



ĐẶC ĐIỂM CHẤT LƯỢNG VÀ KHẢ NĂNG SỬ DỤNG QUẶNG APATIT LOẠI IV MỎ KHAI TRƯỜNG 25, TỈNH LÀO CAI

Lương Quang Khang, Bùi Thanh Tịnh*

Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 18 Phố Viên, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 03/4/2026

Ngày nhận bài sửa: 15/5/2026

Ngày chấp nhận đăng: 20/5/2026

*Tác giả liên hệ:

Email: buitinhhumg@gmail.com

TÓM TẮT

Quặng apatit loại IV tại khai trường KT25 có trữ lượng khá lớn và có chất lượng quặng tương đối đồng đều với hàm lượng P_2O_5 trung bình đạt 15,18%. Quặng phân bố chủ yếu ở các vỉa V1A, V2, V4 và V5 trong đới nguyên sinh của các tầng Kốc San 4, 6 và 7 thuộc hệ tầng Cam Đường, cấu tạo phân phiến, thành phần khoáng vật khá phức tạp gồm apatit, carbonat, thạch anh, sericit. Thể trọng khô ổn định 2,82-2,86 tấn/m³ và độ ẩm thấp 0,17-0,53% là thông số kỹ thuật nền tảng khác biệt so với quặng phong hóa loại I, III. Bài báo tổng hợp các kết quả phân tích mẫu hóa học cơ bản và kết quả thí nghiệm mẫu công nghệ tuyển nổi, khẳng định khả năng chế biến quặng loại IV thành quặng tinh đạt tiêu chuẩn chất lượng cao phục vụ ngành công nghiệp sản xuất phân bón và hóa chất.

Từ khóa: apatit loại IV, khai trường KT25, Cam Đường, thống kê toán học, tài nguyên khoáng sản

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vùng mỏ apatit Lào Cai là một trong những mỏ phosphat lớn nhất Đông Nam Á, đóng vai trò xương sống cho ngành công nghiệp phân bón và hóa chất cơ bản tại Việt Nam. Sau hơn 60 năm khai thác liên tục, trữ lượng các tầng quặng giàu loại I ($P_2O_5 \geq 28\%$) và loại II ($P_2O_5 \geq 15\%$, đới nguyên sinh tầng Kốc San 5) đang dần cạn kiệt. Trong bối cảnh đó, quặng loại IV - kiểu quặng nguyên sinh nghèo ($P_2O_5 \geq 8\%$) thuộc các tầng Kốc San 4, 6 và 7 nổi lên như nguồn tài nguyên dự phòng chiến lược với trữ lượng lớn nhưng còn chưa được khai thác triệt để do thách thức về công nghệ tuyển nổi và chi phí nghiền mịn.

Vấn đề cấp thiết đặt ra hiện nay là tại khai trường KT25 (xã Bát Xát, tỉnh Lào Cai) có trữ lượng quặng apatit loại IV trên 4,3 triệu tấn, chiếm trên 80% trữ lượng quặng của mỏ nên nếu không có sự đánh giá chất lượng kịp thời và phương án sử dụng hợp lý, toàn bộ trữ lượng quặng này sẽ

phải đổ thải, gây lãng phí tài nguyên, tăng chi phí quản lý bãi thải và tác động tiêu cực đến môi trường [1], [2].

Vì vậy, việc nghiên cứu, làm rõ đặc điểm chất lượng và đánh giá khả năng sử dụng quặng apatit loại IV khai trường 25, tỉnh Lào Cai là hết sức cần thiết và có ý nghĩa quyết định đối với hiệu quả kinh tế và thời gian phục vụ của mỏ.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

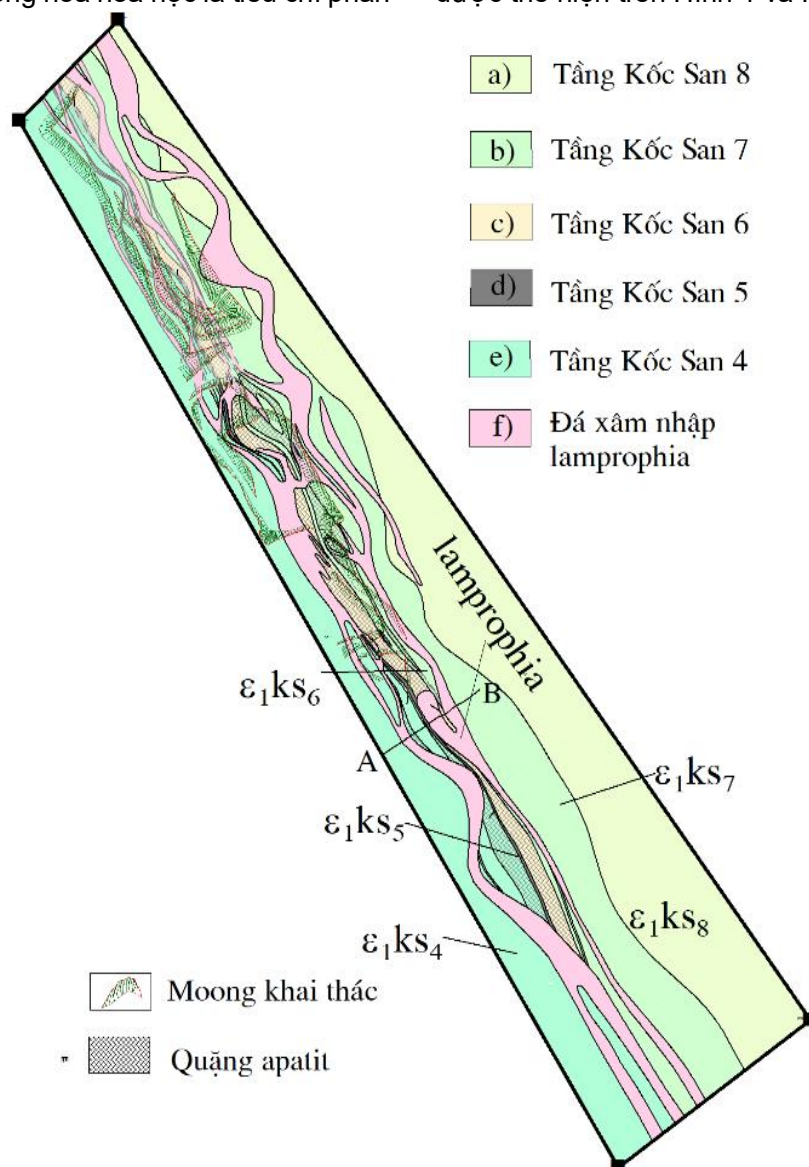
2.1. Tổng quan đặc điểm địa chất khu mỏ

Mỏ khai trường KT25 có diện tích gần 30 ha, nằm trong cấu trúc nếp lồi Po Sen thuộc cánh Đông Bắc phức nếp vòng Hoàng Liên Sơn, bị khống chế bởi đứt gãy Sông Hồng (F1) và Lũng Pô - Tả Phời (F2). Tham gia cấu trúc địa chất mỏ có các thành tạo biến chất từ Arkeozoi đến Paleozoi [3], [4]. Thành tạo quan trọng nhất liên quan đến khoáng hóa apatit là hệ tầng Cam Đường, tuổi Cambri, chiều dày 460–500 m, gồm 3 tập: Tập 1 - đá phiến

sericit giàu vật chất than; Tập 2 - đá phiến carbonat - apatit và thạch anh - sericit chứa quặng apatit công nghiệp; Tập 3 - đá phiến sericit xen đá vôi và quartzit [3], [4], [5].

Trong phạm vi khai trường 25, khoáng sản apatit phân bố trong tầng Kốc San 4 đến Kốc San 7, với ranh giới phong hóa hóa học là tiêu chí phân

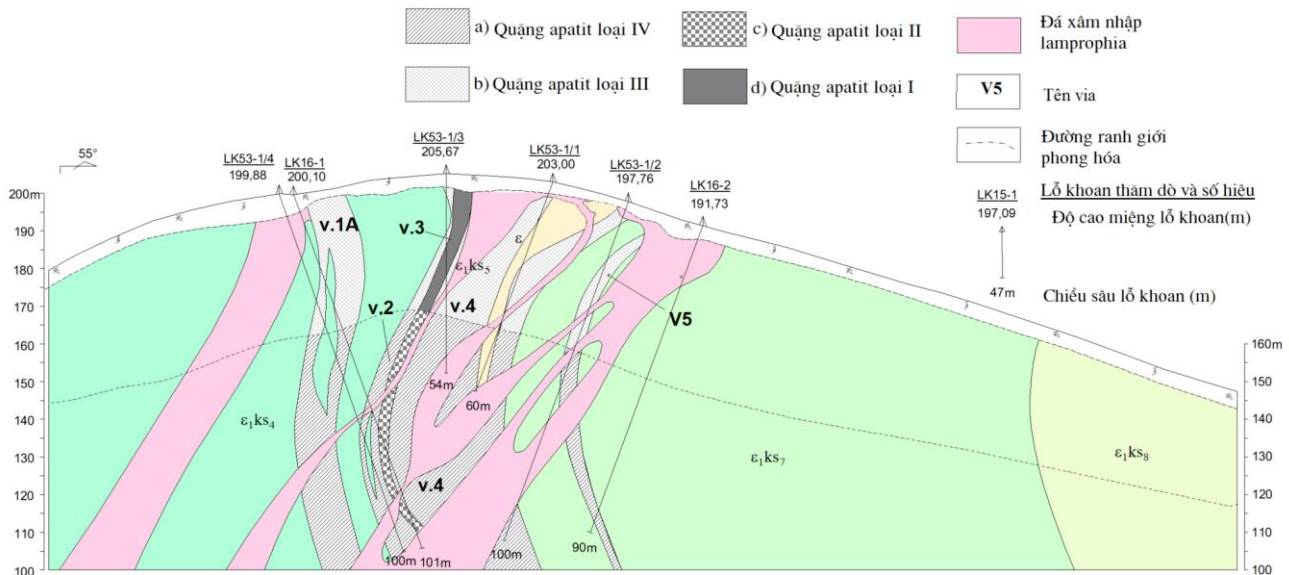
chia quặng thứ sinh (loại I, III) và quặng nguyên sinh (loại II, IV). Ranh giới này uốn lượn theo địa hình [1]. Khai trường 25 có 6 vỉa quặng apatit phân bố kéo dài theo phương tây bắc - đông nam, cắm về đông bắc với góc dốc 40 - 60°. Đặc điểm cấu trúc địa chất mỏ và phân bố các vỉa quặng apatit được thể hiện trên Hình 1 và Hình 2 [1], [2].



Hình 1. Sơ đồ địa chất mỏ Khai trường 25 [3], [5].

a) tầng Kốc San 8: Đá phiến carbonat - xericit - thạch anh; b) tầng Kốc San 7: Đá phiến carbonat thạch anh - apatit, đá phiến apatit thạch anh - carbonat, đá phiến thạch anh apatit - felspat - carbonat; c) tầng Kốc San 6: Đá phiến carbonat apatit - thạch anh, đá phiến thạch anh carbonat -

apatit; d) tầng Kốc San 5: Đá phiến apatit - carbonat - than, e) tầng Kốc San 4: Đá phiến thạch anh carbonat, đá phiến thạch anh mica - than, đá phiến carbonat - apatit - than, đá phiến carbonat - apatit - than; f) đá xâm nhập chưa rõ tuổi: lamprophia.



Hình 2. Mặt cắt ngang địa chất AB qua khu vực nghiên cứu [1], [4], [5].

Thể hiện mối quan giữa các vỉa quặng công nghiệp từ V.1A đến V5. a) quặng apatit loại IV thuộc hệ tầng Kốc San 4,6 và 7. . b) quặng apatit loại III thuộc hệ tầng Kốc San 4, 6 và 7.c) quặng apatit loại II thuộc hệ tầng Kốc San 5.d) quặng apatit loại I thuộc hệ tầng Kốc San 5.

2.2. Đặc điểm địa chất các vỉa quặng apatit

Đặc điểm chung của các vỉa quặng là sự phân hóa rõ rệt thành hai kiểu quặng tự nhiên: quặng phong hóa (đới thứ sinh) và quặng nguyên sinh (đới chưa phong hóa). Trong bài báo này chỉ mô tả 5 vỉa quặng có giá trị công nghiệp [1], [5].

Vỉa 1A nằm trong tầng Kốc San 4, bao gồm quặng loại III (đới phong hóa) và quặng loại IV (đới nguyên sinh). Quặng loại III xuất lộ không liên tục do bị hệ thống đá mạch lamprophyr xuyên cắt mạnh. Chiều dày vỉa từ 1,06m đến 8,03m (trung bình 3,71m).

Vỉa 2 nằm trong tầng Kốc San 4, cách vỉa V1A khoảng 6-25m. Vỉa quặng kéo dài theo phương Tây Bắc - Đông Nam, thể nằm của vỉa có sự thay đổi khá phức tạp với chiều dày biến thiên mạnh từ 1,3 m đến 22,69 m (trung bình 6,31 m), hệ số biến thiên chiều dày là 93,23%, thuộc loại không ổn định. Quặng apatit thuộc vỉa 2 bao gồm 2 loại quặng: quặng loại III nằm trong đới phong hóa và quặng apatit loại IV nằm trong đới nguyên sinh. Quặng loại IV rắn chắc, có màu xám, xám xanh, xám đen; cấu tạo phân phiến, kiến trúc vảy hạt.

Vỉa 3 là thân quặng quan trọng nhất của khu mỏ, phân bố trong tầng Kốc San 5, gồm quặng loại phong hóa và quặng nguyên sinh. Quặng phong hóa xuất lộ liên tục theo đường phương kéo dài khoảng 800 m. Chiều dày vỉa trung bình đạt 3,69 m, kéo dài theo phương Tây Bắc - Đông Nam, thân quặng cắm về phía Tây Nam với góc dốc thay đổi 25 - 60°. Quặng nguyên sinh là phần kéo dài theo hướng dốc của quặng phong hóa vào đới nguyên sinh. Chiều dày vỉa 3 thay đổi từ 0,9 m đến 7,39 m; trung bình 3,69 m; hệ số biến thiên chiều dày 46,84%.

Vỉa 4, quặng apatit - thạch anh thuộc phần dưới của tầng Kốc San 6 nằm chỉnh hợp trên vỉa 3 tầng Kốc San 5 và dưới tầng Kốc San 7, kéo dài liên tục dọc theo diện tích khu mỏ khoảng 2.000 m. Đây là thân quặng có quy mô lớn nhất về chiều dày, dao động từ 2,17 m đến 39,75 m, trung bình 15,94 m. Quặng loại III, thân quặng kéo dài theo phương Tây Bắc - Đông Nam, có thể nằm chủ yếu cắm về phía Tây Nam với góc dốc thay đổi 20 - 50°. Quặng mềm, bờ có màu xám tro, xám nâu, xám đen; cấu tạo phân phiến, kiến trúc vảy hạt. Quặng apatit loại IV nằm trong đới nguyên sinh và là phần kéo dài theo hướng dốc của quặng loại III.

Vỉa 5 phân bố ở tầng Kốc San 7, kéo dài khoảng 1.300 m theo phương Tây Bắc - Đông Nam, nằm chỉnh hợp trên vỉa 4 tầng Kốc San 6, Chiều dày trung bình đạt 5,78 m, biến thiên chiều dày khá lớn ($V_m = 74,54\%$). Hàm lượng P_2O_5 của quặng



loại III và loại IV tại vỉa này thấp nhất trong khu mỏ. Quặng nguyên sinh (loại IV) tại đây rất rắn chắc, có cấu tạo phân phiến và kiến trúc hạt nhỏ đến mịn.

2.3. Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này được thực hiện dựa trên việc tổng hợp, phân tích và hệ thống hóa dữ liệu từ các giai đoạn thăm dò địa chất tại khai trường 25, bao gồm:

- Tài liệu địa chất mỏ sử dụng trong bài báo là các tài liệu được thu thập, phân tích và tổng hợp từ các báo cáo kết quả thăm dò qua các giai đoạn khác nhau, các tài liệu địa chất cập nhật tại các lỗ khoan thăm dò, thăm dò nâng cấp và trong quá trình khai thác quặng apatit của Công ty cổ phần Tập đoàn Hóa chất Đức Giang. Số liệu để tính toán thống kê, thành lập các bản đồ, biểu đồ được xác lập từ các tài liệu thu thập trong các công trình thăm dò đã tiến hành trên tại khai trường KT25, chủ yếu từ báo cáo kết quả thăm dò năm 2016 và báo cáo kết quả thăm dò nâng cấp năm 2024 [1], [5].

- Dữ liệu thực nghiệm công nghệ tuyển quặng: Các thông số về tính chất công nghệ quặng apatit loại IV được kế thừa từ kết quả thực nghiệm tuyển mẫu đại diện (MS1, MS2) tại khai trường 25 thực hiện tại phòng thí nghiệm của Công ty cổ phần Tập đoàn Hóa chất Đức Giang [1], [5].

2.4. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp toán thống kê một chiều: Được sử dụng để đánh giá đặc điểm phân bố thống kê của các thông số địa chất công nghiệp vỉa quặng apatit. Nội dung của phương pháp được đề cập chi tiết trong công trình [6].

- Trực quan hóa bằng biểu đồ: Số liệu thống kê được thể hiện qua biểu đồ cột nhóm so sánh hàm lượng giữa các loại quặng (Hình 3), biểu đồ phân bố hàm lượng quặng loại IV theo từng vỉa với thanh sai số min - max (Hình 4) và biểu đồ kết quả tuyển nổi (Hình 5).

- Phương pháp hình học mỏ: Sử dụng phương pháp mô hình hóa dạng bản đồ, mặt cắt để nhận thức về đặc điểm hình thái - cấu trúc các vỉa quặng apatit. Kết quả cấu phương pháp hình học mỏ là tài liệu quan trọng để phân tích cấu trúc và đánh giá đặc điểm biến hóa không gian của các vỉa quặng apatit trong mỏ.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm chất lượng và thành phần vật chất quặng apatit loại IV

3.1.1. Phân loại quặng tự nhiên và quặng công nghiệp

Ranh giới phong hóa hóa học là tiêu chí quyết định phân chia quặng apatit thành hai kiểu tự nhiên. Quặng thứ sinh (đới phong hóa, loại I và III) có màu sắc đa dạng từ xám sẫm, nâu gụ đến vàng nâu; thành phần khoáng vật chủ yếu là apatit, thạch anh, ít feldpat và mica; trạng thái mềm bở với độ ẩm cao (13,84–19,42%). Quặng nguyên sinh (đới chưa phong hóa, loại II và IV) rắn chắc, màu xám xanh đến xám đen, thành phần phức tạp apatit-carbonat-thạch anh-sericit; độ ẩm rất thấp (0,17–0,53%) [1]. Hai kiểu quặng này có thể phân biệt dễ dàng bằng quan sát cảm quan qua màu sắc và độ cứng.

Dựa trên đặc điểm thành phần khoáng vật và yêu cầu kỹ thuật công nghiệp, quặng apatit được phân thành 4 loại [1], [2]:

- Quặng loại I (apatit đơn khoáng): phong hóa triệt để tầng Kốc San 5, apatit 80–90%, thạch anh 1–10%; hàm lượng biên $P_2O_5 \geq 28\%$; sử dụng trực tiếp sản xuất superphosphat, photpho;

- Quặng loại II (apatit-carbonat): đới nguyên sinh tầng Kốc San 5, apatit 70–75%, carbonat 18–20%, than 10–15%; hàm lượng biên $P_2O_5 \geq 15\%$; sử dụng trực tiếp sản xuất phân lân nung chảy;

- Quặng loại III (apatit-thạch anh-mica): đới phong hóa tầng Kốc San 4, 6, 7; apatit 25–54%, thạch anh 15–22%, mica 10–35%; hàm lượng biên $P_2O_5 \geq 8\%$; bắt buộc qua tuyển nổi trước khi sử dụng;

- Quặng loại IV (apatit-thạch anh-carbonat-mica): đới nguyên sinh tầng Kốc San 4, 6, 7; apatit 20–43%, carbonat 15–50%, thạch anh ~15%, sericit 13–15%; hàm lượng biên $P_2O_5 \geq 8\%$; bắt buộc qua tuyển nổi, là đối tượng nghiên cứu trọng tâm của bài báo.

3.1.2. Thành phần hóa học

Kết quả phân tích thống kê 1.689 mẫu hóa cơ bản (Bảng 1 và Hình 3) cho thấy sự phân hóa hàm lượng P_2O_5 rõ rệt giữa 4 loại quặng. Quặng loại I có mức độ đồng đều rất cao ($V_c = 10,13\%$ - rất



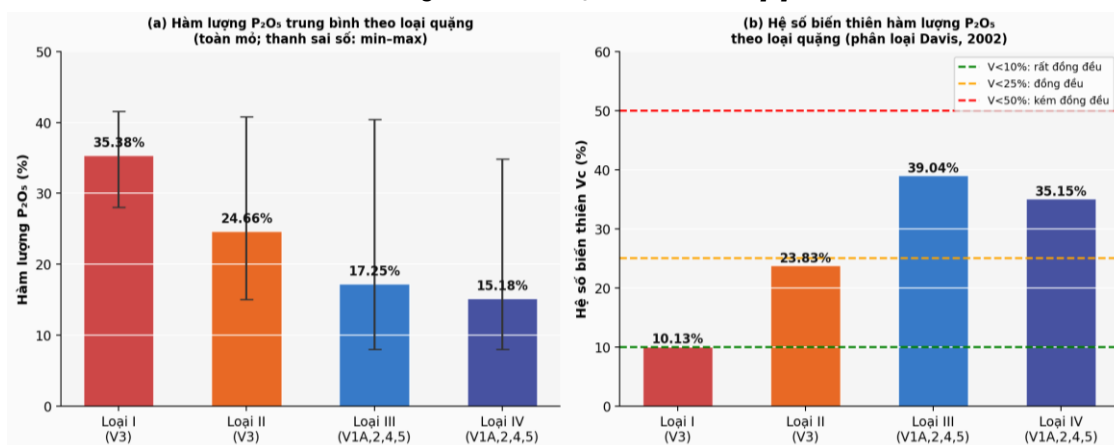
đồng đều), phản ánh quá trình làm giàu tự nhiên ổn định; quặng loại II đồng đều ($V_c = 23,83\%$); trong khi quặng loại III và IV có hệ số biến thiên

hàm lượng cao hơn rõ ràng ($V_c = 39,04\%$ và $35,15\%$) nhưng vẫn thuộc nhóm biến đổi đồng đều.

Bảng 1. Thống kê hàm lượng P_2O_5 theo loại quặng [1], [2]

Loại quặng	Vĩa	Số mẫu	Min (%)	Max (%)	TB (%)	V_c (%)	Phân loại [6]
Loại I	V3	141	28,07	41,60	35,38	10,13	Rất đồng đều
Loại II	V3	70	15,04	40,79	24,66	23,83	Đồng đều
Loại III	V1A,2,4,5	849	8,01	40,46	17,25	39,04	Đồng đều
Loại IV	V1A,2,4,5	629	8,00	34,85	15,18	35,15	Đồng đều

Ghi chú: TB - trung bình; V_c - hệ số biến thiên [6].

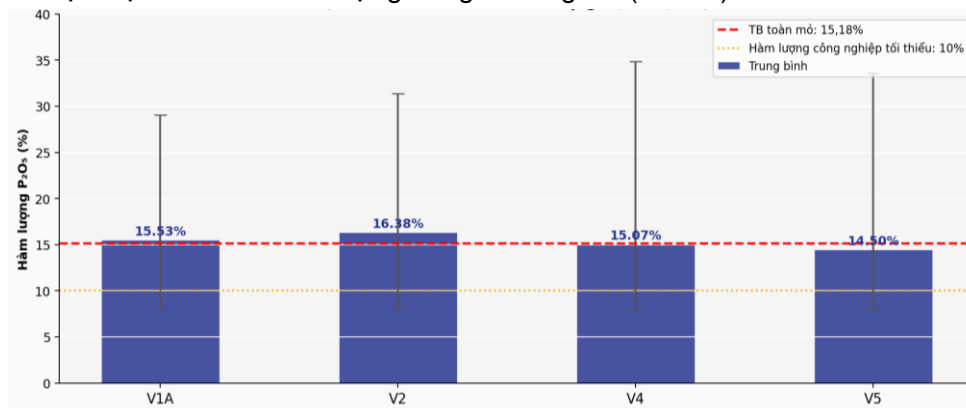


Hình 3. Hàm lượng và hệ số biến thiên P_2O_5 theo loại quặng, khai trường KT25 [1], [2]

(a) Hàm lượng P_2O_5 trung bình (thanh sai số: min-max); (b) Hệ số biến thiên V_c [6]

Trên Hình 3 có thể thấy quặng loại IV có hàm lượng P_2O_5 trung bình 15,18% - thấp hơn loại III (17,25%) nhưng cao hơn hàm lượng biên công nghiệp (8%) và đặc biệt cao hơn hàm lượng trung

bình công nghiệp tối thiểu (10%). Hệ số biến thiên $V_c = 35,15\%$ phản ánh sự biến đổi hàm lượng đồng đều theo không gian. Kết quả phân tích theo từng vỉa (Hình 4) làm rõ bức tranh này hơn.



Hình 4. Hàm lượng P_2O_5 quặng apatit loại IV theo từng vỉa, khai trường KT25 [1], [2]

(thanh sai số: min-max; đường đứt đỏ: TB toàn mô; đường đứt cam: hàm lượng công nghiệp tối thiểu)

Hình 4 cho thấy hàm lượng quặng loại IV dao động 14,50-16,38% giữa các vỉa, nhỉnh nhất ở V2

(16,38%) và thấp nhất ở V5 (14,50%). Sự chênh lệch nhỏ này cho phép thiết lập một sơ đồ công



nghe tuyển chung cho toàn khai trường thay vì xử lý riêng lẻ từng vỉa, giúp tối ưu hóa vận hành nhà máy tuyển. Phạm vi dao động hàm lượng rỗng trong từng vỉa (V4: 8,00-34,85%; V5: 8,00-33,58%) chỉ ra sự không đồng nhất theo chiều sâu, là cơ sở địa chất cho chiến lược phối trộn quặng sẽ trình bày ở mục 3.4 [1], [2].

Kết quả phân tích 41 mẫu hóa nhóm (16 chỉ tiêu) và 60 mẫu ICP (36 nguyên tố) [2]) xác nhận tạp chất có hại được kiểm soát ở mức thấp: MgO trung bình 0,40% (min 0,18%, max 0,64%), Fe_2O_3 trung bình 5,01% (min 3,32%, max 6,98%). Không phát hiện nguyên tố quý hiếm và phóng xạ ở hàm lượng kinh tế. Đây là đặc điểm quan trọng tạo điều

kiện thuận lợi cho tuyển nổi vì giảm thiểu nhiễu loạn từ khoáng vật mạch phức tạp [1].

3.1.3. Đặc tính cơ lý và thể trọng

Quặng loại IV có tính chất cơ lý đặc trưng của đá chưa phong hóa: cường độ kháng nén bão hòa trung bình 608,9 kG/cm² (min 87,4; max 1.556,3 kG/cm²), hệ số kiên cố bão hòa $f = 12,4$, hệ số hóa mềm 0,94. Độ ẩm tự nhiên cực thấp (0,17-0,53%) và thể trọng khô ổn định giữa các vỉa (2,82-2,86 tấn/m³, Bảng 2) phản ánh tính nguyên sinh của đá, đồng thời đây là thông số quan trọng phục vụ tính trữ lượng và thiết kế khai thác lộ thiên [1].

Bảng 2. Thể trọng quặng apatit loại IV theo từng vỉa, khai trường KT25 [1], [2]

Vĩa	Số mẫu	Độ ẩm TB (%)	Thể trọng tự nhiên TB (g/cm ³)	Thể trọng khô TB (g/cm ³)
V1A	2	0,19	2,86	2,85
V2	4	0,17	2,87	2,86
V4	12	0,34	2,83	2,82
V5	2	0,53	2,83	2,82

3.2. Tính chất công nghệ và khả năng sử dụng quặng apatit loại IV

Do hàm lượng P_2O_5 tự nhiên chỉ đạt khoảng trên 15% và chứa nhiều tạp chất cacbonat, thạch anh, quặng apatit loại IV không thể đưa vào sử dụng trực tiếp để sản xuất phân bón hóa học như các quặng loại I hay quặng loại II. Khả năng sử dụng thực tế của loại quặng này phụ thuộc hoàn toàn vào công nghệ tuyển nổi.

Nhằm xác định khả năng làm giàu, Công ty cổ phần Tập đoàn Hóa chất Đức Giang đã tiến hành thí nghiệm mẫu công nghệ tuyển nổi vòng hở và vòng kín đối với quặng loại IV tại KT25, cho thấy các đặc tính kỹ thuật cốt lõi sau:

3.3.1. Độ mịn nghiền giải phóng khoáng vật

Mẫu quặng IV có tính chất rắn chắc cao. Thử nghiệm cho thấy, để giải phóng hoàn toàn các liên tinh mịn giữa apatit và đá mạch, quặng nguyên khai bắt buộc phải trải qua khâu nghiền mịn đạt 100% cấp hạt dưới 0,1mm (tương đương với độ mịn cấp hạt lớn hơn hoặc bằng

0,074 mm chiếm tỷ lệ rất cao). Quá trình này đòi hỏi thời gian nghiền lâu hơn quặng loại III và cần áp dụng hệ thống nghiền bi hai cấp để đảm bảo cỡ hạt tối ưu trước khi nạp vào hệ thống bể tuyển nổi.

3.3.2. Chế độ thuốc tuyển và kết quả thu hồi

Thí nghiệm sử dụng nguồn nước ngọt từ suối Ngòi Đum (Lào Cai) làm môi trường tuyển nổi kết hợp với các loại thuốc điều chỉnh bazo và thuốc tập hợp đặc trưng:

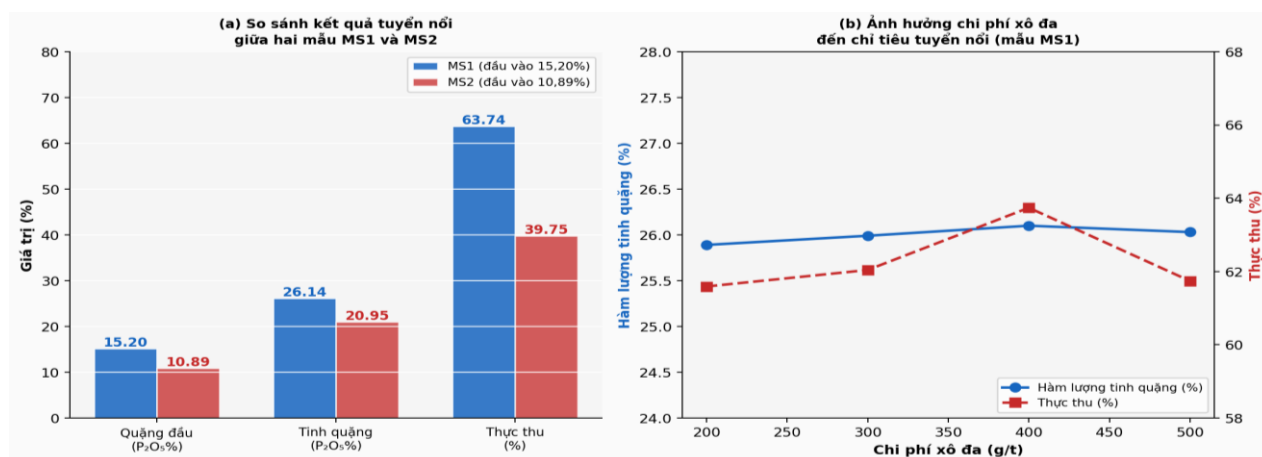
- Thuốc điều chỉnh môi trường và đè chìm đá mạch: Sử dụng xô đa (Na_2CO_3) với chi phí điều lượng khoảng 400kg/tấn quặng và thủy tinh lỏng (TTL) phối hợp với SHMP (Natri Hexametaphotphat) làm chất đè chìm quặng đuôi silic/cacbonat hiệu quả.

- Kết quả tuyển nổi: Kết quả tuyển nổi mẫu MS1 (P_2O_5 đầu vào = 15,20%) và MS2 (10,89%) với bộ thuốc tuyển tối ưu (Bảng 3 và Hình 5) cho thấy sự khác biệt lớn giữa hai hàm lượng đầu vào:

**Bảng 3. Tổng hợp kết quả tuyển nổi quặng apatit loại IV (thông số tối ưu) [1]**

Thông số	Mẫu MS1 (đầu vào 15,20% P_2O_5)	Mẫu MS2 (đầu vào 10,89% P_2O_5)
Thuốc tuyển (g/t)	TTL400/Xô đa 400/TTH300	TTL400/Xô đa 400/TTH 300/ SHMP120
Hàm lượng quặng tinh (%)	26,14	20,95
Thực thu quặng tinh (%)	63,74	39,75
Hàm lượng quặng đuôi (%)	7,02	7,46
Thu hoạch quặng tinh (%)	37,11	20,66

Ghi chú: TTL - thủy tinh lỏng; TTH - thuốc tập hợp; SHMP - sodium hexametaphosphate.

**Hình 5. Kết quả thực nghiệm tuyển nổi quặng apatit loại IV, khai trường KT25 [1]**

(a) So sánh chỉ tiêu tuyển MS1 vs MS2; (b) Ảnh hưởng chi phí xô đa đến kết quả tuyển (mẫu MS1)

Trên Hình 5 và Bảng 5 có thể thấy mẫu MS1 cho kết quả vượt trội: quặng tinh 26,14% P_2O_5 , thực thu 63,74% đạt yêu cầu cấp cho nhà máy tuyển loại III hiện hành (>25% P_2O_5). Mẫu MS2 với hàm lượng đầu vào thấp hơn (10,89%) chỉ cho quặng tinh 20,95% và thực thu 39,75% - giảm gần 24 điểm phần trăm so với MS1.

Quặng tinh thu hoạch từ quặng loại IV sau khi làm giàu hoàn toàn đáp ứng các tiêu chuẩn làm nguyên liệu đầu vào phối trộn hoặc cung cấp cho các nhà máy sản xuất phân lân nung chảy hoặc nhà máy tuyển nâng cao chế biến sâu.

4. KẾT LUẬN

➤ Quặng apatit loại IV tại khai trường KT25 có trữ lượng khá lớn (4,37 triệu tấn) và có chất lượng quặng tương đối đồng đều với hàm lượng P_2O_5 trung bình đạt 15,18%. Quặng phân bố trong đới nguyên sinh của các tầng Kốc San 4, 6 và 7 thuộc hệ tầng Cam Đường, cấu tạo phân phiến, thành phần khoáng vật phức tạp gồm apatit, carbonat, thạch anh, sericit. Thể trọng khô ổn định

2,82-2,86 tấn/ m^3 và độ ẩm thấp 0,17-0,53% là thông số kỹ thuật nền tảng khác biệt so với quặng phong hóa loại I, III;

➤ Về mặt công nghệ, quặng loại IV tại khai trường KT25 hoàn toàn có khả năng tuyển nổi làm giàu tốt. Khi áp dụng sơ đồ nghiền mịn dưới 0,1mm kết hợp hệ thuốc tuyển phù hợp, quặng tinh thu hồi đạt hàm lượng P_2O_5 > 20%, đảm bảo hiệu quả đưa vào ứng dụng công nghiệp, đáp ứng các tiêu chuẩn làm nguyên liệu đầu vào phối trộn hoặc cung cấp cho các nhà máy sản xuất phân lân nung chảy hoặc nhà máy tuyển nâng cao chế biến sâu;

➤ Về kiến nghị phục vụ khai thác và chế biến: Khi lập thiết kế kỹ thuật và xây dựng nhà máy tuyển quặng cho Khai trường 25, cần lưu ý bố trí dây chuyền nghiền bi hai cấp do quặng loại IV có độ cứng và tính rắn chắc lớn hơn đáng kể so với các tầng quặng phong hóa và do quặng loại IV nằm hoàn toàn ở phần đới sâu dưới mức +80m, cấu trúc mỏ phân bố đơn nghiêng kết hợp



uốn nếp đảo phức tạp, quá trình thiết kế bờ khe nứt, mặt trượt địa chất công trình để phòng
moong khai thác cần theo dõi sát các hệ thống ngừa sạt lở đá vây quanh □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Võ Khắc Yên và nnk, *Báo cáo kết quả thăm dò nâng cấp trữ lượng mỏ apatit khai trường 25 thuộc xã Quang Kim và xã Bản Qua, huyện Bát Xát, tỉnh Lào Cai*, Công ty Cổ phần Tư vấn Mỏ và Xây dựng Trường Xuân, Lưu trữ tại Trung tâm Thông tin Lưu trữ Địa chất, Hà Nội, 2024.
- [2] Trần Lê Châu và nnk, *Báo cáo kết quả thăm dò quặng apatit tại khai trường 25 xã Quang Kim và Bản Qua, huyện Bát Xát, tỉnh Lào Cai*, Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm, Lưu trữ tại Trung tâm Thông tin Lưu trữ Địa chất, Hà Nội, 2016.
- [3] Trần Xuyên và nnk, *Báo cáo địa chất - Kết quả lập bản đồ tỷ lệ 1:200.000 tờ Bắc Quang - Mã Quan*, Lưu trữ tại Trung tâm Thông tin Lưu trữ Địa chất, Hà Nội, 1988.
- [4] Nguyễn Đình Hợp và nnk, *Báo cáo địa chất - Kết quả lập bản đồ địa chất và khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 vùng Tú Lệ - Văn Bàn*, Lưu trữ tại Trung tâm Thông tin Lưu trữ Địa chất, Hà Nội, 1992.
- [5] Đoàn Địa chất 304, *Báo cáo thăm dò - Kết quả thăm dò tỉ mỉ quặng apatit các khu Làng Mòn, Vườn Cam, Quang Kim - Bản Lợi và Bản Lợi - Bát Xát*, Lưu trữ tại Trung tâm Thông tin Lưu trữ Địa chất, Hà Nội, 1983.
- [6] Lương Quang Khang, Nguyễn Phương, Bùi Hoàng Bắc, Khương Thế Hùng và nnk. *Phương pháp xử lý thông tin địa chất*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải, 2018, ISBN: 978-604-76-1760.

QUALITY CHARACTERISTICS AND UTILIZATION OF TYPE IV APATITE ORE AT OPEN-PIT MINE No. 25, LAO CAI PROVINCE

Quang Khang Luong, Thanh Tinh Bui*

Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Str., Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 03/4/2026

Revised: 15/5/2026

Accepted: 20/5/2026

* Corresponding author:

Email: buitinhhumg@gmail.com

ABSTRACT

Type IV apatite ore at the KT25 open-pit mine possesses relatively large reserves and exhibits low grade variability, with an average P_2O_5 grade of 15.18%. The ore is distributed within seams V1A, V2, V4, and V5 in the primary zone of the Koc San 4, 6, and 7 beds, belonging to the Cam Duong formation. It features a foliation texture and a complex mineralogical composition consisting of apatite, carbonates, quartz, and sericite. A stable dry bulk density of 2.82–2.86 t/m and a low moisture content of 0.17–0.53% serve as distinctive foundational technical parameters compared to weathered Type I and III ores. This paper synthesizes the results of baseline chemical analyses and flotation beneficiation tests, confirming the feasibility of processing Type IV ore into high-quality concentrates to serve the fertilizer and chemical production industries.

Keywords: Type IV Apatite, Open-pit Mine No. 25, Cam Duong, Mathematical statistics, Mineral Resource

@ Vietnam Mining Science and Technology Association