dinh dưỡng để cải tạo và phục hồi đất trên các moong.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật cần được giải quyết

Như được mô tả, bùn đuôi quặng có thành phần vật chất bao gồm các khoáng vật sét, bao gồm Monmorilonit, Kaolinit, Ilie và Gipxit, Limonit, trong đó khoáng vật sét là thành phần lưu giữ chất dinh dưỡng của đất bazan Tây Nguyên. Bùn đuôi quặng chiếm một khối lượng lớn (khoảng 50%) trong quá trình chế biến quặng Bauxit nguyên khai. Hiện tại, bùn đuôi quặng tại các nhà máy alumin Tây Nguyên như Tân Rai, Lâm Đồng và Nhân Cơ, Đắk Nông đều được lưu giữ và chôn lấp trong các hồ được thiết kế dưới hạ lưu khu vực nhà máy tuyển quặng. Việc này đòi hỏi cần xây dựng hồ chứa bùn đuôi quặng trong các thủy vực (suối) trong khu vực và bơm bùn đuôi quặng vào hồ chứa từ bể lắng của nhà máy tuyển bằng cách dùng bơm và hệ thống ống bơm bùn đuôi quặng. Các hồ chứa bùn đuôi quặng thường nằm ở phần đất thấp hơn so với bể lắng của nhà máy tuyển quặng Bauxit, do đó cần sử dụng bơm tuần hoàn nước từ hồ chứa bùn đuôi quặng trở lại nhà máy tuyển.

Ngoài ra, các moong sau khi khai thác chỉ san bằng và đổ lên trên đó một lớp đất thổ nhượng cũ đã thu hồi trước khi khai thác có chiều dày khoảng 0,5 đến 1,5m, trong khi đó các moong sau khi khai thác Bauxit trong vỏ phong hóa đá bazan Tây Nguyên thường bị trũng so với ban đầu từ 10 đến 20m, do đó việc phủ lớp đất thổ nhượng dày chừng 0,5 đến 1,5m không

đủ cải thiện được địa hình. Bên cạnh đó, việc trồng cây keo trên các moong đã phủ đất không đầy nhanh được quá trình phục hồi đất canh tác.

Hơn nữa, phương pháp trên đây còn tiêu tốn chi phí đền bù đất xây hồ chứa bùn đuôi quặng, chi phí hóa chất để lắng bùn sét trong các hồ chứa bùn đuôi quặng và việc chỉ cho phép trồng cây keo có giá trị kinh tế thấp. Nói cách khác, phương pháp này là không hiệu quả.

Mục đích của sáng chế là đề xuất giải pháp cho phép chuyển bùn đuôi quặng phát sinh sau công đoạn tuyển về các moong, được thiết kế thêm đập ngăn, sau khi khai thác Bauxit để tránh việc mất đất làm hồ chứa bùn đuôi quặng, giảm chi phí để lắng bùn đuôi quặng, đồng thời bổ sung thêm giải pháp tạo lớp đất đệm và trồng các cây cải tạo đất để nhanh chóng phục hồi đất trên các moong sau khi khai thác quặng. Ngoài ra, việc tận dụng các boong làm hồ chứa bùn đuôi quặng thường nằm ở phần đất cao hơn so với bề lắng của nhà máy tuyển quặng Bauxit cho phép tận dụng dùng kênh và mương tuần hoàn nước từ hồ chứa bùn đuôi quặng trở lại nhà máy tuyển mà không cần sử dụng bơm tuần hoàn nước.

Ngoài ra, mục đích khác nữa của sáng chế là đề xuất giải pháp mà tạo ra các moong khai thác được lấp đầy bằng bùn đuôi quặng mà sẽ được cải tạo phục hồi bằng ba lớp mới bao gồm lớp bùn sét là bùn đuôi quặng đã khô cứng, lớp đệm thổ nhưỡng có thành phần bao gồm bùn đuôi quặng, vật liệu hữu cơ, vật liệu thô có chức năng gắn kết lớp bùn sét với lớp thổ nhưỡng cũ ở trên và lớp thổ nhưỡng cũ đã thu hồi trước khi khai thác có chiều dày thích hợp mà cho phép nhanh chóng phục hồi đất trên các moong phục vụ hoạt động trồng cây cải tạo đất bao gồm cây phủ đất và tăng sinh khối nhanh và cây trồng có giá trị kinh tế, cây công nghiệp hay đất trang trại.

Hơn nữa, ngoài việc cải tạo cảnh quan địa hình khu vực khai thác quặng Bauxit, giải pháp này tốt hơn là còn tạo ra các lợi ích kỹ thuật và lợi ích kinh tế lớn, bao gồm:

- i) giảm chi phí xây dựng hồ chứa bùn đuôi quặng,
- ii) giảm chi phí hóa chất để làm lắng bùn đuôi quặng, và
- iii) nhanh chóng phục hồi đất trên các moong phục vụ cho hoạt động canh tác đất sau khai thác.

Cách thức giải quyết vấn đề

Để đạt được các mục đích trên đây, sáng chế đề xuất phương pháp phục hồi đất trên đáy mỏ (moong) khai thác Bauxit bao gồm các bước:

- i) lựa chọn moong khai thác và chuẩn bị mặt bằng tiếp nhận bùn đuôi quặng, trong đó:

lựa chọn moong khai thác Bauxit sử dụng để tiếp nhận bùn đuôi quặng là moong nằm trên mặt bằng tương đối phẳng với độ dốc không vượt quá 20°, ta luy âm và ta luy dương của moong không bị sạt lở;

tiến hành san gạt moong cho bằng phẳng, kè, tạo đập chắn bùn;

lắp đặt đường ống bơm bùn đuôi quặng từ bể lắng nhà máy tuyển và đường tuần hoàn nước từ moong chứa bùn đuôi quặng trở lại nhà máy khi thực hiện thao tác bơm bùn;

ii) tiến hành bơm bùn đuôi quặng vào moong khai thác đã được chuẩn bị, trong đó:

tiến hành bơm bùn đuôi quặng vào moong tiếp nhận cho đến khi moong tiếp nhận đủ lượng bùn;

tách loại nước thừa còn lại trên moong để bùn trong moong trở nên khô, rắn chắc; và

trong đó bùn đuôi quặng chứa:

khoáng vật sét bao gồm Monmorilonit, Kaolinit, Ilit chiếm khoảng 45% trọng lượng,

khoáng vật Gipxit dưới dạng hạt mịn với kích thước nhỏ hơn 2mm khoảng 30%, khoáng vật Goethit chiếm khoảng 20%,

phần còn lại là thạch anh và silicat chưa hòa tan;

iii) tạo ra lớp (tầng) đệm thổ nhưỡng để phục hồi cải tạo đất tại moong khi bùn đuôi quặng được bơm đầy trong các moong đã chuyển sang dạng rắn chắc, trong đó:

tạo ra lớp đệm thổ nhưỡng bằng cách sử dụng vật liệu hữu cơ bao gồm rơm, rạ, lá cây, mùn cưa và vỏ bào, kết hợp với vật liệu thô là tro xỉ nhà máy nhiệt điện và lớp bùn đuôi quặng trên mặt moong, và trộn, xới đều phần vật liệu bao gồm vật liệu hữu cơ và vật liệu thô với lớp bùn đuôi quặng trên mặt moong; và

tiến hành rải tạo lớp đất thổ nhưỡng cũ, mà đã được thu gom trước khi tiến hành khai thác Bauxit, lên trên mặt lớp đệm thổ nhưỡng;

trong đó:

vật liệu tạo ra lớp đệm thổ nhưỡng là bùn đuôi quặng, vật liệu thô, vật liệu hữu cơ theo tỷ lệ khối lượng của bùn đuôi quặng/vật liệu thô/vật liệu hữu cơ là 2/1/1; và

đất thổ nhưỡng cũ trước khi khai thác quặng theo quy trình khai thác được thu gom và lưu trữ, trong đó lớp đất thổ nhưỡng này được chọn là đất thổ nhưỡng giàu cacbon hữu cơ (hàm lượng cacbon hữu cơ - OC) từ 3 đến

4%, đất có phản ứng chua, nghèo kiềm với độ chua trao đổi (pH_{KCl}) là 3,9 đến 4,5, số lượng vi sinh vật trong đất cao từ 4.10^5 đến 1.10^7 CFU/g đất;

iv) trồng cây phục hồi cải tạo đất, trong đó tiến hành trồng cây phục hồi cải tạo đất bao gồm các nhóm cây có tốc độ phát triển nhanh sinh khối và phủ nhanh mặt đất được chọn từ nhóm bao gồm cây keo dậu (*Leucoena leucocephala* (Lam.) de Wit), sắn dây rừng (*Pueraria thomsoni* Benth), Muồng đen (*Senna siamea* (Lam.) H.S.Irwin & Barneby), thảo quyết minh (*Senna obtusifolia* (L.) H.S.Irwin & Barneby.), đáng hương ắn (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz), lim xẹt (*Peltophorum pterocarpum* (DC.) K. Heyne), Gõ mật (*Sindora siamensis* Teysm. ex Mig. var *siamensis*), xoan chịu hạn (*Azadirachta indica* Juss.).

Theo một phương án, moong khai thác Bauxit là moong sau khai thác Bauxit trong vỏ phong hóa đá bazan Tây Nguyên.

Theo phương án khác, moong khai thác Bauxit được chọn là moong ở vị trí cao hơn bề lũng nhà máy tuyển để nước có thể tự chảy về nhà máy nhờ trọng lực.

Theo phương án khác nữa, phần thấp hơn moong khai thác không có các công trình dễ sạt lở.

Theo phương án khác nữa, độ sâu (độ trũng) của moong sau khi khai thác Bauxit được xác định trước về cơ bản bằng với chiều dày của ba lớp có tác dụng cải tạo phục hồi đất để tạo độ bằng phẳng cho moong thuận lợi cho việc trồng cây cải tạo đất.

Theo phương án khác nữa, moong sau khi khai thác Bauxit được chọn là moong thường bị trũng so với ban đầu từ 10 đến 20m.

Theo phương án khác nữa, bước iii) còn bao gồm việc thiết kế, bố trí cột vật liệu giữ ẩm và cung cấp chất dinh dưỡng cho cây trồng, trước khi tiến hành tạo lớp đệm thổ nhưỡng.

Theo phương án khác nữa, cột vật liệu giữ ẩm có hình trụ với kích thước đường kính 10cm và chiều cao tối thiểu 100cm tính đến bề mặt lớp bùn đuôi quặng (độ sâu 100 cm tính từ bề mặt lớp bùn đuôi quặng).

Theo phương án khác nữa, cột vật liệu giữ ẩm được nhồi bằng vật liệu của cột giữ ẩm bao gồm tro bay, tro xỉ và vật liệu hữu cơ với tỷ lệ khối lượng của tro bay/tro xỉ/vật liệu hữu cơ là 3/4/3.

Theo phương án khác nữa, cột vật liệu giữ ẩm được tạo ra bằng cách sử dụng ống thép hình trụ đóng sâu xuống 1m, đưa lớp bùn đuôi quặng lên và nhồi vật liệu xuống thành cột.

Theo phương án khác nữa, khoảng cách giữa các cột vật liệu giữ ẩm là 5m x 5m để tạo ra mạng lưới cột giữ ẩm trên toàn bộ diện tích khai thác có tác dụng như là hệ thống bồn chứa nước có thể giữ ẩm mang tính liên

thông hạn chế, giúp cây trồng ổn định và phát triển tự nhiên mà không cần tưới nước.

Theo phương án khác nữa, lớp bùn đuôi quặng (lớp bùn sét) đã khô cứng có chiều dày từ 10 đến 15m.

Theo phương án khác nữa, lớp đệm thổ nhưỡng, có thành phần bao gồm bùn đuôi quặng, vật liệu hữu cơ, vật liệu thô có chức năng gắn kết lớp bùn sét với lớp thổ nhưỡng cũ trước khi khai thác quặng trên đây, có chiều dày 0,3 đến 1,0m.

Theo phương án khác nữa, vật liệu hữu cơ còn bao gồm chất thải hay phế thải được băm nhỏ trộn đều để làm vật liệu bổ sung vào lớp đệm thổ nhưỡng.

Theo phương án khác nữa, tro xỉ nhà máy nhiệt điện là tro xỉ nhà máy sản xuất nhôm (Alumin).

Theo phương án khác nữa, đất thổ nhưỡng cũ trước khi khai thác quặng trên đây được chọn là đất thổ nhưỡng giàu cacbon hữu cơ với OC là 3,5%.

Theo phương án khác nữa, lớp đất thổ nhưỡng cũ trước khi khai thác trên đây được rải có chiều dày khoảng 0,3 đến 1,0m.

Theo phương án khác nữa, trong bước iv), việc trồng cây cải tạo đất còn bao gồm việc trồng cây có giá trị kinh tế, cây công nghiệp hay trang trại sau thời gian 2 đến 4 năm tiến hành trồng cây cải tạo đất.

Theo phương án khác nữa, cây có giá trị kinh tế, cây công nghiệp hay trang trại được chọn từ nhóm bao gồm cỏ voi (*Pennisetum purpureum*), cỏ ghi nê (*Panicum maximum*), bời lời nhót (*Litsea glutinosa* (Lour.) C. B. Rob., 1911), vàng đắng (*Coscinium fenestratum* (Gaertn.) Colebr.), tô mộc (*Caesalpinia sappan* L.), mã tiền quạ (*Strychnos nux-blanda* Hill.), me rừng, chùm ruột núi (*Phyllanthus emblica* L.), Cây Sao đen (*Hopea odorata* Roxb.), dầu đồng (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb), dầu trà beng (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm.), trám lá đỏ (*Canarium subulatum* Guill.), chiêu liêu nghệ (*Terminalia triptera* Stapf.), cây xoài, cây bơ (*Persea Americana* Mill., 1768), điều, đào lộn hột, cây thực phẩm, rau màu bao gồm sắn dây, ngô, khoai lang, lạc và cây công nghiệp ngắn ngày khác.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn thông qua các phương án được ưu tiên theo sáng chế với sự tham chiếu đến hình vẽ, trong đó:

Hình 1 là hình vẽ thể hiện sơ đồ tính phân đối của vỏ phong hóa đá bazan Tây Nguyên;

Hình 2 là hình vẽ thể hiện cấu tạo mặt cắt mỏ Bauxit trước và sau khai thác quặng, trong đó:

- a) Trước khi khai thác,
- b) Sau khi khai thác;

Hình 3 là hình vẽ thể hiện việc bơm bùn đuôi quặng vào moong khai thác;

Hình 4 là hình vẽ thể hiện việc tạo lớp đệm thổ nhưỡng, trong đó:

- a) Moong sau khi bơm bùn,
- b) Moong sau khi tạo ra lớp đệm thổ nhưỡng;

Hình 5 là hình vẽ thể hiện việc phục hồi cấu tạo đất trên các moong sau khai thác Bauxit, trong đó:

- a) Moong sau khi hình thành lớp đệm thổ nhưỡng,
- b) Moong sau khi phục hồi cấu tạo đất;

Hình 6 là hình vẽ thể hiện việc tạo thảm thực vật với tập đoàn cây cải tạo đất, trong đó:

- a) Moong sau khi phục hồi cấu tạo đất,
- b) Moong được trồng tập đoàn cây cải tạo đất sau khi phục hồi cấu tạo đất;

Hình 7 là hình vẽ thể hiện cấu trúc cột vật liệu giữ ẩm và cung cấp chất dinh dưỡng cho cây trồng theo một phương án cụ thể của sáng chế;

Hình 8a và 8b lần lượt là các hình vẽ thể hiện mặt cắt dọc và mặt cắt ngang cấu trúc mô hình thổ nhưỡng sau hoàn thổ theo một phương án cụ thể của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, sáng chế còn được mô tả chi tiết hơn thông qua các phương án cụ thể chỉ với mục đích minh họa cho sáng chế mà không làm giới hạn sáng chế theo bất kỳ cách nào. Rõ ràng là, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này, trên cơ sở thông tin được bộc lộ trong bản mô tả này, có thể biến đổi sáng chế theo các cách khác nhau mà không nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

Theo một phương án chung và như được mô tả trong các Hình 2 đến 8b, sáng chế đề xuất phương pháp phục hồi đất trên đáy mỏ (moong) khai thác Bauxit bao gồm các bước:

i) lựa chọn moong khai thác và chuẩn bị mặt bằng tiếp nhận bùn đuôi quặng, trong đó:

lựa chọn moong khai thác Bauxit sử dụng để tiếp nhận bùn đuôi quặng là moong nằm trên mặt bằng tương đối phẳng với độ dốc không vượt quá 20° , ta luy âm và ta luy dương của moong không bị sạt lở;

tiến hành san gạt moong cho bằng phẳng, kè, tạo đập chắn bùn;

lắp đặt đường ống bơm bùn đuôi quặng từ bể lắng nhà máy tuyển và đường tuần hoàn nước từ moong chứa bùn đuôi quặng trở lại nhà máy khi thực hiện thao tác bơm bùn;

ii) tiến hành bơm bùn đuôi quặng vào moong khai thác đã được chuẩn bị, trong đó:

tiến hành bơm bùn đuôi quặng vào moong tiếp nhận cho đến khi moong tiếp nhận đủ lượng bùn;

tách loại nước thừa còn lại trên moong để bùn trong moong trở nên khô, rắn chắc; và

iii) tạo ra lớp (tầng) đệm thổ nhưỡng để phục hồi cải tạo đất tại moong khi bùn đuôi quặng được bơm đầy trong các moong đã chuyển sang dạng rắn chắc, trong đó:

tạo ra lớp đệm thổ nhưỡng bằng cách sử dụng vật liệu hữu cơ bao gồm rơm, rạ, lá cây, mùn cưa và vỏ bào, kết hợp với vật liệu thô là tro xỉ nhà máy nhiệt điện và lớp bùn đuôi quặng trên mặt moong, và trộn, xới đều phần vật liệu bao gồm vật liệu hữu cơ và vật liệu thô với lớp bùn đuôi quặng trên mặt moong; và

tiến hành rải tạo lớp đất thổ nhưỡng cũ, mà đã được thu gom trước khi tiến hành khai thác Bauxit, lên trên mặt lớp đệm thổ nhưỡng;

trong đó:

vật liệu tạo ra lớp đệm thổ nhưỡng là bùn đuôi quặng, vật liệu thô, vật liệu hữu cơ theo tỷ lệ khối lượng của bùn đuôi quặng/vật liệu thô/vật liệu hữu cơ là 2/1/1; và

đất thổ nhưỡng cũ trước khi khai thác quặng theo quy trình khai thác được thu gom và lưu trữ, trong đó lớp đất thổ nhưỡng này được chọn là đất thổ nhưỡng giàu cacbon hữu cơ (hàm lượng cacbon hữu cơ - OC) từ 3 đến 4%, đất có phản ứng chua, nghèo kiềm với độ chua trao đổi (pH_{KCl}) là 3,9 đến 4,5, số lượng vi sinh vật trong đất cao từ 4.10^5 đến 1.10^7 CFU/g đất;

iv) trồng cây phục hồi cải tạo đất, trong đó tiến hành trồng cây phục hồi cải tạo đất bao gồm các nhóm cây có tốc độ phát triển nhanh sinh khối và phủ nhanh mặt đất được chọn từ nhóm bao gồm cây keo dậu (*Leucoena leucocephala* (Lam.) de Wit), sắn dây rừng (*Pueraria thomsoni* Benth), Muồng đen (*Senna siamea* (Lam.) H.S.Irwin & Barneby), thảo quyết minh (*Senna obtusifolia* (L.) H.S.Irwin & Barneby.), dướng hương ần (*Pterocarpus*

macrocarpus Kurz), lim xẹt (*Peltophorum pterocarpum* (DC.) K. Heyne), Gõ mật (*Sindora siamensis* Teysm. ex Mig. var *siamensis*), xoan chịu hạn (*Azadirachta indica* Juss.).

Lựa chọn moong khai thác và chuẩn bị mặt bằng tiếp nhận bùn đuôi quặng

Trong bản mô tả này, Bauxit (bắt nguồn từ từ tiếng Pháp - Bauxite), hay còn được gọi là Boxit, là một loại quặng nhôm nguồn gốc đá núi lửa có màu hồng, nâu được hình thành từ quá trình phong hóa các đá giàu nhôm hoặc tích tụ từ các quặng có trước bởi quá trình xói mòn. Quặng Bauxit phân bố chủ yếu trong vành đai xung quanh xích đạo đặc biệt trong môi trường nhiệt đới. Từ Bauxit có thể tách ra alumina, hay nhôm oxit (Al_2O_3), nguyên liệu chính để luyện nhôm trong các lò điện phân, chiếm 95% lượng Boxit được khai thác trên thế giới.

Thuật ngữ "moong khai thác Bauxit" được dùng để chỉ đáy mỏ khai thác Bauxit trong khai thác mỏ, phần thấp nhất của đáy mỏ được bao khép kín bởi bờ mỏ xung quanh. Do đó, đôi khi "moong" còn được gọi là "đáy mỏ".

Thuật ngữ "ta luy âm" được dùng để chỉ phần đường hay moong khai thác phải thêm nguyên vật liệu để làm bằng đường hoặc moong và "ta luy dương" được dùng để chỉ phần cao của đường hay moong khai thác phải xé cắt để làm bằng đường hoặc moong của moong không bị sạt lở. Theo một phương án cụ thể, nguyên vật liệu để làm bằng đường hoặc moong được sử dụng là đất, đá sẵn có.

Theo sáng chế, moong khai thác Bauxit được sử dụng làm mặt bằng tiếp nhận bùn tốt hơn là đáp ứng một số yêu cầu sau:

- nằm trên mặt bằng tương đối bằng phẳng,
- ta luy âm và ta luy dương của moong không bị sạt lở,
- phần thấp hơn moong không có các công trình kỹ và dân sinh nhạy cảm với việc sạt lở, địa hình thuận lợi để xây kè ngăn giữ bùn.

Ngoài ra, theo sáng chế, việc lựa chọn moong khai thác Bauxit sử dụng để tiếp nhận bùn đuôi quặng là moong khai thác tốt hơn là tương đối bằng phẳng, độ dốc địa hình không vượt quá 20° . Tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, nếu độ dốc lớn hơn 20° không chỉ gây khó khăn trong việc tạo ra lớp phủ bùn đuôi quặng đều trên moong khai thác dù có sử dụng biện pháp san ủi trong quá trình chuẩn bị mặt bằng, mà với độ dốc lớn hơn thì đập phải xây cao hơn và đòi hỏi chắc chắn hơn nên chi phí xây dựng đập đảm bảo an toàn phải cao hơn khi độ dốc nhỏ.

Phía dưới các moong dự kiến sử dụng làm nơi chứa bùn đuôi quặng cũng không nên có các công trình dân sinh, ví dụ nhà ở của dân, và gần các

công trình công cộng như trạm bơm, đường giao thông đã xây dựng, v.v. Tốt hơn nữa nếu, khí hậu cảnh quan khu vực moong khai thác không quá khắc nghiệt như mưa lớn kéo dài, không nằm quá xa bể chứa bùn nhà máy tuyển, v.v., có điện và đường giao thông để vận chuyển và lắp đặt trạm bơm và đường ống dẫn bùn đuôi quặng.

Theo một phương án, moong khai thác Bauxit là moong sau khai thác Bauxit trong vỏ phong hóa đá bazan Tây Nguyên.

Tiếp theo, mặt bằng moong để tiếp nhận bùn đuôi quặng sau khi chọn được cần tiến hành san gạt cho bằng phẳng, thiết kế, lắp đặt kè hoặc đập chắn bùn đuôi quặng để biến moong thành hồ chứa bùn đuôi quặng. Để tính toán lắp đặt kè hay đập chắn hồ chứa bùn đuôi quặng, rõ ràng là cần lưu ý đến các yếu tố như chiều cao kè hay đập để chứa được lượng bùn đuôi quặng tương ứng phù hợp, khả năng chống chịu tải lực ép của khối bùn đuôi quặng chứa trong hồ, cường độ chịu lực của nền kè hay đập và lượng mưa hàng năm, mà là thông dụng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này nên việc mô tả chi tiết là không cần thiết.

Sau đó, đường ống dẫn và bơm bùn đuôi quặng từ bể lắng nhà máy tuyển và đường quay vòng đưa nước trong từ hồ/moong tuần hoàn trở lại nhà máy khi bơm thực hiện thao tác bơm bùn được thiết kế và lắp đặt. Theo một phương án cụ thể, đường dẫn/mương nhân tạo hoặc sẵn có được tận dụng để tuần hoàn nước từ hồ chứa bùn đuôi quặng tuần hoàn trở lại nhà máy tuyển sau khi bùn đuôi quặng đã lắng lại trong hồ. Chức năng của đường hay mương dẫn nước là tận dụng và tái sinh nước sử dụng trong quá trình tuyển quặng nhằm tiết kiệm nước và giảm lượng bùn đất có thể vùi lấp sông suối phân hạ lưu. Theo phương án khác, moong khai thác Bauxit được chọn là moong ở vị trí cao hơn bể lắng nhà máy tuyển để nước có thể tự chảy về nhà máy nhờ trọng lực.

Như được đề cập, trong các giải pháp truyền thống, các hồ chứa bùn đuôi quặng thường nằm ở phần đất thấp hơn so với bể lắng của nhà máy tuyển quặng Bauxit, do đó tốn diện tích đất làm hồ và cần sử dụng bơm tuần hoàn nước từ hồ chứa bùn đuôi quặng trở lại nhà máy tuyển. Trái lại, giải pháp theo sáng chế cho phép chuyển bùn đuôi quặng phát sinh sau công đoạn tuyển về các moong sau khi khai thác Bauxit, được thiết kế thêm đập ngăn, để tránh việc mất đất làm hồ chứa bùn đuôi quặng, giảm chi phí để lắng bùn đuôi quặng, đồng thời bổ sung thêm giải pháp tạo lớp đất đệm và trồng các cây cải tạo đất để nhanh chóng phục hồi đất trên các moong sau khi khai thác quặng. Ngoài ra, việc tận dụng các boong làm hồ chứa bùn đuôi quặng thường nằm ở phần đất cao hơn so với bể lắng của nhà máy tuyển quặng Bauxit cho phép tận dụng dùng kênh và mương tuần hoàn nước từ hồ chứa bùn đuôi quặng trở lại nhà máy tuyển mà không cần sử dụng bơm tuần hoàn nước.

Do đó, sáng chế tạo ra hiệu quả kỹ thuật đặc biệt trong việc sử dụng đất. Cụ thể hơn, sáng chế cho phép các nhà máy alumin không cần phải trả chi phí đền bù đất xây dựng các hồ chứa bùn đuôi quặng mà có thể sử dụng các moong sau khi khai thác hết quặng làm hồ chứa bùn đuôi quặng, nhờ đó tận dụng diện tích đang trong quyền sử dụng đất của doanh nghiệp một cách hiệu quả.

Hơn nữa, sáng chế còn tận dụng bùn đuôi quặng mà là chất thải cần phải kiểm soát và quản lý. Cụ thể, trong giải pháp theo sáng chế, bùn đuôi quặng được sử dụng làm chất dinh dưỡng để phục hồi đất trên các moong khai thác. Việc sử dụng bùn đuôi quặng làm vật liệu cải tạo đất không chỉ giúp giải quyết các vấn đề về môi trường mà còn thay đổi quan niệm về chất thải bùn đuôi quặng.

Tiến hành bơm bùn đuôi quặng vào moong khai thác đã được chuẩn bị để tiếp nhận bùn

Việc bơm bùn, theo một phương án cụ thể, được thực hiện bằng hệ thống bơm bùn công nghiệp được lựa chọn tùy theo công suất sinh bùn của nhà máy tuyển quặng Bauxit bao gồm các máy bơm bùn công nghiệp và đường ống dẫn được tính toán và thiết kế tùy thuộc vào khoảng cách bơm, chênh lệch độ cao giữa vị trí đặt bơm và moong. Trong trường hợp cần thiết có thể thiết hệ thống bơm nhiều cấp để đưa bùn từ hồ lắng nhà máy tuyển tới moong tiếp nhận bùn đuôi quặng.

Việc bơm bùn sẽ dừng lại khi moong tiếp nhận đủ lượng bùn theo thiết kế của kè và đập chắn bùn. Tiếp theo, nước thừa còn lại trên moong sẽ được loại bỏ để bùn trong moong trở nên rắn chắc.

Theo phương án khác, độ sâu (độ trũng) của moong sau khi khai thác Bauxit được xác định trước về cơ bản bằng với chiều dày của ba lớp có tác dụng cải tạo phục hồi đất để tạo độ bằng phẳng cho moong thuận lợi cho việc trồng cây cải tạo đất. Cụ thể, theo các giải pháp hiện hành, các moong sau khi khai thác chỉ san bằng và đổ lên trên đó một lớp đất thổ nhưỡng cũ đã thu hồi trước khi khai thác, có chiều dày khoảng 0,5-1,0m. Trái lại, theo sáng chế, các moong khai thác đã được lấp đầy bằng bùn đuôi quặng sẽ được cải tạo phục hồi bằng ba lớp mới (mà sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây) bao gồm:

- Lớp bùn sét là bùn đuôi quặng đã khô cứng, có chiều dày từ 10-15m;
- Lớp đệm thổ nhưỡng có thành phần gồm (bùn đuôi quặng, vật liệu hữu cơ, vật liệu thô) có chức năng gắn kết lớp bùn sét với lớp thổ nhưỡng cũ ở trên, có chiều dày 0,6-1,0m;
- Lớp thổ nhưỡng cũ đã thu hồi trước khi khai thác, có chiều dày khoảng 0,5-1,0m.

Ngoài ra, theo quy trình hiện thì các moong sau khi khai thác xong Bauxit sẽ được phủ lại một lớp đồng trồng cũ (đã gom lại từ trước) có độ dày 0,5 đến 1,0m. Tiếp theo đó, sẽ trồng cây, chủ yếu là các loại cây keo trên các moong đã phủ lại đất trồng cũ. Cách làm này không cải tạo được sự thay đổi địa hình do lấy đi từ 10 đến 20m quặng Bauxit.

Theo sáng chế, độ sâu (độ trũng) của moong sau khi khai thác Bauxit được xác định trước về cơ bản bằng với chiều dày của ba lớp có tác dụng cải tạo phục hồi đất để tạo độ bằng phẳng cho moong thuận lợi cho việc trồng cây cải tạo đất. Theo phương án khác, moong sau khi khai thác Bauxit được chọn là moong thường bị trũng so với ban đầu từ 10 đến 20m.

Trong bản mô tả này, "bùn đuôi quặng", đôi khi còn được gọi là "bùn đỏ", được dùng để chỉ phần bùn sét trong quặng nguyên khai đưa vào bể lắng. Cụ thể, trong quy trình sản xuất nhôm (Alumin) ở giai đoạn tuyển quặng, quặng nguyên khai (tầng laterit trong mặt cắt vỏ phong hóa) được thu gom về nhà máy tuyển, tại đây quặng nguyên khai được đập nhỏ và rửa sạch bùn sét, phần quặng có kích thước lớn hơn 1mm được rửa sạch bùn sét được chuyển vào kho, còn gọi là "tinh quặng", và phần quặng có kích thước nhỏ hơn 1mm và bùn sét trong quặng nguyên khai sẽ được chuyển vào hồ/bể lắng, còn gọi là "bùn đuôi quặng".

Mặc dù bùn đuôi quặng bất kỳ đều có thể sử dụng theo sáng chế, tuy nhiên theo một phương án cụ thể được ưu tiên, bùn đuôi quặng được sử dụng chứa:

khoáng vật sét bao gồm Monmorilonit, Kaolinit, Ilit chiếm khoảng 45% trọng lượng,

khoáng vật Gipxit dưới dạng hạt mịn với kích thước nhỏ hơn 2mm khoảng 30%, khoáng vật Goethit chiếm khoảng 20%,

phần còn lại là thạch anh và silicat chưa hòa tan.

Theo sáng chế, việc tận dụng bùn thải quặng đuôi không chỉ tái tận dụng vật liệu theo nguyên lý của kinh tế tuần hoàn (mà đã được mô tả trên đây) mà còn có khả năng cải tạo đất vùng chứa quặng Bauxit đã bị thoái hóa do quá trình laterit hóa.

Tạo lớp đệm thổ nhưỡng

Khi bùn đuôi quặng bơm đầy trong các moong đã chuyển sang dạng rắn chắc thì tiến hành tạo lớp đệm thổ nhưỡng. Về bản chất, để làm việc này cần trộn bùn đuôi quặng Bauxit trộn với một số vật liệu hữu cơ có sẵn rẻ tiền bao gồm nhưng không chỉ giới hạn ở, rơm, rạ, lá cây, mùn cưa, vỏ bào, làm vật liệu lớp đệm thổ nhưỡng; một lượng tro xỉ. Sau khi có vật liệu đệm này, tiến hành rải vật liệu đệm trên lớp bùn đuôi quặng trong moong. Sau đó rải phần đất thổ nhưỡng cũ lên trên mặt lớp đệm để tạo ra mặt bằng đất moong phục vụ cho bước trồng cây cải tạo đất.

Thành phần vật liệu lớp đệm thổ nhưỡng

Lớp đệm thổ nhưỡng thực hiện vai trò chuyển tiếp giữa lớp bùn quặng đuôi mới được san lấp trên moong ở dưới và lớp thổ nhưỡng cũ ở trên và đóng vai trò là môi trường để các vi sinh vật có trong lớp thổ nhưỡng cũ phát triển và di chuyển sang lớp bùn đuôi quặng vừa mới đưa lên. Vật liệu tạo ra lớp đệm thổ nhưỡng là bùn đuôi quặng trộn vật liệu hữu cơ bao gồm nhưng không chỉ giới hạn ở rơm rạ, lá cây, mùn cưa, dăm gỗ và vật liệu tro xỉ cũng là chất thải của nhà máy nhiệt điện và khí hóa trong tổ hợp alumin. Theo một phương án, tất cả các hợp chất hữu cơ là chất thải hay phế thải trong vùng đều có thể băm nhỏ trộn đều để làm vật liệu bổ sung vào lớp đệm thổ nhưỡng.

Theo một phương án, tốt hơn là tỷ lệ bùn đuôi quặng/vật liệu hữu cơ/tro xỉ là 2/1/1 mà là tỷ lệ mà các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu sâu rộng để tối ưu giải pháp. Tỷ lệ này đảm bảo độ thấm nước của lớp đệm do vật liệu thô và chất hữu cơ trong đất sau khi vật liệu hữu cơ bị phân hủy, nhờ đó cho phép tạo thuận lợi cho việc trồng cây cải tạo đất.

Thành phần lớp thổ nhưỡng cũ đã được thu gom trước khi khai thác

Theo sáng chế, lớp đất thổ nhưỡng cũ trước khi khai thác quặng được thu gom vào một chỗ. Chiều dày tầng đất thổ nhưỡng trên mặt cắt nguyên khai là khoảng 1-2m, sau làm lớp đệm thổ nhưỡng, lượng còn lại đủ để tạo ra lớp đất trồng bề mặt dày từ 0,6-1,2m. Loại vật liệu này giàu cacbon hữu cơ với OC từ 3 đến 4%, tốt nhất là 3,5%. Ngoài ra, tốt hơn nữa đất có phản ứng chua ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 3,9-4,5$), nghèo kiềm, số lượng vi sinh vật trong đất rất cao từ $4.10^5-1.10^7$ CFU/g đất.

Đất ở các moong phục hồi theo các giải pháp kỹ thuật đã biết chỉ có thể trồng cây keo có giá trị kinh tế thấp. Trái lại, đất được cải tạo phục hồi theo giải pháp của sáng chế có giá trị dinh dưỡng cao, nhờ việc tối ưu hóa các yếu tố trên đây, thích hợp để trồng các loại cây có giá trị kinh tế cao, kể cả các trang trại nông nghiệp công nghệ cao bằng cách tạo ra tầng đệm thổ nhưỡng để cây trồng có thể hút được chất dinh dưỡng của tầng bùn đuôi quặng dày sau khi phục hồi.

Theo một phương án, sáng chế còn bao gồm việc thiết kế cột vật liệu giữ ẩm và cung cấp chất dinh dưỡng cho cây trồng, trước khi tiến hành tạo lớp đệm thổ nhưỡng.

Theo phương án khác nữa, cột vật liệu giữ ẩm có hình trụ với kích thước đường kính 10cm và chiều cao tối thiểu 100cm tính đến bề mặt lớp bùn đuôi quặng (độ sâu 100 cm tính từ bề mặt lớp bùn đuôi quặng).

Theo phương án khác nữa, cột vật liệu giữ ẩm được nhồi bằng vật liệu của cột giữ ẩm bao gồm tro bay, tro xỉ và vật liệu hữu cơ với tỷ lệ khối lượng của tro bay/tro xỉ/vật liệu hữu cơ là 3/4/3.

Theo phương án khác nữa, cột vật liệu giữ ẩm được tạo ra bằng cách sử dụng ống thép hình trụ đóng sâu xuống 1m, đưa lớp bùn đuôi quặng lên và nhồi vật liệu xuống thành cột.

Theo phương án khác nữa, khoảng cách giữa các cột vật liệu giữ ẩm là 5m x 5m để tạo ra mạng lưới cột giữ ẩm trên toàn bộ diện tích khai thác có tác dụng như là hệ thống bồn chứa nước có thể giữ ẩm mang tính liên thông hạn chế, giúp cây trồng ổn định và phát triển tự nhiên mà không cần tưới nước. Đây là một trong các dấu hiệu mới và sáng tạo của sáng chế, cùng với các dấu hiệu được mô tả trên đây, so với các giải pháp đã biết.

Theo một phương án khác, lớp bùn đuôi quặng, đôi khi còn được gọi là lớp bùn sét, đã khô cứng có chiều dày từ 10 đến 15m.

Theo phương án khác nữa, lớp đệm thổ nhưỡng, có thành phần bao gồm bùn đuôi quặng, vật liệu hữu cơ, vật liệu thô có chức năng gắn kết lớp bùn sét với lớp thổ nhưỡng cũ trước khi khai thác quặng trên đây, có chiều dày 0,3 đến 1,0m.

Theo phương án khác, tro xỉ nhà máy nhiệt điện trên đây là tro xỉ nhà máy sản xuất nhôm (Alumin).

Trồng cây cải tạo đất

Trong bước này về nguyên tắc là xây dựng thảm thực vật nhân tạo phù hợp với loạt diễn thế sinh thái phục hồi tại vùng khí hậu và thổ nhưỡng nơi khai thác. Tập đoàn cây được chọn sẽ phát triển phù hợp với điều kiện sinh thái môi trường và tự diễn thế phát triển phục hồi trở lại trạng thái vốn có trước kia của hệ sinh thái rừng vốn có. Thời gian thực hiện chức năng sinh thái từ năm thứ 03 trở đi. Ưu tiên các cây cải tạo đất phải là các loài cây có khả năng phủ xanh đất phù hợp với điều kiện lập địa của khu vực, đồng thời tạo ra sinh khối nhanh, tích lũy đạm tự nhiên cho đất.

Cụ thể, tập đoàn cây cải tạo đất là loài cây có khả năng tăng sinh khối nhanh, có khả năng tích lũy N và P lớn từ môi trường xung quanh. Tạo lớp phủ thảm thực vật hỗn hợp như cấu trúc trảng cỏ cây bụi tiên phong trong loạt diễn thế phục hồi gồm cây thân cỏ, cây bụi và cây gỗ nhỏ. Sau 03 năm đảm bảo các cây trồng phát huy được chức năng sinh thái môi trường, phủ xanh đất trống, cải thiện chế độ dinh dưỡng và các điều kiện cơ lý đất, sẵn sàng cho lớp thổ nhưỡng đủ điều kiện để sử dụng đa mục đích như phục hồi rừng, trồng cây lâu năm đa dạng, trồng cây nông nghiệp và cây công nghiệp v.v.

Theo một phương án cụ thể, bước trồng cây cải tạo đất được tiến hành với việc trồng cây cải tạo đất bao gồm các nhóm cây có tốc độ phát

triển nhanh sinh khối và phủ nhanh mặt đất được chọn từ nhóm bao gồm cây keo dậu (*Leucoena leucocephala* (Lam.) de Wit), sắn dây rừng (*Pueraria thomsoni* Benth), Muồng đen (*Senna siamea* (Lam.) H.S.Irwin & Barneby), thảo quyết minh (*Senna obtusifolia* (L.) H.S.Irwin & Barneby.), dáng hương ần (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz), lim xẹt (*Peltophorum pterocarpum* (DC.) K. Heyne), gỗ mật (*Sindora siamensis* Teysm. ex Mig. var *siamensis*), xoan chịu hạn (*Azadirachta indica* Juss.).

Theo phương án khác, việc trồng cây cải tạo đất còn bao gồm việc trồng cây có giá trị kinh tế, cây công nghiệp hay trang trại sau thời gian 2 đến 4 năm tiến hành trồng cây cải tạo đất. Theo phương án khác nữa, cây có giá trị kinh tế, cây công nghiệp hay trang trại được chọn từ nhóm bao gồm cỏ voi (*Pennisetum purpureum*), cỏ ghi nê (*Panicum maximum*), bởi lời nhót (*Litsea glutinosa* (Lour.) C. B. Rob., 1911), vàng đắng (*Coscinium fenestratum* (Gaertn.) Colebr.), tô mộc (*Caesalpinia sappan* L.), mã tiền quạ (*Strychnos nux-blanda* Hill.), me rừng, chùm ruột núi (*Phyllanthus emblica* L.), Cây Sao đen (*Hopea odorata* Roxb.), dầu đồng (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb), dầu trà beng (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm.), Trám lá đỏ (*Canarium subulatum* Guill.), chiêu liêu nghệ (*Terminalia triptera* Stapf.), cây xoài, cây bơ (*Persea Americana* Mill., 1768), điều, đào lộn hột, cây thực phẩm, rau màu bao gồm sắn dây, ngô, khoai lang, lạc và cây công nghiệp ngắn ngày khác.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sau đây, sáng chế còn được mô tả thông qua các ví dụ chỉ với mục đích minh họa cho sáng chế mà không làm giới hạn phạm vi của sáng chế.

Ví dụ 1: Phục hồi đất trên moong sau khai thác Bauxit

Việc phục hồi đất trong ví dụ này được thực hiện theo phương pháp và các bước như được mô tả trên đây.

Cụ thể, moong sau khai thác Bauxit thường tạo thành các hố trứng sâu từ 10 đến 15m so với địa hình ban đầu. Do đó, tiến hành chọn nơi thích hợp để tiến hành xây dựng các hồ chứa bùn đuôi quặng. Thuận lợi nhất và được chọn trong ví dụ này cho việc xây dựng hồ chứa bùn đuôi quặng là moong khai thác nằm hai bên hợp thủy và xây dựng thành hồ chứa quặng đuôi bằng đập chắn phía hạ lưu hợp thủy.

Sau khi hoàn thành hồ chứa, tiến hành san phẳng mặt bằng đáy moong, thông dụng là sử dụng máy ủi, lắp đặt đường ống dẫn bùn từ bể lắng của nhà máy tuyển vào hồ chứa bùn đuôi quặng vừa xây dựng xong, cũng như mương dẫn nước trong từ hồ bùn đuôi quặng tuần hoàn trở về nhà máy tuyển.

Sau đó, tiến hành bơm bùn đuôi quặng từ bể lắng của nhà máy tuyển quặng bằng bơm công nghiệp có công suất phù hợp với lưu lượng bơm và

khoảng cách giữa nhà máy tuyển và hồ chứa bùn đuôi quặng. Bùn đuôi quặng được bơm chứa:

khoáng vật sét bao gồm Monmorilonit, Kaolinit, Ilit chiếm khoảng 45% trọng lượng,

khoáng vật Gipxit dưới dạng hạt mịn với kích thước nhỏ hơn 2mm khoảng 30%, khoáng vật Goethit chiếm khoảng 20%,

phần còn lại là thạch anh và silicat chưa hòa tan.

Sau khi hồ chứa bùn đuôi quặng đầy thì dừng bơm và tiến hành loại bỏ phần nước thừa để hồ mau khô cứng.

Khi hồ chứa bùn đuôi quặng đã khô cứng, tiến hành tạo lớp đệm thổ nhưỡng bằng cách:

bổ sung vật liệu hữu cơ bao gồm rơm rạ, mặt cưa, vỏ bào, lá cây, và có thể sử dụng chất thải hay phế thải được băm nhỏ trộn đều để làm vật liệu bổ sung vào lớp đệm thổ nhưỡng, và vật liệu thô là tro xỉ nhà máy điện một lớp dày từ 0,3 đến 0,5m;

sau đó sử dụng máy xáo trộn đất để trộn đều phần vật liệu bổ sung với lớp bùn đuôi quặng ở trên mặt hồ chứa để tạo ra lớp đệm thổ nhưỡng có chiều dày từ 0,6 đến 1,0m với thành phần chính là vật liệu hữu cơ, bùn đuôi quặng và vật liệu thô. Bùn đuôi quặng, vật liệu thô, vật liệu hữu cơ được phối trộn theo tỷ lệ khối lượng của bùn đuôi quặng/vật liệu thô/vật liệu hữu cơ là 2/1/1.

Lớp đệm này giữ vai trò liên kết tầng thổ nhưỡng ở trên với toàn bộ bùn đuôi quặng nằm dưới trong hồ chứa.

Sau khi tạo được lớp đệm thổ nhưỡng như trên, tiến hành phủ lớp đất thổ nhưỡng cũ mà được thu hồi trước đó trong giai đoạn đầu của quá trình khai thác Bauxit lên trên tầng đệm thổ nhưỡng. Chiều dày của tầng đất thổ nhưỡng cũ được phủ lên có thể dày từ 0,3 đến 1m tùy thuộc vào khối lượng đất thổ nhưỡng cũ đã thu hồi được. Đất thổ nhưỡng cũ trước khi khai thác quặng theo quy trình khai thác được thu gom và lưu trữ là đất thổ nhưỡng giàu cacbon hữu cơ (hàm lượng cacbon hữu cơ - OC) là 3,5%, đất có phản ứng chua, nghèo kiềm với độ chua trao đổi (pH_{KCl}) là 4,0, số lượng vi sinh vật trong đất cao từ 4.10^5 đến 1.10^7 CFU/g đất.

Sau đó, tiến hành lựa chọn và trồng cây cải tạo đất bao gồm các nhóm cây có tốc độ phát triển nhanh sinh khối và phủ nhanh mặt đất là Keo dậu (*Leucoena leucocephala* (Lam.) de Wit), sắn dây rừng (*Pueraria thomsoni* Benth), Muồng đen (*Senna siamea* (Lam.) H.S.Irwin & Barneby).

Sau khoảng 2 đến 4 năm đất ổn định, tiến hành phát quang và tỉa chọn nhóm cây cải tạo đất nói trên để trồng cây công nghiệp và cây rừng có giá trị cao. Cây trồng theo các hướng sau:

- Trồng cây công nghiệp có giá trị cao: macca, cà phê, cam, bưởi;
- Trồng cây lấy gỗ có giá trị cao: đáng hương ấn (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz), lim xẹt (*Peltophorum pterocarpum* (DC.) K. Heyne), gỗ mật (*Sindora siamensis* Teysm. ex Mig. var *siamensis*), xoan chịu hạn (*Azadirachta indica* Juss.).

Ví dụ 2: Phục hồi đất trên moong sau khai thác Bauxit

Tương tự ví dụ 1.

Trong ví dụ này, moong sau khai thác Bauxit là moong trũng sâu 10m so với địa hình ban đầu.

Sau khi hoàn thành hồ chứa, tiến hành san phẳng mặt bằng đáy moong, sử dụng máy ủi, lắp đặt đường ống dẫn bùn từ bể lắng của nhà máy tuyển vào hồ chứa bùn đuôi quặng vừa xây dựng xong, cũng như mương dẫn nước trong từ hồ bùn đuôi quặng tuần hoàn trở về nhà máy tuyển.

Sau đó, tiến hành bơm bùn đuôi quặng từ bể lắng của nhà máy tuyển quặng bằng bơm công nghiệp có công suất phù hợp với lưu lượng bơm và khoảng cách giữa nhà máy tuyển và hồ chứa bùn đuôi quặng. Bùn đuôi quặng được bơm chứa:

khoáng vật sét bao gồm Monmorilonit, Kaolinit, Ilit chiếm khoảng 45% trọng lượng,

khoáng vật Gipxit dưới dạng hạt mịn với kích thước nhỏ hơn 2mm khoảng 30%, khoáng vật Goethit chiếm khoảng 20%,

phần còn lại là thạch anh và silicat chưa hòa tan.

Sau khi hồ chứa bùn đuôi quặng đầy thì dừng bơm và tiến hành loại bỏ phần nước thừa để hồ mau khô cứng.

Khi hồ chứa bùn đuôi quặng đã khô cứng, tiến hành tạo lớp đệm thổ nhưỡng bằng cách:

bổ sung vật liệu hữu cơ bao gồm rơm rạ, mặt cưa, vỏ bào, lá cây, và có thể sử dụng chất thải hay phế thải được băm nhỏ trộn đều để làm vật liệu bổ sung vào lớp đệm thổ nhưỡng, và vật liệu thô là tro xỉ nhà máy điện một lớp dày 0,3m;

sau đó sử dụng máy xáo trộn đất để trộn đều phần vật liệu bổ sung với lớp bùn đuôi quặng ở trên mặt hồ chứa để tạo ra lớp đệm thổ nhưỡng có chiều dày 1,0m với thành phần chính là vật liệu hữu cơ, bùn đuôi quặng và vật liệu thô. Bùn đuôi quặng, vật liệu thô, vật liệu hữu cơ được phối trộn theo tỷ lệ khối lượng của bùn đuôi quặng/vật liệu thô/vật liệu hữu cơ là 2/1/1.

Lớp đệm này giữ vai trò liên kết tầng thổ nhưỡng ở trên với toàn bộ bùn đuôi quặng nằm dưới trong hồ chứa.

Lớp đệm này giữ vai trò liên kết tầng thổ nhưỡng ở trên với toàn bộ bùn đuôi quặng nằm dưới trong hồ chứa.

Sau khi tạo được lớp đệm thổ nhưỡng như trên, tiến hành phủ lớp đất thổ nhưỡng cũ mà được thu hồi trước đó lên trên tầng đệm thổ nhưỡng. Chiều dày của tầng đất thổ nhưỡng cũ được phủ lên dày 0,5m. Đất thổ nhưỡng cũ trước khi khai thác quặng theo quy trình khai thác được thu gom và lưu trữ là đất thổ nhưỡng giàu cacbon hữu cơ (hàm lượng cacbon hữu cơ - OC) là 4%, đất có phản ứng chua, nghèo kiềm với độ chua trao đổi (pH_{KCl}) là 4,0, số lượng vi sinh vật trong đất cao từ 4.10^5 đến 1.10^7 CFU/g đất.

Sau đó, tiến hành lựa chọn và trồng cây cải tạo đất là cây bất kỳ như được mô tả trên đây, bao gồm cây keo dậu (*Leucoena leucocephala* (Lam.) de Wit), sắn dây rừng (*Pueraria thomsoni* Benth), muồng đen (*Senna siamea* (Lam.) H.S.Irwin & Barneby), thảo quyết minh (*Senna obtusifolia* (L.) H.S.Irwin & Barneby.), dướng hương ấn (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz), lim xẹt (*Peltophorum pterocarpum* (DC.) K. Heyne), gõ mật (*Sindora siamensis* Teysm. ex Mig. var *siamensis*), xoan chịu hạn (*Azadirachta indica* Juss.).

Sau khoảng 3 năm đất ổn định, tiến hành phát quang và tía chọn nhóm cây cải tạo đất bất kỳ bao gồm cây có giá trị kinh tế, cây công nghiệp hay trang trại được chọn từ nhóm bao gồm cỏ voi (*Pennisetum purpureum*), cỏ ghi nê (*Panicum maximum*), bởi lời nhót (*Litsea glutinosa* (Lour.) C. B. Rob., 1911), vàng đắng (*Coscinium fenestratum* (Gaertn.) Colebr.), tô mộc (*Caesalpinia sappan* L), mã tiền quạ (*Strychnos nux-blanda* Hill.), me rừng, chùm ruột núi (*Phyllanthus emblica* L.), Cây Sao đen (*Hopea odorata* Roxb.), dầu đồng (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb), dầu trà beng (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm.), trám lá đỏ (*Canarium subulatum* Guill.), chiêu liêu nghệ (*Terminalia triptera* Stapf.), cây xoài, cây bơ (*Persea Americana* Mill., 1768), điều, đào lộn hột, cây thực phẩm, rau màu bao gồm sắn dây, ngô, khoai lang, lạc và cây công nghiệp ngắn ngày khác.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

Để minh họa và làm rõ hơn nữa các dấu hiệu mới khác biệt và hiệu quả có lợi của sáng chế, giải pháp kỹ thuật theo sáng chế còn được thể hiện so sánh với các giải pháp kỹ thuật đã biết như được thể hiện trong Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1

Bước/vấn đề thực hiện	Giải pháp đã biết	Giải pháp theo sáng chế
-----------------------	-------------------	-------------------------

Xây dựng hồ chứa bùn đuôi quặng	Xây dựng hồ chứa bùn đuôi quặng trong các thủy vực (suối) trong khu vực	Xây dựng hồ chứa bùn đuôi quặng trên các moong sau khi khai thác hết quặng Bauxit
Bơm bùn đuôi quặng vào hồ chứa từ bể lắng của nhà máy tuyển	Dùng bơm và hệ thống ống bơm bùn đuôi quặng và các hồ chứa bùn đuôi quặng thường nằm ở phần đất thấp hơn so với bể lắng của nhà máy tuyển quặng Bauxit; dùng bơm tuần hoàn lại nước từ hồ bùn đuôi quặng đến nhà máy tuyển	Dùng bơm và hệ thống ống bơm bùn đuôi quặng và các hồ chứa bùn đuôi quặng thường nằm ở phần đất cao hơn so với bể lắng của nhà máy tuyển quặng Bauxit; dùng kênh và mương tuần hoàn lại nước từ hồ bùn đuôi quặng đến nhà máy tuyển
Để hồ bùn đuôi quặng khô cứng		
Phục hồi khai trường/moong khai thác	Các moong sau khi khai thác chỉ san bằng và đổ lên trên đó một lớp đất thổ nhưỡng cũ đã thu hồi trước khi khai thác, có chiều dày khoảng 0,5-1,0m	Các moong khai thác đã được lấp đầy bằng bùn đuôi quặng sẽ được cải tạo phục hồi bằng ba lớp mới: - Lớp bùn sét là bùn đuôi quặng đã khô cứng, có chiều dày từ 10-15m; - Lớp đệm thổ nhưỡng có thành phần gồm (bùn đuôi quặng, vật liệu hữu cơ, vật liệu thô) có chức năng gắn kết lớp bùn sét với lớp thổ nhưỡng cũ ở trên, có chiều dày 0,6-1,0m; - Lớp thổ nhưỡng cũ đã thu hồi trước khi khai thác, có chiều dày khoảng 0,3-0,5m
Trồng cây trên các moong đã phục hồi	Trồng đồng loạt các loại cây keo (keo lai, keo lá tràm, keo tai tượng)	Trồng cây hai giai đoạn: - Trồng cây cải tạo đất (cây phủ đất và tăng sinh khối nhanh); - Trồng cây có giá trị kinh tế, cây công nghiệp hay đất trang trại
Hiệu quả kinh tế-kỹ thuật	- Mất chi phí đền bù đất xây hồ chứa bùn đuôi quặng; - Mất chi phí hóa chất để lắng bùn sét trong các hồ chứa bùn đuôi quặng; - Chi trồng cây keo có giá trị kinh tế thấp	- Giảm chi phí xây dựng hồ chứa bùn đuôi quặng bằng việc sử dụng các moong sau khai thác làm hồ chứa; - Giảm chi phí hóa chất để lắng bùn đuôi quặng trong các hồ chứa bùn đuôi quặng nằm trong các lưu vực suối, hồ; - Đất sau khi phục hồi có thể trồng được nhiều loại cây có giá trị kinh tế cao
Hiệu quả xã hội	- Khả năng tiếp cận của người dân về đất sau khi kết thúc khai thác Bauxit là khó khăn	- Người dân có khả năng thuê hoặc mua lại đất đã phục hồi để phát triển kinh tế trang trại hay trồng rừng cây có giá trị kinh tế cao.

Như được thể hiện trong Bảng 1, sáng chế được tạo ra với việc nghiên cứu, cải tiến đề xuất các bước và điều kiện thực hiện được tối ưu để tạo ra các hiệu quả kỹ thuật có lợi. Cụ thể:

- Về sử dụng đất: giải pháp kỹ thuật theo sáng chế cho phép các nhà máy alumin không cần phải trả chi phí đền bù đất xây dựng các hồ chứa bùn đuôi quặng mà có thể sử dụng các moong sau khi khai thác hết quặng làm hồ chứa bùn đuôi quặng, nhờ đó tận dụng diện tích đang trong quyền sử dụng đất của doanh nghiệp một cách hiệu quả.

- Về sử dụng bùn đuôi quặng: bùn đuôi quặng là chất thải cần phải kiểm soát và quản lý. Trong giải pháp theo sáng chế, bùn đuôi quặng được sử dụng làm chất dinh dưỡng để phục hồi đất trên các moong khai thác. Việc sử dụng bùn đuôi quặng làm vật liệu cải tạo đất không chỉ giúp giải quyết các vấn đề về môi trường mà còn thay đổi quan niệm về chất thải bùn đuôi quặng.

- Về chất lượng đất: đất ở các moong phục hồi theo các giải pháp kỹ thuật đã biết chỉ có thể trồng cây keo có giá trị kinh tế thấp. Trái lại, đất được cải tạo phục hồi theo giải pháp của sáng chế có giá trị dinh dưỡng cao, thích hợp để trồng các loại cây có giá trị kinh tế cao, kể cả các trang trại nông nghiệp công nghệ cao bằng cách tạo ra tầng đệm thổ nhưỡng để cây trồng có thể hút được chất dinh dưỡng của tầng bùn đuôi quặng dày sau khi phục hồi.

- Về địa hình cảnh quan: giải pháp kỹ thuật đã biết đề xuất giữ lại địa hình lồi lõm của quá trình khai thác Bauxit do các moong sau khi lấy quặng đi không được bổ sung vật liệu để san bằng. Trái lại, trong giải pháp theo sáng chế, địa hình lồi lõm của quá trình khai thác sẽ được phủ và san bằng bằng bùn đuôi quặng, nhờ đó cho phép tận dụng bùn đuôi quặng một cách triệt để để san lấp địa hình các moong sau khi khai thác.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Giải pháp có khả năng ứng dụng lớn, đặc biệt thích hợp trong điều kiện nước ta, vì hiện nay diện tích khai trường sau khai thác của hai Tổ hợp Nhôm Lâm Đồng và Nhôm Đắk Nông khoảng trên 100 ha. Như vậy, mỗi năm có ít nhất 100 ha các moong Bauxit sau khai thác đang để lãng phí dưới dạng các hố đào sâu trên mặt địa hình hay chỉ là các hố trồng các cây keo ít có giá trị kinh tế.

Việc phục hồi các moong khai thác Bauxit bằng bùn đuôi quặng theo sáng chế có thể tạo ra hàng trăm ha đất chất lượng tốt, giàu dinh dưỡng để trồng các loại cây có giá trị kinh tế cao. Tạo ra một hướng đi mới trong sản xuất nông lâm nghiệp, ví dụ ở các tỉnh Tây Nguyên, giúp ổn định kinh tế nông thôn và phát triển bền vững có tầm quan trọng chiến lược này.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp phục hồi đất trên đáy mỏ (moong) khai thác Bauxit bao gồm các bước:

i) lựa chọn moong khai thác và chuẩn bị mặt bằng tiếp nhận bùn đuôi quặng, trong đó:

lựa chọn moong khai thác Bauxit sử dụng để tiếp nhận bùn đuôi quặng là moong nằm trên mặt bằng tương đối phẳng với độ dốc không vượt quá 20° , ta luy âm (phần đường hay moong khai thác phải thêm nguyên vật liệu để làm bằng đường hoặc moong) và ta luy dương (phần cao của đường hay moong khai thác phải xẻ cắt để làm bằng đường hoặc moong) của moong không bị sạt lở;

tiến hành san gạt moong cho bằng phẳng, kè, tạo đập chắn bùn;

lắp đặt đường ống bơm bùn đuôi quặng từ bể lắng nhà máy tuyển và đường tuần hoàn nước từ moong chứa bùn đuôi quặng trở lại nhà máy khi thực hiện thao tác bơm bùn;

ii) tiến hành bơm bùn đuôi quặng vào moong khai thác đã được chuẩn bị, trong đó:

tiến hành bơm bùn đuôi quặng vào moong tiếp nhận cho đến khi moong tiếp nhận đủ lượng bùn;

tách loại nước thừa còn lại trên moong để bùn trong moong trở nên khô, rắn chắc; và

trong đó bùn đuôi quặng chứa:

khoáng vật sét bao gồm Monmorilonit, Kaolinit, Ilit chiếm khoảng 45% trọng lượng,

khoáng vật Gipxit dưới dạng hạt mịn với kích thước nhỏ hơn 2mm khoảng 30%, khoáng vật Goethit chiếm khoảng 20%,

phần còn lại là thạch anh và silicat chưa hòa tan;

iii) tạo ra lớp (tầng) đệm thổ nhưỡng để phục hồi cải tạo đất tại moong khi bùn đuôi quặng được bơm đầy trong các moong đã chuyển sang dạng rắn chắc, trong đó:

tạo ra lớp đệm thổ nhưỡng bằng cách sử dụng vật liệu hữu cơ bao gồm rơm, rạ, lá cây, mùn cưa và vỏ bào, kết hợp với vật liệu thô là tro xỉ nhà máy nhiệt điện và lớp bùn đuôi quặng trên mặt moong, và trộn, xới đều phần vật liệu bao gồm vật liệu hữu cơ và vật liệu thô với lớp bùn đuôi quặng trên mặt moong; và

tiến hành rải tạo lớp đất thổ nhưỡng cũ, mà đã được thu gom trước khi tiến hành khai thác Bauxit, lên trên mặt lớp đệm thổ nhưỡng;

trong đó:

vật liệu tạo ra lớp đệm thổ nhưỡng là bùn đuôi quặng, vật liệu thô, vật liệu hữu cơ theo tỷ lệ khối lượng của bùn đuôi quặng/vật liệu thô/vật liệu hữu cơ là 2/1/1; và

đất thổ nhưỡng cũ trước khi khai thác quặng theo quy trình khai thác được thu gom và lưu trữ, trong đó lớp đất thổ nhưỡng này được chọn là đất thổ nhưỡng giàu cacbon hữu cơ (hàm lượng cacbon hữu cơ - OC) từ 3 đến 4%, đất có phản ứng chua, nghèo kiềm với độ chua trao đổi (pH_{KCl}) là 3,9 đến 4,5, số lượng vi sinh vật trong đất cao từ 4.10^5 đến 1.10^7 CFU/g đất;

iv) trồng cây phục hồi cải tạo đất, trong đó tiến hành trồng cây phục hồi cải tạo đất bao gồm các nhóm cây có tốc độ phát triển nhanh sinh khối và phủ nhanh mặt đất được chọn từ nhóm bao gồm cây keo dậu (*Leucoena leucocephala* (Lam.) de Wit), sắn dây rừng (*Pueraria thomsoni* Benth), Muồng đen (*Senna siamea* (Lam.) H.S.Irwin & Barneby), thảo quyết minh (*Senna obtusifolia* (L.) H.S.Irwin & Barneby.), dướng hương ấn (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz), lim xẹt (*Peltophorum pterocarpum* (DC.) K. Heyne), Gõ mật (*Sindora siamensis* Teysm. ex Mig. var *siamensis*), xoan chịu hạn (*Azadirachta indica* Juss.);

và trong đó:

bước iii) còn bao gồm việc thiết kế, bố trí cột vật liệu giữ ẩm và cung cấp chất dinh dưỡng cho cây trồng, trước khi tiến hành tạo lớp đệm thổ nhưỡng.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó moong khai thác Bauxit là moong sau khai thác Bauxit trong vỏ phong hóa đá bazan Tây Nguyên.

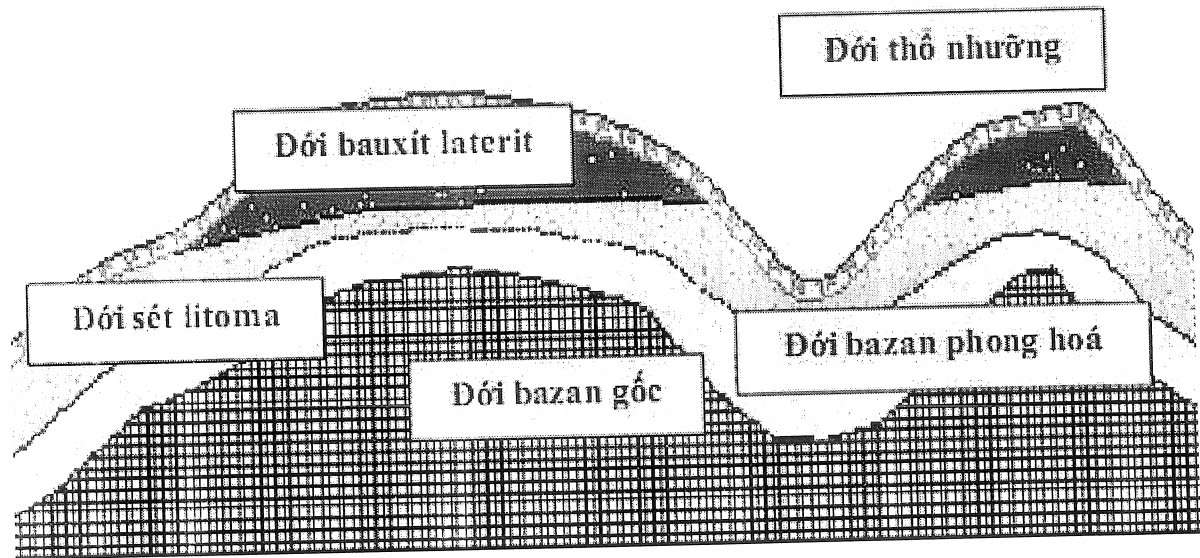
3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó moong khai thác Bauxit được chọn là moong ở vị trí cao hơn bề lảng nhà máy tuyển để nước có thể tự chảy về nhà máy nhờ trọng lực.

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó phần thấp hơn moong khai thác không có các công trình dễ sạt lở.

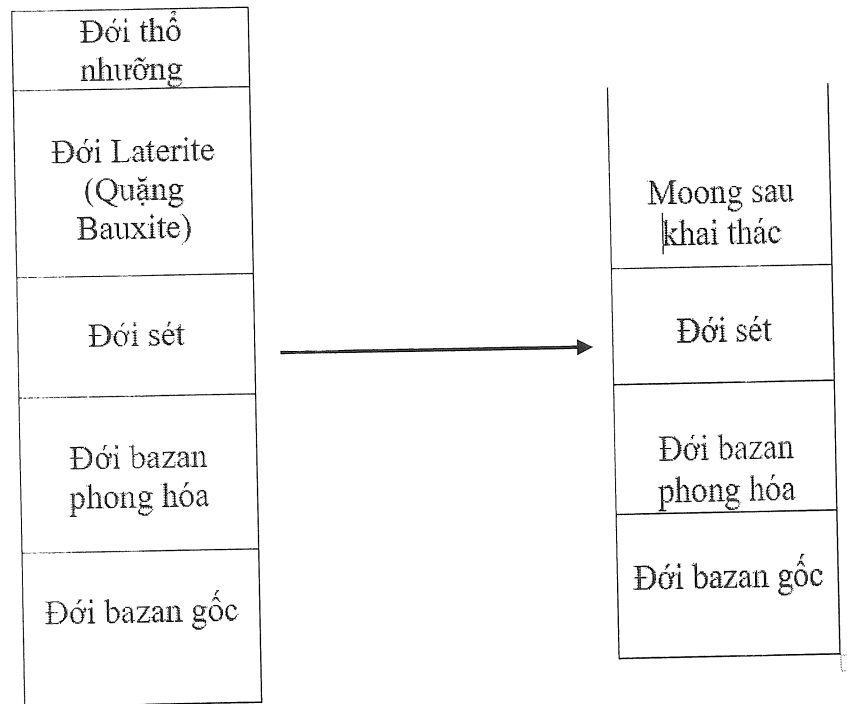
5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó độ sâu (độ trũng) của moong sau khi khai thác Bauxit được xác định trước về cơ bản bằng với chiều dày của ba lớp có tác dụng cải tạo phục hồi đất để tạo độ bằng phẳng cho moong thuận lợi cho việc trồng cây cải tạo đất.

6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó moong sau khi khai thác Bauxit được chọn là moong thường bị trũng so với ban đầu từ 10 đến 20m.

7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước iii) cột vật liệu giữ ẩm có hình trụ với kích thước đường kính 10cm và chiều cao tối thiểu 100cm tính đến bề mặt lớp bùn đuôi quặng (độ sâu 100 cm tính từ bề mặt lớp bùn đuôi quặng).
8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó cột vật liệu giữ ẩm được nhồi bằng vật liệu của cột giữ ẩm bao gồm tro bay, tro xỉ và vật liệu hữu cơ với tỷ lệ khối lượng của tro bay/tro xỉ/vật liệu hữu cơ là 3/4/3.
9. Phương pháp theo điểm 7 hoặc 8, trong đó cột vật liệu giữ ẩm được tạo ra bằng cách sử dụng ống thép hình trụ đóng sâu xuống 1m, đưa lớp bùn đuôi quặng lên và nhồi vật liệu xuống thành cột.
10. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 7 đến 9, trong đó khoảng cách giữa các cột vật liệu giữ ẩm là 5m x 5m để tạo ra mạng lưới cột giữ ẩm trên toàn bộ diện tích khai thác có tác dụng như là hệ thống bồn chứa nước có thể giữ ẩm mang tính liên thông hạn chế, giúp cây trồng ổn định và phát triển tự nhiên mà không cần tưới nước.
11. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 7 đến 10, trong đó lớp bùn đuôi quặng (lớp bùn sét) đã khô cứng có chiều dày từ 10 đến 15m.
12. Phương pháp theo điểm trên đây trong số các điểm nêu trên, trong đó lớp đệm thổ nhưỡng, có thành phần bao gồm bùn đuôi quặng, vật liệu hữu cơ, vật liệu thô có chức năng gắn kết lớp bùn sét với lớp thổ nhưỡng cũ trước khi khai thác quặng trên đây, có chiều dày 0,6 đến 1,0m.
13. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó vật liệu hữu cơ còn bao gồm chất thải hay phế thải được băm nhỏ trộn đều để làm vật liệu bổ sung vào lớp đệm thổ nhưỡng.
14. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó tro xỉ nhà máy nhiệt điện là tro xỉ nhà máy sản xuất nhôm (Alumin).
15. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó đất thổ nhưỡng cũ trước khi khai thác quặng trên đây được chọn là đất thổ nhưỡng giàu cacbon hữu cơ với OC là 3,5%.
16. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó lớp đất thổ nhưỡng cũ trước khi khai thác trên đây được rải có chiều dày khoảng 0,3 đến 1,0m.
17. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó (trong bước iv), việc trồng cây cải tạo đất còn bao gồm việc trồng cây có giá trị kinh tế, cây công nghiệp hay trang trại sau thời gian 2 đến 4 năm tiến hành trồng cây cải tạo đất.

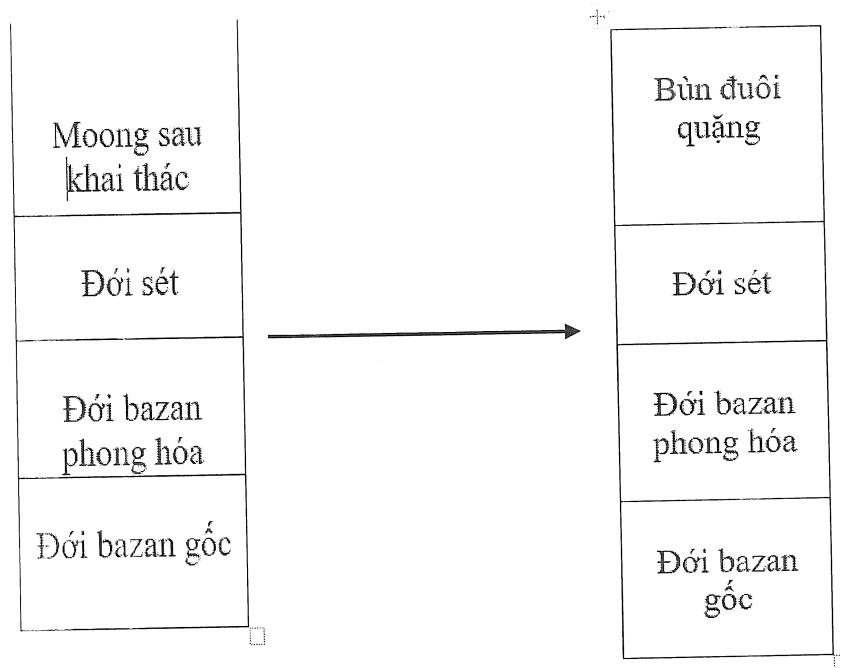


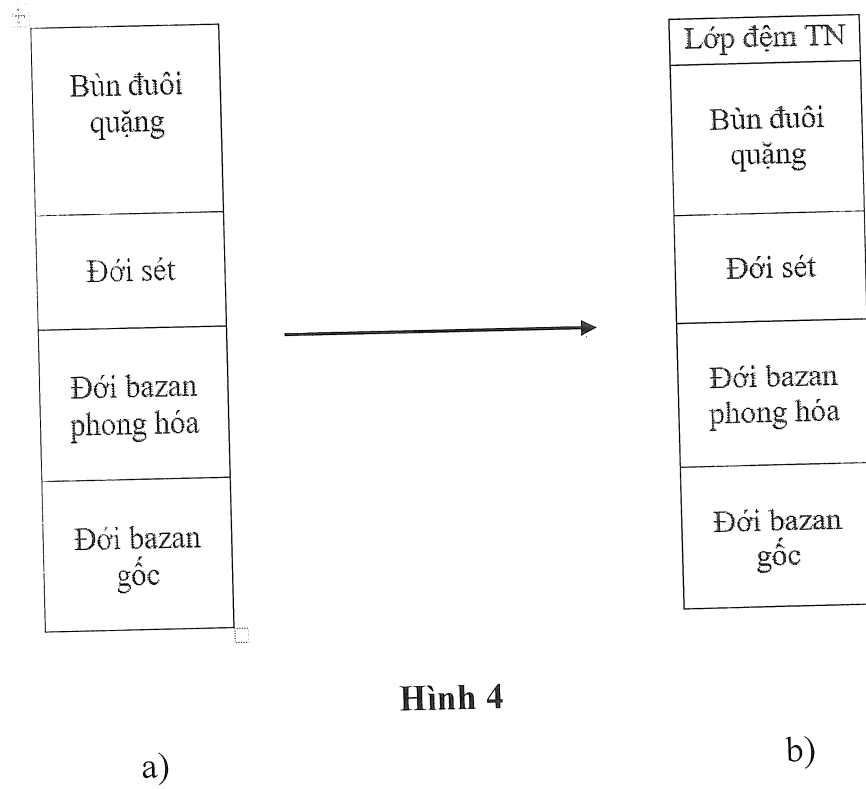
Hình 1

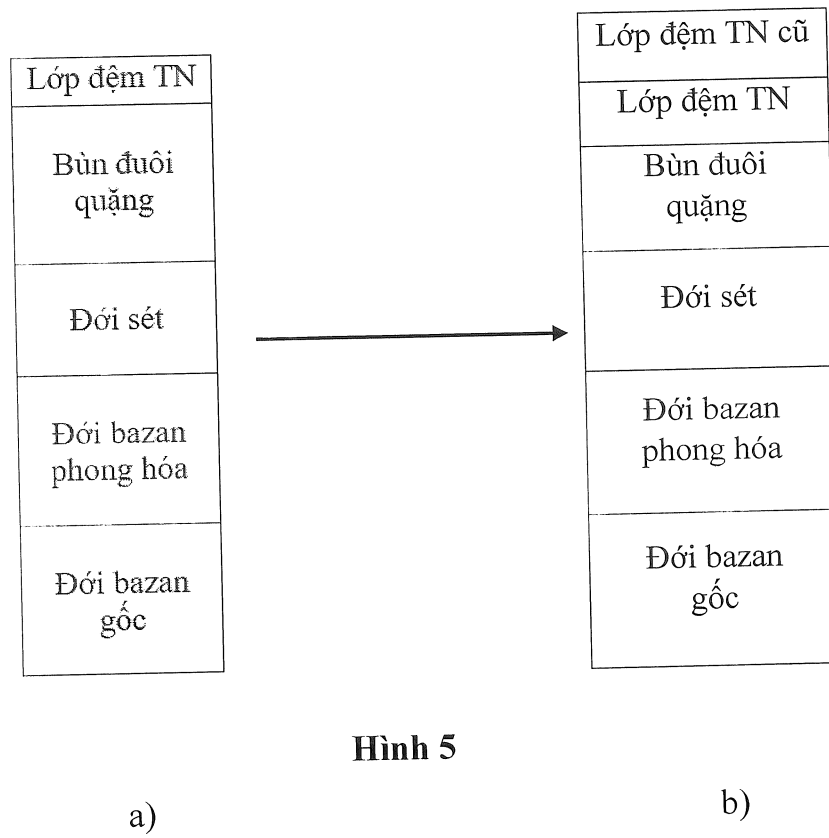
**Hình 2**

a)

b)

**Hình 3**

**Hình 4**

**Hình 5**

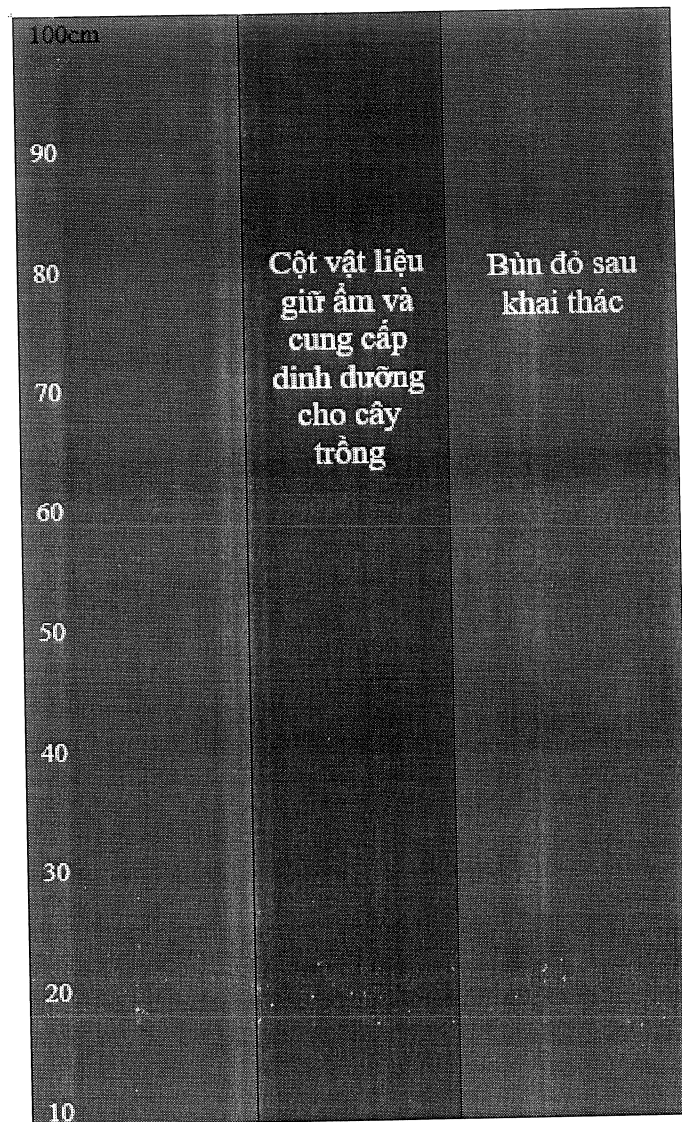
Lớp TN cũ
Lớp đệm TN
Bùn đuôi quặng
Đới sét
Đới bazan phong hóa
Đới bazan gốc

a)

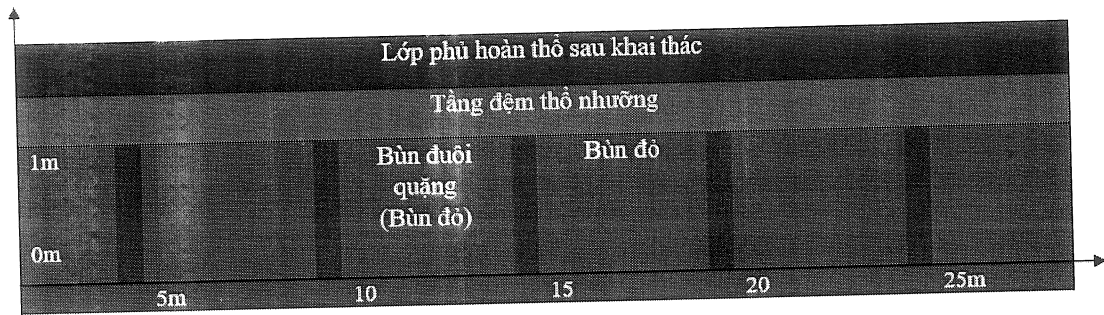

Lớp TN cũ
Lớp đệm TN
Bùn đuôi quặng
Đới sét
Đới bazan phong hóa
Đới bazan gốc

b)

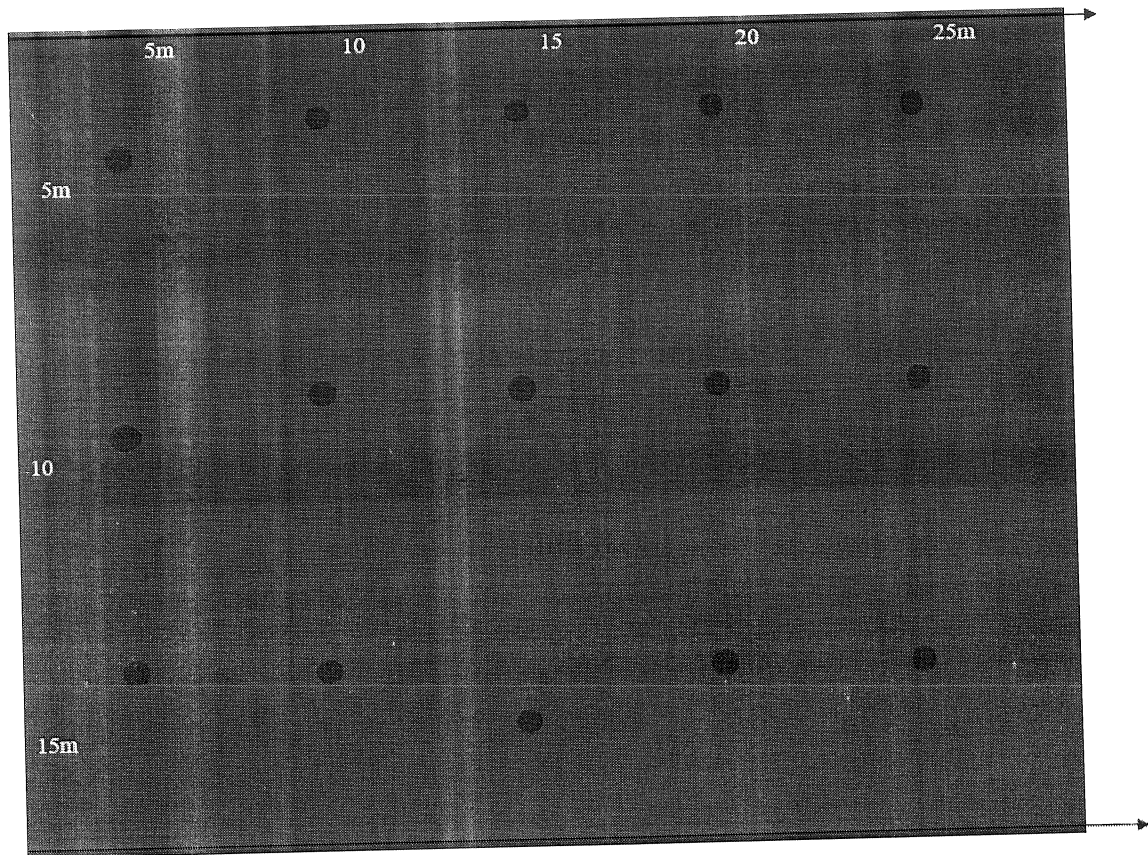
Hình 6



Hình 7



Hình 8a



Hình 8b

- Cột vật liệu giữ ẩm mặt cắt ngang
- Cột vật liệu giữ ẩm mặt cắt dọc