



PHÂN LẬP, ĐỊNH DANH VÀ KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC MÔI TRƯỜNG NHÂN TẠO, NGUỒN PHÂN BÓN HỮU CƠ THƯƠNG MẠI ĐẾN KHẢ NĂNG SINH TRƯỞNG CỦA VI TẢO *CHLORELLA* TẠI CẦN GIỜ

PHAN MINH TÂM^{1*}, BÙI THỊ MỸ NGỌC¹,
LÊ TUẤN LỘC⁴, ÔNG BÌNH NGUYỄN⁴,
ĐỖ THỊ THU HUYỀN³, HUỖNH VĂN BIẾT^{1,2}

¹ Khoa Khoa học Sinh học,

Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh (HCM)

² Viện Nghiên cứu Công nghệ Sinh học và Môi trường,

Trường Đại học Nông Lâm TP. HCM

³ Viện Môi Trường và Tài Nguyên, Đại học Quốc Gia TP. HCM

⁴ Viện Kỹ thuật Công nghệ cao NTT,

Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

Tóm tắt:

Môi trường nuôi cấy ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả nuôi cấy. Bên cạnh đó, chi phí môi trường còn chiếm đến 50% toàn bộ chi phí sản xuất. Nghiên cứu này thực hiện khảo sát các môi trường nhân tạo thương mại và thành phần hữu cơ bổ sung từ phân bón thương mại, có hiệu quả tích cực đến sinh khối tảo *Chlorella*, được phân lập tại Cần Giờ. Trong nghiên cứu này, chúng tôi thực hiện nuôi cấy tảo *Chlorella* trên 4 loại môi trường (HAMGM, M-8, BG-11 và LC Oligo). Môi trường HAMGM cho kết quả sinh khối khô cao nhất (4,56g/L - ngày 14) và thấp nhất là môi trường LC Oligo (2,29g/L - ngày 14). Nguồn phân bón hữu cơ thương mại như: Phân trùn quế (ViF-Maxx), phân bánh dầu (ViF-Mix) và phân bón lá (Terra Sorb 4 Root) được bổ sung vào môi trường HAMGM (1,5g/L) cho hiệu quả tích cực đến khả năng tăng trưởng của tảo *Chlorella*. Trong đó, phân trùn quế là nguồn dinh dưỡng bổ sung có hiệu quả thúc đẩy tăng trưởng của *Chlorella* (6,86g/L) cao nhất. Môi trường HAMGM và nguồn dinh dưỡng bổ sung là phân trùn quế, cho thấy có hiệu quả tích cực đến năng suất sinh khối tảo *Chlorella*.

Từ khóa: *Chlorella*, sinh khối khô, phân hữu cơ thương mại.

Nhận bài: 3/8/2023; Sửa chữa: 25/9/2023;

Duyệt đăng: 28/9/2023.

1. Đặt vấn đề

Sinh khối vi tảo *Chlorella* được biết đến với khả năng ứng dụng đa dạng trong đời sống thực tiễn. Tuy nhiên, sản xuất sinh khối tảo *Chlorella* không được thành công như tảo *Spirulina*, bởi vì khó khăn trong nuôi cấy và thu hoạch. Trong nuôi cấy sản xuất sinh khối tảo, môi trường nuôi cấy có ảnh hưởng lớn đến

Isolation, identification and investigation of the effects of artificial media and commercial organic fertilizers on the growth of microalgae *Chlorella* in Can Gio

Abstract:

Cultivation efficiency is directly influenced by culture medium, and, medium makes up of 50% total production cost. Our study investigated commonly used artificial medium with organic supplement from commercial organic fertilizer which can be beneficial for *Chlorella* biomass growth, which was obtained and isolated from Can Gio. In this study, we cultivated *Chlorella* on 4 medium (HAMGM, M-8, BG-11, and LC Oligo), amongst which the HAMGM medium yielded highest dried biomass (4.56g/L - the 14th day) and LC Oligo yielded lowest (2.29g/L - the 14th day). Supplement (at 1.5g/L) from commercial organic fertilizer such as vermicompost (ViF-Maxx), oil cake fertilizer (ViF-Mix), and foliar fertilizer (Terra Sorb 4 Root) all improved *Chlorella* growth, amongst which vermicompost was the most effective in increasing *Chlorella* growth (6.86g/L). The HAMGM medium with vermicompost as supplement was shown to be effective in improvement of *Chlorella* sp. biomass productivity.

Keywords: *Chlorella*, dried biomass, commercial organic fertilizers.

JEL Classifications: N55, O13, Q15.

hiệu quả sinh khối thu được của toàn bộ quá trình nuôi cấy. Các môi trường khác nhau sẽ có hiệu suất sinh khối thu được khác nhau từ 0,95 - 5g/L [1]. Chi phí cho môi trường nuôi cấy chiếm 50% toàn bộ chi phí sản xuất [2]. Môi trường nuôi cấy phù hợp có vai trò quyết định đến hiệu quả sinh khối vi tảo thu được.

Ngoài ra, một số thành phần hữu cơ như: Sodium acetate (nguồn carbon hữu cơ), dịch thủy phân chất thải gia súc và amino acid tự do khi được bổ sung vào môi trường nuôi cấy có vai trò nâng cao hiệu quả sinh khối của tảo *Chlorella*. Môi trường nhân tạo bổ sung nước thải chăn nuôi bò sữa có thể làm tăng hiệu suất sinh khối khô của tảo *Chlorella vulgaris* lên 0,33 g/L. Amino acid tự do có khả năng thúc đẩy sự tăng trưởng của chủng tảo *Chlorella* lên đến 110,2% [3]. Vi tảo có thể hấp thu nguồn nitơ hữu cơ thông qua con đường NtcA nitrogen transcription regulator, nitơ hữu cơ sẽ được chuyển hóa thành NH_4^+ , cuối cùng được gắn vào khung các-bon nhờ vào hoạt động của hai enzym là glutamate synthase (GOGAT) và glutamine synthetase (GS) [4]. Tuy nhiên, các nguồn dinh dưỡng hữu cơ như nước thải chăn nuôi hay phân thường tồn tại nhiều chủng vi sinh vật khác nhau. Các chủng vi sinh vật này có nguy cơ gây hại đến sức khỏe con người, một số chủng thường gặp là: *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Klebsiella*, *Aeromonas spp.*, *Escherichia coli* và *enterococci* [5]. Nguồn phân bón hữu cơ có thành phần tương tự như dịch thủy phân phân gia súc, có cả amino acid và một ưu điểm là không có chứa nhóm vi sinh vật nguy hại kể trên.

Việc lựa chọn môi trường nhân tạo phù hợp để nuôi cấy tảo *Chlorella* là yếu tố quan trọng quyết định năng suất nuôi cấy sinh khối tảo. Ngoài ra, nguồn dinh dưỡng hữu cơ bổ sung từ phân bón hữu cơ thương mại có tác động tích cực đến hiệu suất sinh khối tảo, tương tự các nghiên cứu sử dụng nguồn dinh dưỡng hữu cơ từ chất thải chăn nuôi. Nâng cao lượng sinh khối thu được từ 1 lít môi trường nuôi cấy sẽ góp phần làm giảm chi phí sản xuất sinh khối tảo.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu

Mẫu nước có tảo được thu từ thủy vực tạm thời tại Cẩn Giời (10.606304, 10.819515 A). Mẫu được giữ trong ống ly tâm 1mL. Mẫu được lọc qua màng lọc có kích thước lỗ 50 μm được nuôi trong điều kiện ánh sáng 50 $\mu\text{mol photon.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ và ở nhiệt độ 25°C. Tế bào tảo đơn được hút bằng micropipette và nuôi trong eppendorf 0,2ml chứa 50 μl môi trường BG-11, nuôi cấy ở 50 $\mu\text{mol photon.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (nguồn sáng đèn huỳnh quang), chu kỳ sáng: 12 sáng/12 tối và ở nhiệt độ 25°C. Các mẫu có hình thái không đồng nhất sẽ được loại bỏ. Mẫu tảo phân lập được ký hiệu là CS.

Môi trường nhân tạo dùng trong thí nghiệm BG-11, LC Oligo, Highly Assimilable Minimal Growth Medium (HAMGM), M-8. Phân bón hữu cơ thương mại dạng lỏng dùng trong thí nghiệm là phân bón lá Terra Sorb 4 Root (amino acid 1,8%), phân trùn quế ViF-Max (đạm tổng 3%), phân bánh dầu thủy phân ViF-Mix (đạm tổng 2%). Lượng phân bón hữu cơ được

bổ sung với nồng độ 1,5g.L⁻¹ môi trường HAMGM. Muối Sodium acetate [6] được sử dụng ở nồng độ 1,5g/L môi trường.

2.2. Phương pháp định danh hình thái và phân tử

Tế bào tảo được thu bằng cách ly tâm ở 3.000g trong vòng 5 phút, cặn tảo sẽ được rửa bằng nước cất vô trùng 3 lần. Hình thái tảo sẽ được quan sát dưới kính hiển vi quang học để xác định hình thái. Đối với phương pháp định danh phân tử, DNA tổng số của tảo được tách chiết bằng bộ kit DNeasy Plant Mini (Qiagen, Hilden, Germany). Các vùng trình tự 18S rRNA, rbcL và ITS của chủng tảo phân lập sẽ được đem gửi giải trình tự tại Công ty 1st Base (Malaysia). Cây phát sinh loài sẽ được xây dựng và phân tích thông qua phần mềm MEGA X.

2.3. Phương pháp nuôi cấy vi tảo

Thí nghiệm khảo sát sự ảnh hưởng của môi trường nuôi cấy của *Chlorella vulgaris* được thực hiện trên hệ thống dịch treo có bổ sung khí (1% CO₂ w/w). Các thông số cơ bản cho thí nghiệm bao gồm: Bình nuôi cấy là erlen có thể tích 2 lít (thể tích hoạt động là 1,5 lít), hệ thống bổ sung khí được lọc qua hai hệ thống lọc (màng lọc thô có kích thước 50 μm , màng lọc FINETECH, Đài Loan có kích thước lỗ 0,45 μm). Nút đậy bình erlen có hai ống thủy tinh để dẫn khí. Thí nghiệm sẽ thực hiện trong vòng 14 ngày, chu kỳ chiếu sáng là 12 sáng và 12 tối. Nguồn chiếu sáng trong thí nghiệm được cung cấp bằng đèn LED trắng, mật độ photon quang hợp được duy trì trong khoảng 100 $\mu\text{mol photon.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

2.4. Phương pháp xác định hàm lượng sinh khối khô

Sinh khối khô tảo thu được bằng cách hút 10ml dịch nuôi cấy qua giấy lọc Whatman (sấy khô ở 100°C đến khối lượng không đổi có giá trị Wf). Sau khi quá trình lọc hoàn tất, tiếp tục sấy khô giấy lọc đến khối lượng không đổi (giá trị Wt). Sinh khối tảo khô được tính theo công thức:

$$B = Wt - Wf$$

Trong đó, B: lượng sinh khối khô (g), Wt: tổng khối lượng giấy lọc và sinh khối, Wf: khối lượng giấy lọc.

2.5. Phương pháp xác định hàm lượng Chlorophyll a

10 ml dịch nuôi cấy được ly tâm ở 10.000rpm/phút (5 phút) thu sinh khối và loại bỏ toàn bộ dịch nổi. Phần sinh khối này được bổ sung 2ml acetone 90% và 3 viên bi thủy tinh (d = 5mm) vào ống eppendorf, đem lắc ở vận tốc 300 vòng/phút (15 phút). Quá trình trên được thực hiện cho đến khi dung dịch Acetone không thay đổi màu. Sau cùng dịch tách chiết sẽ được đo ở các bước sóng 750 nm, 664 nm, 647 nm, 630 nm bằng máy đo hấp thụ quang phổ (Spectro SC, LaboMed). Hàm lượng Chlorophyll a được xác định bằng công thức:

$$\text{Chlorophyll a (mg/L)} = [11,85.(E_{664} - E_{750}) - 1,54.(E_{647} - E_{750}) - 0,08.(E_{630} - E_{750})].Ve/LVf$$

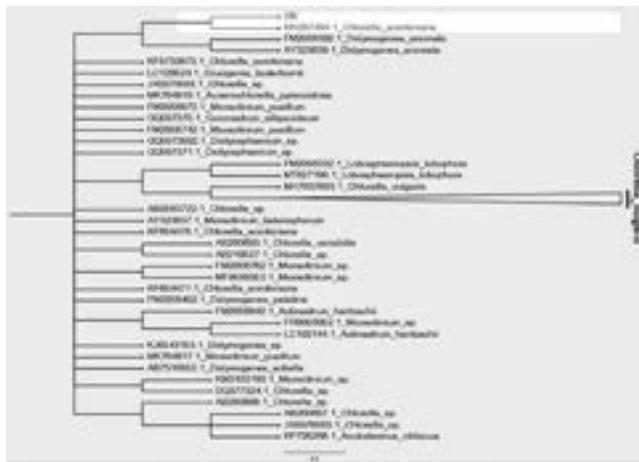
E_{750} , E_{664} , E_{647} , E_{630} : Là giá trị độ hấp thụ lần lượt ở các bước sóng 750 nm, 664 nm, 647 nm, 630 nm; V_e : Thể tích Acetone tính bằng lít; V_f : Thể tích lọc tính bằng lít; L : Đường sáng của cuvet (cm) [8].

Các thí nghiệm được lặp lại 3 lần, số liệu thí nghiệm được xử lý thống kê bằng phần mềm Excel 2019 và SPSS.

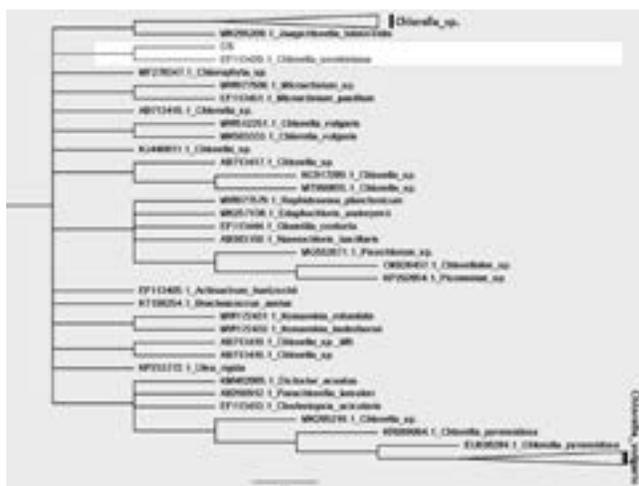
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Định danh hình thái và định danh phân tử loài tảo phân lập

Kết quả giải trình tự cho thấy, kết quả vùng 18S rRNA (độ bao phủ 100%, độ đồng nhất 100%), ITS (độ bao phủ 100%, độ đồng nhất 100%) và *rbcl* (độ bao phủ 85,55%, độ đồng nhất 98%) có độ tương đồng cao với cơ sở dữ liệu của *Chlorella sorokiniana*. Bên cạnh đó, cây phát sinh chủng loài được xây dựng dựa trên 3 marker này được thể hiện qua 2 hình (Hình 1 và Hình 2).



▲ Hình 1. Cây phát sinh chủng loài gián lược mô tả chi tiết vị trí phân bố của chủng vi tảo *Chlorella sorokiniana* được xây dựng từ sự kết hợp vùng trình tự 18S - ITS



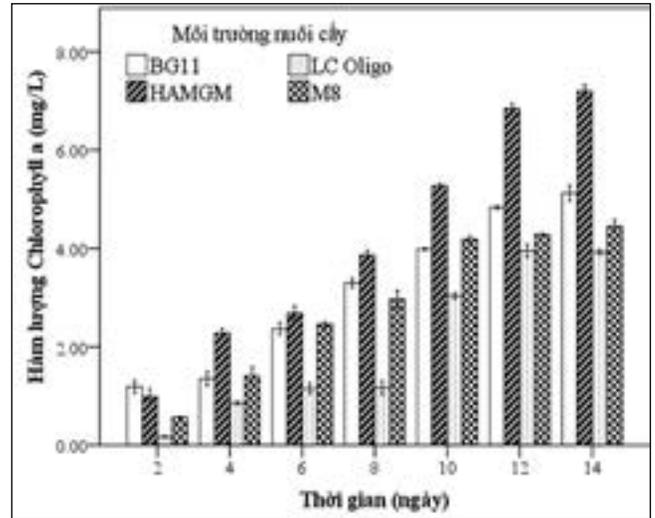
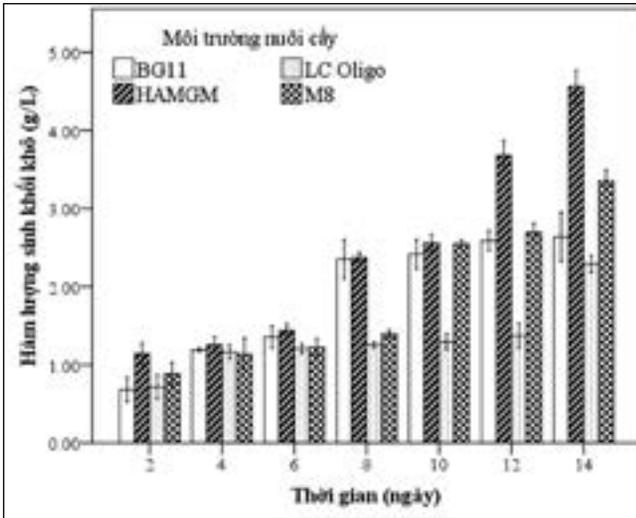
▲ Hình 2. Cây phát sinh chủng loài gián lược mô tả chi tiết vị trí phân bố của chủng vi tảo *Chlorella sorokiniana* được xây dựng từ vùng trình tự gen *rbcl*

Kết quả giải trình tự và so sánh trên GenBank của 3 marker phân tử (18S rRNA, ITS và *rbcl*) dùng trong nghiên cứu này cho thấy, cả 3 vùng đều có sự tương đồng cao với các vùng trình tự đã công bố của chủng *Chlorella sorokiniana*.

Cây phát sinh chủng loài ở trình tự hai vùng 18S và ITS cho thấy, tảo phân lập trong nghiên cứu này nằm cùng nhóm với chủng tảo *Chlorella sorokiniana* (giá trị bootstrap lớn hơn 50%). Bên cạnh đó, kết quả xây dựng cây phát sinh chủng loài dựa trên vùng trình tự *rbcl* cũng cho kết quả tương tự là chủng tảo phân lập đều nằm chung nhóm với chủng *Chlorella sorokiniana*. Kết quả hình thái và cây phát sinh chủng loài cho thấy, chủng tảo phân lập có độ tương đồng cao với chủng *Chlorella sorokiniana*.

3.2. Sự tăng trưởng của tảo *Chlorella sorokiniana* trong các môi trường nhân tạo

Nghiên cứu thực hiện khảo sát khả năng tăng trưởng của tảo *Chlorella sorokiniana* ở các môi trường nhân tạo trong vòng 14 ngày. Kết quả Hình 3 cho thấy, cả 4 môi trường nuôi cấy đều cho kết quả sinh khối khô ở ngày thứ 14 cao hơn 2g/L. Hàm lượng Chlorophyll a của tảo ở ngày thứ 14 cho thấy, chưa có dấu hiệu giảm. Hàm lượng sinh khối khô sau 14 ngày nuôi cấy cao nhất ở môi trường HAMGM (4,56g/L). Đối với môi trường BG-11, kết quả trong nghiên cứu này (2,64g/L) cho thấy cao hơn các nghiên cứu trước đây đã công bố của Chan Yoo (1,46g/L) [7], Ghulam Mujtaba (1,9g/L) [10]. Tuy nhiên, hàm lượng sinh khối khô của nghiên cứu này thấp hơn so với công bố của Sigita (2,8g/L) [11]. Nguyên nhân dẫn đến việc thấp hơn này do phương pháp nuôi cấy. Tảo ở nghiên cứu của Sigita được thực hiện trên hệ thống quang sinh học hình trụ (cylindrical glass) và nuôi cấy bán liên tục. Môi trường mới được thay và bổ sung lên đến 50% thể tích nuôi cấy. Ngoài ra, các yếu tố như mật độ photon chiếu sáng và nhiệt độ nuôi cấy cũng có khác biệt (150 $\mu\text{mol photon.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 30°C, 2% CO_2). Vi tảo trong môi trường thiếu hụt nitrogen, quá trình sinh dưỡng của tảo sẽ chuyển sang dạng tích lũy lipid và hàm lượng Chlorophyll a có xu hướng giảm dần. Ngoài ra, khi môi trường thiếu hụt nitrogen, lipid được tổng hợp chủ yếu ở dạng neutral lipid [11]. *Chlorella pyrenoidosa* được nuôi cấy trong môi trường dinh dưỡng đầy đủ sẽ có hàm lượng polyunsaturated fatty acid và unsaturated fatty acid cao hơn khi ở điều kiện hoàn cảnh bất lợi [12]. Mục đích ứng dụng sinh khối tảo là để làm nguồn thức ăn có giá trị dinh dưỡng cao. Do đó, nghiên cứu này không tiếp tục thực hiện theo dõi khảo sát sau 14 ngày.



▲ Hình 3: Hàm lượng sinh khối khô và Chlorophyll a của *Chlorella sorokiniana*

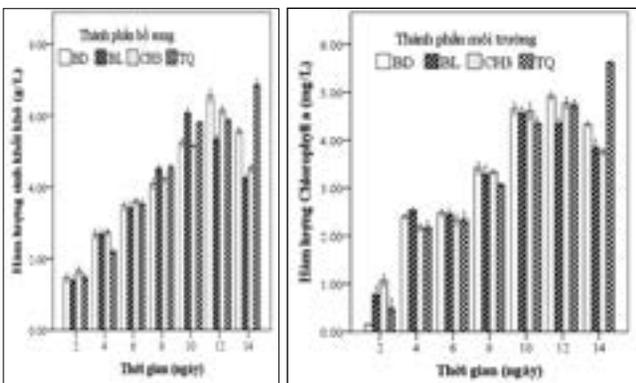
BG11: *Chlorella sorokiniana* nuôi cấy ở môi trường BG-11.

HAMGM: *Chlorella sorokiniana* nuôi cấy ở môi trường HAMGM.

LC Oligo: *Chlorella sorokiniana* nuôi cấy ở môi trường LC Oligo.

M-8: *Chlorella sorokiniana* nuôi cấy ở môi trường M-8.

3.3. Sự tăng trưởng của tảo *Chlorella sorokiniana* ở môi trường nhân tạo bổ sung các nguồn phân bón hữu cơ



▲ Hình 4: Hàm lượng sinh khối khô và Chlorophyll a của *Chlorella sorokiniana*

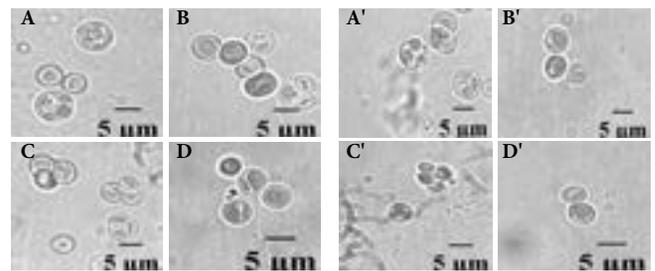
BD: Môi trường bổ sung phân bánh dầu thủy phân ViF- Mix.

BL: Môi trường bổ sung phân bón lá Terra Sorb 4 Root.

CH3: Môi trường bổ sung muối CH_3COONa .

TQ: Môi trường bổ sung phân trùn quế ViF-Max.

Ở thí nghiệm này, vi tảo được nuôi cấy ở môi trường HAMGM và bổ sung các nguồn phân bón hữu cơ. Kết quả Hình 4 cho thấy, sinh khối khô tảo ở các nghiệm thức cao nhất ở môi trường bổ sung phân trùn quế (6,86g/L, ngày 14). Hàm lượng Chlorophyll a của tảo tăng đều trong giai đoạn từ 2 - 10 ngày; từ ngày thứ 12, hàm lượng ở môi trường bổ sung phân bón lá giảm, trong khi đó, ở 3 môi trường còn lại tăng. Ngày thứ 14, môi trường trùn quế đạt hàm lượng cao nhất, 3 môi trường còn lại thì giảm.



▲ Hình 5. Tảo *Chlorella sorokiniana* nuôi cấy ở môi trường HAMGM và bổ sung thêm các nguồn phân bón hữu cơ

A (ngày đầu) - A' (sau 14 ngày): Hình thái tảo *Chlorella sorokiniana* ở môi trường bổ sung ViF- Mix.

B (ngày đầu) - B' (sau 14 ngày): Hình thái tảo *Chlorella sorokiniana* ở môi trường bổ sung Terra Sorb 4 Root.

C (ngày đầu) - C' (sau 14 ngày): Hình thái tảo *Chlorella sorokiniana* ở môi trường bổ sung CH_3COONa .

D (ngày đầu) - D' (sau 14 ngày): Hình thái tảo *Chlorella sorokiniana* ở môi trường bổ sung ViF-Max.

Kết quả sinh khối cao nhất đạt được ở môi trường bổ sung phân trùn quế cao gấp 2,4 lần khi so với các nghiệm cứu nuôi cấy trong môi trường nước thải nuôi trồng thủy sản (2,858g/L) [13]. Tảo *Chlorella* nuôi cấy trong hệ thống quang sinh học Airlift với nguồn phân bón thương mại (nguồn nitrogen từ urea và ammonia) cũng cho kết quả thấp hơn (ngày 14 là 1,988g/L) [14].

Các nghiên cứu về sự ảnh hưởng của các loại amino acid có tác động đến khả năng tăng trưởng của vi tảo *Chlorella*. Một nghiên cứu gần đây cho thấy, aspartic acid và arginine được cho rằng, có ảnh hưởng tích cực đến khả năng tăng trưởng của *Chlorella*; Bổ sung aspartic acid có khả năng tăng cường hiệu suất sinh



khối khô lên đến 110%, còn arginine thì chỉ ở mức 62%; Glucose, tryptophan, alanine được cho là các thành phần có ảnh hưởng đến khả năng sinh trưởng, cũng như tổng hợp lipid của tảo *Chlorella sorokiniana* [15]. Trong sản xuất các loại phân bón lá, một số chất kích thích sinh trưởng thường được phép bổ sung nhằm thúc đẩy sinh trưởng, hoặc thúc đẩy ra hoa (Thông tư số 36/2010/TT-BNNPTNT của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn về việc ban hành quy định sản xuất, kinh doanh và sử dụng phân bón). Các chất kích thích sinh trưởng thuộc nhóm auxin làm tăng hàm lượng Chlorophyll a và b lên đến 213 - 273%, carotenoid tăng 164 - 258% [15]. Các chất kích thích sinh trưởng thuộc nhóm cytokinin có thể thúc đẩy tốc độ phân chia của tảo *Chlorella pyrenoidosa* lên 12 - 16%, đồng thời tăng cường hàm lượng Chlorophyll của tảo lên 183 - 256% [17]. Gibberellins thì có khả năng tăng cường sinh khối khô *Chlorella* [17]. Abscisic acid (ABA) giúp tăng

cường hấp thu nitrogen vào trong tế bào tảo [18]. Hỗn hợp NAA, gibberellins GA3 và zeatin có thể kích thích làm tăng hàm lượng sinh khối khô lên 170% [19]. Đây có thể là một phần nguyên nhân gây ra sự khác biệt giữa các loại phân bón khảo sát, bên cạnh sự ảnh hưởng của nguồn nitrogen hữu cơ.

4. Kết luận

Trong 4 môi trường nhân tạo khảo sát, môi trường nhân tạo HAMGM cho kết quả sinh khối khô tốt nhất. Phân bón hữu cơ bổ sung thêm vào môi trường nhân tạo có khả năng thúc đẩy tăng trưởng của tảo *C. sorokiniana*, trong đó dịch thủy phân trùn quế cho kết quả tăng trưởng tốt nhất trong các loại phân bón khảo sát.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này tài trợ bởi Đại học Nguyễn Tất Thành trong khuôn khổ nhiệm vụ Đề tài cấp trường 2020.01.154■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Weiguo Zhang, *Effects of various amino acids as organic nitrogen sources on the growth and biochemical composition of Chlorella pyrenoidosa*, *Bioresource technology*, 197: 458 - 464, 2015.
2. Ao Xia, *Innovation in biological production and upgrading of methane and hydrogen for use as gaseous transport biofuel*, *Biotechnology advances*, 34(5): 451-472, 2016.
3. Yeh, K. L., & Chang, J. S. *Effects of cultivation conditions and media composition on cell growth and lipid productivity of indigenous microalga Chlorella vulgaris ESP-31*. *Bioresource technology*, 105, 120 - 127, 2012.
4. Dagon Manoel Ribeiro, *Effect of different culture media on growth of Chlorella sorokiniana and the influence of microalgal effluents on the germination of lettuce seeds*, *J Appl Biol Biotechnol*, 7(1): 6 - 10, 2019.
5. Amaro, H. M., *Microalgae systems-environmental agents for wastewater treatment and further potential biomass valorisation*. *Journal of Environmental Management*, 337, 117678, 2023.
6. Pang, N., *Effects of C5 organic carbon and light on growth and cell activity of Haematococcus pluvialis under mixotrophic conditions*. *Algal research*, 21, 227 - 235, 2017.
7. Merve Tunali, *Effect of microplastics and microplastic-metal combinations on growth and chlorophyll a concentration of Chlorella vulgaris*, *Science of the Total Environment*, 743: 140479, 2020.
8. Ritchie, R. J, *Universal chlorophyll equations for estimating chlorophylls a, b, c, and d and total chlorophylls in natural assemblages of photosynthetic organisms using acetone, methanol, or ethanol solvents*, *Photosynthetica*, 46, 115 - 126, 2008.
9. Ghulam Mujtaba, *Lipid production by Chlorella vulgaris after a shift from nutrient-rich to nitrogen starvation conditions*, *Bioresource technology*, 123: 279 - 283, 2012.
10. Sigita Vaičiulytė, *Batch growth of Chlorella vulgaris CCALA 896 versus semi-continuous regimen for enhancing oil-rich biomass productivity*, *Energies*, 7(6): 3840 - 3857, 2014.
11. Ma, X. N., *Lipid production from Nannochloropsis*. *Marine drugs*, 14(4), 61, 2016.
12. Dong, L., Li, D., *Characteristics of lipid biosynthesis of Chlorella pyrenoidosa under stress conditions*. *Bioprocess and biosystems engineering*, 43(5), 877 - 884, 2020.
13. Kulwa Mtaki, *Supplementing wastewater with NPK fertilizer as a cheap source of nutrients in cultivating live food (Chlorella vulgaris)*, *Annals of Microbiology*, 71(1): 1 - 13, 2021.
14. Saad Hanash Ammar, *Cultivation of Microalgae Chlorella vulgaris in Airlift photobioreactor for Biomass Production using commercial NPK Nutrients*, *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 12(1): 90-99, 2016.
15. Ngang kham, M., *Biochemical modulation of growth, lipid quality and productivity in mixotrophic cultures of Chlorella sorokiniana*. *Springer Plus*, 1(1), 1 - 13, 2012.
16. Czerpak R, *Effect of auxin precursors and chemical analogues on the growth and chemical composition in Chlorella pyrenoidosa Chick*. *Acta Soc Bot Pol* 63:279 - 286, 1994.
17. Piotrowska A, *Cellular response of light/dark- grown green alga Chlorella vulgaris Beijerinck (Chlorophyceae) to exogenous adenine- and phenylurea-type cytokinins*. *Acta Physiol Plant* 31:573 - 585, 2009.
18. Ulrich WR, *Effect of abscisic acid on nitrogen uptake, respiration and photosynthesis in green algae*. *Plant Sci Lett* 37:9 - 14, 1984.
19. Hunt RW, *Effect of biochemical stimulants on biomass productivity and metabolite content of the microalga, Chlorella sorokiniana*. *Appl Biochem Biotechnol* 162:2400 - 2414, 2010.

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG MÔI TRƯỜNG NƯỚC DO TUYỂN QUẶNG VÀNG TẠI MỎ ĐẮK SA, TỈNH QUẢNG NAM

ĐẶNG PHƯƠNG THẢO¹

¹Trường Đại học Môi - Địa chất

TRẦN ANH TÀI²

²Công ty TNHH Phước Sơn

Tóm tắt:

Trong ngành công nghiệp khai thác mỏ vàng, công nghệ hòa tách xyanua là công nghệ chủ đạo để thu hồi vàng từ các loại quặng và quặng tinh vàng gốc. Nước thải chứa xyanua mỏ từ quá trình tuyển quặng vàng tác động đến hệ sinh thái địa phương. Nước thải bị ô nhiễm với nồng độ xyanua và kim loại nặng cao. Do đó, nước thải cần được cách ly với môi trường và xử lý để tránh các tác động tới môi trường sinh thái. Bài báo này nghiên cứu đánh giá tác động môi trường (ĐTM) do Nhà máy tuyển vàng tại mỏ vàng Đắk Sa, huyện Phước Sơn, tỉnh Quảng Nam. Bài báo đã khảo sát chất lượng nước hồ chứa và nước mặt tại nguồn tiếp nhận nước thải sau khi xử lý của mỏ vàng Đắk Sa. Kết quả nghiên cứu cho thấy, chất lượng nước hồ chứa và nước mặt tại suối Đắk Sa có chỉ tiêu hàm lượng xyanua CN⁻, các kim loại, pH, TSS, COD, BOD₅... nhỏ hơn giới hạn cho phép so với quy chuẩn Việt Nam.

Từ khóa: Tác động môi trường; xyanua; tuyển quặng; ô nhiễm; công nghiệp khai khoáng.

Nhận bài: 11/8/2023. Sửa chữa: 24/8/2023;

Duyệt đăng: 25/9/2023.

1. Đặt vấn đề

Trong ngành công nghiệp khai thác mỏ vàng, công nghệ hòa tách xyanua là công nghệ chủ đạo để thu hồi vàng từ các loại quặng và quặng tinh vàng gốc. Công nghệ thu hồi vàng bằng hòa tách xyanua (xyanua hóa quặng vàng) là quá trình chuyển vàng trong quặng sang dạng phức chất xyanua Au (CN)₂ hòa tan trong nước và sau đó thu hồi vàng từ dung dịch [3]. Tuy nhiên, xyanua có xu hướng dễ dàng phản ứng với hầu hết các nguyên tố hóa học khác, tạo ra nhiều loại phức chất liên quan đến xyanua. Tùy thuộc vào kim loại tham gia, các phức chất có thể là axit phân ly yếu như trường hợp của Ag, Cd, Cu, Ni, Zn, Hg, hoặc axit phân ly mạnh như Fe, Au, Co, Pt hoặc Pd [6]. Những phức chất này là chất ô nhiễm nguy hiểm, độc hại có trong nước thải có thể ảnh hưởng xấu đến con người và đời sống thủy sinh. Nước thải đầu ra có chứa các phức chất xyanua phải được xử lý để giảm nồng độ xyanua xuống dưới mức quy định. Tiêu chuẩn nước uống cho phép đối với xyanua được yêu cầu là <

STUDY WATER ENVIRONMENTAL IMPLICATIONS DUE TO PROCESSING GOLD IN DAK SA GOLD MINE, QUANG NAM

Abstract:

In the mining industry, cyanide which converts the gold into a water-soluble cyanide complex Au (CN)₂, is widely used a reagent for extracting gold from ores. Mine wastewater resulted in processing gold impacts on the local ecosystem. The wastewater is contaminated with a high cyanide and heavy metal species concentration. An effluent should be treated so as to avoid ecological impacts. In this paper the status of the gold processing and its environmental implications in Dak Sa gold mine in Quang Nam Province have been investigated. Based on monitoring data, it shown that treated waste water and surface water quality at receiving water source at Dak Sa stream appear clear and concentrations of cyanide, metals, TSS, COD, BOD₅ and pH do not exceed the safety level of Vietnamese standards.

Keywords: Environmental implication, cyanide, gold processing, pollution, mining industry.

JEL Classifications: Q51, Q52, Q53, Q59.

0,07 mg/L CN⁻ (Tổ chức Y tế Thế giới), < 0,5 mg/L CN⁻ (Ngân hàng Thế giới) và < 0,05 mg/L CN⁻ (Việt Nam).

Mỏ vàng Đắk Sa thuộc Công ty vàng Phước Sơn (huyện Phước Sơn, tỉnh Quảng Nam). Hiện nay là mỏ vàng lớn nhất của Việt Nam, với trữ lượng 30 tấn, công suất chế biến 180.000 tấn quặng/năm. Toàn cảnh mỏ vàng Đắk Sa và Nhà máy tuyển quặng vàng được thể hiện trong Hình 1.

Đến năm 2009, việc kiểm soát xyanua trong quá trình chế biến quặng vàng vẫn chưa được quan tâm ở Việt Nam. Tuy nhiên, những năm gần đây, các quy định về môi trường tại Việt Nam đã trở nên nghiêm ngặt hơn đối với xyanua.

Vì vậy, mỏ vàng Đắk Sa đã lắp đặt hệ thống xử lý xyanua để làm giảm hàm lượng xyanua trước khi xả nước thải ra môi trường. Bài báo đã khảo sát chất lượng nước hồ chứa và nước mặt tại nguồn tiếp nhận nước thải chứa xyanua sau khi đã xử lý và đưa ra một số biện pháp cải thiện, quản lý nước thải tại mỏ vàng Đắk Sa.



▲ Hình 1. Toàn cảnh mỏ vàng Đăk Sa và Nhà máy tuyển quặng vàng

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp quan trắc và lấy mẫu tại hiện trường

Đối với mẫu môi trường nước thải được lấy vào buổi sáng tại mỏ vàng. Phương pháp quan trắc và phân tích bao gồm các chỉ tiêu hóa lý (pH, TSS, BOD₅, COD), các chất dinh dưỡng (NH₄⁺, NO₂⁻), các kim loại dạng vết (As, Cd, Cu, Fe, Pb, Ni, Hg, Zn, Cr), Coliform và Xyanua... được mô tả ở Bảng 2 và Bảng 3.

Vị trí lấy mẫu: Trên cơ sở khảo sát thực tế tại khu vực mỏ vàng Đăk Sa, đề tài đã xác định và thực hiện quan trắc các vị trí được mô tả ở Bảng 1, ngày lấy mẫu 1/11/2021 – 2/2/2012. Đề tài đã tiến hành lấy 3 mẫu nước thải tại hồ chứa sau xử lý xyanua, 3 mẫu nước mặt tại sông Đăk Sa

2.2. Các phương pháp xử lý số liệu, tính toán và so sánh đánh giá

Xử lý, tính toán số liệu bằng phương pháp thống kê. Sử dụng các tiêu chuẩn cho phép, các ngưỡng chuẩn để đánh giá chất lượng môi trường tại khu vực tại mỏ vàng Đăk Sa.

3. Kết quả và thảo luận

Để đánh giá ảnh hưởng của hoạt động khai thác, tuyển vàng đến chất lượng nước mặt, nước thải, Đề tài

Bảng 1. Vị trí các điểm lấy mẫu

STT	Ký hiệu	Ngày lấy mẫu	Vị trí các điểm lấy mẫu
1	HC 1	1/11/2021	Nước thải tại hồ chứa nước thải sau xử lý
2	HC 2	1/12/2021	Nước thải tại hồ chứa nước thải sau xử lý
3	HC 3	2/2/2022	Nước thải tại hồ chứa nước thải sau xử lý
4	NM 1	2/11/2021	Vị trí xả thải nước thải sản xuất sau xử lý trên suối Đăk Sa
5	NM 2	2/11/2021	Trên suối Đăk Sa, cách vị trí xả nước thải sau xử lý khoảng 100m về phía thượng lưu suối Đăk Sa
6	NM 3	2/11/2021	Trên suối Đăk Sa, cách vị trí xả nước thải sau xử lý 100m về phía hạ lưu suối Đăk Sa

đã tiến hành lấy 3 mẫu nước thải tại hồ chứa sau xử lý nước thải chứa xyanua, 3 mẫu nước mặt tại sông Đăk Sa. Kết quả phân tích các chỉ tiêu đánh giá chất lượng nước mặt và nước thải được thể hiện tương ứng trong Bảng 2 và Bảng 3.

3.1. Ảnh hưởng của tuyển khoáng vàng đến chất lượng nước

3.1.1. Phân tích mẫu nước tại hồ 1 sau xử lý nước thải chứa xyanua

Kết quả phân tích chất lượng nước tại hồ 1 sau hệ thống xử lý nước thải chứa xyanua cho thấy: Các chỉ tiêu phân tích đều nằm trong giới hạn cho phép theo QCVN 40:2011/BTNMT, cột B: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp.

3.1.2. Phân tích mẫu nước tại suối Đăk Sa

Kết quả phân tích chất lượng nước mặt tại 3 điểm trên suối Đăk Sa cho thấy, các chỉ tiêu phân tích đều

Bảng 2. Kết quả phân tích chất lượng nước tại hồ 1 sau khi xử lý

TT	Thông số	Đơn vị	Phương pháp/ Thiết bị quan trắc	Kết quả			QCVN 40:2011/ BTNMT, cột B
				HC 1 11/2021	HC 2 12/2021	HC3 2/2022	
1	pH	-	WQC 24	6,21	6,8	6,9	5,5-9
2	BOD ₅ (20° C)	mg/L	TCVN 6001-1:2008	7,6	-	-	40,5
3	COD	mg/L	TCVN 6491:1999	11,7	106,3	21,6	121,5
4	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/L	TCVN 6625:2000	58,5	25,5	34,6	81
5	Asen (As)	mg/L	SMEWW 3113B:2012	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,081
6	Cadimi (Cd)	mg/L	SMEWW 3113B:2012	< 0,0001	< 0,001	< 0,001	0,081
7	Chì (Pb)	mg/L	SMEWW 3113B:2012	< 0,001	< 0,0005	< 0,0005	0,405
8	Thủy ngân (Hg)	mg/L	TCVN 7877:2008	< 0,0005	< 0,003	< 0,003	0,0081
9	Crom (VI)	mg/L	SMEWW 3113B:2012	< 0,003	< 0,03	< 0,03	0,081
10	Đồng (Cu)	mg/L	TCVN 6193:1996	< 0,002	< 0,002	< 0,002	1,62
11	Kẽm (Zn)	mg/L	TCVN 6193:1996	0,05	0,12	< 0,01	2,43
12	Niken (Ni)	mg/L	TCVN 6193:1996	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,405

TT	Thông số	Đơn vị	Phương pháp/ Thiết bị quan trắc	Kết quả			QCVN 40:2011/ BTNMT, cột B
				HC 1 11/2021	HC 2 12/2021	HC3 2/2022	
13	Sắt (Fe)	mg/L	TCVN 6177: 1996	< 0,03	< 0,03	< 0,03	4,05
14	Cyanua (CN ⁻)	mg/L	SMEWW 4500-CN-C&E: 2012	< 0,03	< 0,04	< 0,05	0,07
15	Tổng Photpho (tính theo P)	mg/L	TCVN 6202:2008	0,1	< 0,3	< 0,3	4,86
16	Coliform	MPN/ 100mL	TCVN 6187-2:1996	930	750	1,1x10 ³	5.000

nằm trong giới hạn cho phép theo QCVN 08-MT: 2015/ BTNMT (B1). Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt, cột B1: quy định giá trị giới hạn các thông số khi dùng cho mục đích tưới tiêu, thủy lợi, hoặc các mục đích sử dụng khác có yêu cầu chất lượng nước tương tự, hoặc các mục đích sử dụng như loại B2. [2]

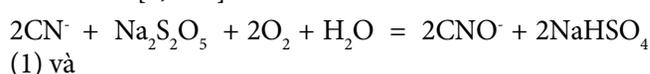
3.2. Các biện pháp giảm thiểu ảnh hưởng của tuyến vàng tại Nhà máy tuyển vàng mỏ Đắk Sa

Xử lý ô nhiễm do quy trình tuyển quặng

Các thông số và nồng độ các chất ô nhiễm do quy trình ngâm tách chiết tuyển vàng là xyanua nồng độ cao, chất rắn lơ lửng, các kim loại nặng. Do đó, hệ thống xử lý nước thải chứa xyanua được thiết kế để xử lý dòng quặng đuôi từ Nhà máy tuyển vàng Đắk Sa, có nồng độ

xyanua ban đầu khoảng 100 - 200 mg/L và lưu lượng trung bình khoảng 150 m³/ngày.

Phản ứng hóa học chung của quá trình khử độc diễn ra như sau [4,7 - 8]:



Kết quả của quá trình khử độc là toàn bộ các dạng xyanua đều bị phân hủy, các kim loại cơ bản (đồng, kẽm, niken) đều kết tủa ở dưới các dạng hydroxit rắn. Xyanua bị oxy hóa thành xianat (OCN⁻). Phản ứng cũng sản sinh ra một số axit và những axit này bị vôi trung hòa thành Sunphat, Natri Sunphat. Xyanua sắt thì kết tủa dưới dạng hợp chất rắn rất khó phân hủy.

Bảng 3. Kết quả phân tích chất lượng nước mặt tại nguồn tiếp nhận nước thải (suối Đắk Sa)

TT	Tên tiêu chí	Đơn vị	Phương pháp/Thiết bị quan trắc	Kết quả			QCVN 08-MT:2015/ BTNMT (B1)
				NM 1	NM 2	NM 3	
1	pH	-	WQC 24	7,22	7.67	7.35	5,5 - 9
2	DO	mg/L	WQC 24	5,37	5,23	5,23	≥ 4
3	TSS	mg/L	TCVN 6625:2000	31,2	32,8	33,8	50
4	BOD ₅	mg/L	TCVN 60001-1:2008	7	11	8	15
5	COD	mg/L	TCVN 6491:1999	18	24	19	30
6	NH ₄ ⁺	mg/L	EPA Method 350.2	0,178	0,207	0,145	0,9
7	PO ₄ ⁻³	mg/L	TCVN 6202:2008	0,207	0,188	0,134	0,3
8	NO ₂ ⁻	mg/L	TCVN 6187:1996	0,022	0,027	0,067	0,05
9	NO ₃ ⁻	mg/L	TCVN 6180:1996	2,355	2,823	2,769	10
10	Cl ⁻	mg/L	TCVN 6194:1996	12,2	11,5	12,8	350
11	Tổng dầu mỡ	mg/L	SMEWW 5520 B: 2017	0,22	0,21	0,24	1
12	F ⁻	mg/L	SMEWW 4500-F-B&D:2012	0,05	0,02	0,04	1,5
13	CN ⁻	mg/L	SMEWW 4500-CN-C&E:2012	0,012	0,007	0,010	0,05
14	As	mg/L	SMEWW 3113 B:2012	0,007	0,003	0,005	0,05
15	Cd	mg/L	SMEWW 3113B:2012	0,001	0,0008	< 0,0006	0,01
16	Pb	mg/L	SMEWW 3113B:2012	< 0,0015	0,0017	0,002	0,05
17	Tổng Crom	mg/L	SMEWW 3113B:2012	0,0005	0,0008	< 0,0003	0,5
18	Cu	mg/L	TCVN 6193:1996	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,5
19	Zn	mg/L	TCVN 6193:1996	< 0,04	< 0,04	< 0,04	1,5
20	Ni	mg/L	TCVN 6193:1996	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1
21	Mn	mg/L	SMEWW 3500-MN.B:2012	0,03	0,05	0,05	0,5

22	Hg	mg/L	TCVN 7877:2008	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	0,001
23	Fe	mg/L	TCVN 6177:1996	1,3	1,1	1,4	1,5
24	Chất HDBM	mg/L	TCVN 6622-1:2000	0,06	0,04	0,09	0,4
25	Coliform	mg/L	TCVN 6187-2:1996	4.000	4.400	3.900	7.500
26	SO ₄ ⁻²	mg/L	SMEWW 4500-SO42-E:2012	68,4	49,4	58,3	-
27	Tổng phenol	mg/L	TCVN 6216:1996	0,0025	0,0016	0,0021	0,01

Quặng đuôi thải từ công đoạn ngâm chiết vàng được thu gom về bồn khử độc xyanua bằng Natri Metabisunphit (Na₂S₂O₅), làm giảm nồng độ xyanua trong nước thải khoảng 100 - 200mg/l xuống trung bình 5mg/l, độ pH được giữ trong khoảng 8,5 - 9, bồn khử độc được khuấy khí liên tục để cung cấp oxy.

Sơ đồ nguyên lý hoạt động của hệ thống hồ thải được trình bày trên Hình 2 [5].

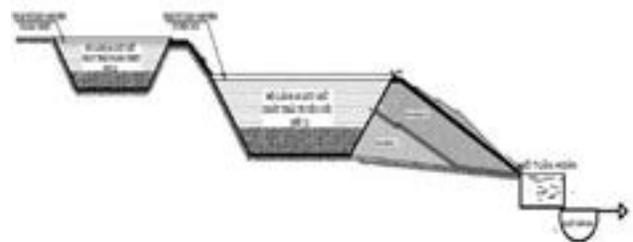
Sau đó, chất thải được bơm xuống hồ 2, tại đây, xyanua sẽ tiếp tục phân hủy nhờ lượng Natri Metabisunphit tồn dư được bơm cùng nước thải ra hồ chứa, đồng thời được oxy hóa bằng oxy trong tự nhiên. Sau khi được xử lý tại hồ 2, nồng độ là CN⁻ ≤ 1 mg/L và được bơm vào hồ 1. Tại hồ 1, nước thải được lưu giữ khoảng 100 - 150 ngày, do quá trình phân hủy tự nhiên diễn ra trong hồ 1, nồng độ CN⁻ giảm < 0,07 mg/L. Nước hồ 1 sau khi xử lý được bơm vào hồ tuần hoàn để Nhà máy tái sử dụng nhằm tiết kiệm nước, giảm phát thải ra môi trường và xả ra nguồn tiếp nhận suối Đắk Sa. Các chỉ số đều nhỏ hơn giới hạn cho phép so với tiêu chuẩn (QCVN 40:2011/BTNMT). Những chỉ tiêu khác gồm các kim loại, pH, TSS, COD, BOD₅... được phân tích đều nằm trong giới hạn cho phép theo QCVN 40:2011/BTNMT.

Hệ thống quan trắc tự động nước thải chế biến được lắp đặt. Các thông số quan trắc tự động bao gồm: Lưu lượng nước thải đầu vào và đầu ra; pH, Nhiệt độ, COD, TSS, NH₄⁺, Tổng CN⁻, Fe, tại vị trí trước khi xả ra suối Đắk Sa.

Lưu lượng tối đa nước thải từ hồ chứa ra suối khoảng 250m³/h, là lưu lượng rất nhỏ so với lưu lượng trung bình suối Đắk Sa 5823m³/h, tương đương khoảng 4,3% lượng nước suối Đắk Sa. Do đó, việc xả nước thải không ảnh hưởng đến môi trường thủy sinh tiếp nhận, hệ sinh thái tại Đắk Sa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ TN&MT (2011), QCVN 40:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp.
2. Bộ TN&MT (2015), QCVN 08:2015/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt.
3. Botz, M., *Cyanide Treatment Methods, in Mining Environmental Management, Mining Journal Books, London, UK, 2001.*
4. Botz, M., Mudder T. & Akcil A., *Cyanide treatment: physical, chemical and biological processes, pp. 672 - 675. In: Adams M. (ed.), Advances in Gold Ore Processing. Elsevier, Amsterdam, 2005.*



▲ Hình 2. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của hệ thống hồ thải

4. Kết luận

Từ kết quả qua trắc và phân tích mẫu nước tại hồ chứa sau khi xử lý nước thải và mẫu nước thải tại các vị trí trên suối Đắk Sa cho thấy, các chỉ tiêu hàm lượng xyanua CN⁻, các kim loại, pH, TSS, COD, BOD₅... có hàm lượng nhỏ hơn giới hạn cho phép so với quy chuẩn Việt Nam. Hoạt động xả nước thải của Nhà máy tuyển vàng Đắk Sa không có tác động đến chất lượng nước của nguồn nước suối Đắk Sa.

Do lưu lượng nước thải từ hồ ra suối là rất nhỏ so với lưu lượng suối, nên không ảnh hưởng đến môi trường, hệ sinh thái thủy văn suối Đắk Sa.

Khai thác chế biến vàng ảnh hưởng nhiều khía cạnh khác nhau tới môi trường, cuộc sống của người dân địa phương, vì vậy, cần có sự quan tâm của tất cả các bên liên quan, cụ thể là Công ty sở hữu mỏ và chính quyền địa phương. Theo đó, Công ty cần nghiêm túc thực hiện quy trình khai thác theo thiết kế chế biến đã được phê duyệt và các quy định về BVMT, quản lý mỏ để ngăn chặn, suy giảm chất lượng nước. Chính quyền địa phương cần giám sát, tăng cường thanh tra các đơn vị khai thác về việc thực hiện các quy định BVMT và xử lý triệt để các hoạt động vi phạm ■

5. Công ty TNHH Vàng Phước Sơn, *Tần Thủy (2022), Báo cáo xả thải vàng Phước Sơn.*
6. Hanela, S.; Duran, J., Jacobo, S., *Removal of iron-cyanide complexes from wastewaters by combined UV - ozone and modified zeolite treatment, Journal of Environmental Chemical Engineering 3, 1794 - 1801, 2015.*
7. Kuyucak, N., Akcil, A., *Cyanide and removal options from effluents in gold mining and metallurgical processes, Minerals Engineering 50 - 51 (2013) 13 - 29.*
8. Mudder, T.I., Botz, M.M., Smith, A., *Chemistry and Treatment of Cyanidation Wastes, second ed. Mining Journal Books, London, UK, 2001.*

PHÁT TRIỂN NGÀNH ĐỊA CHẤT VIỆT NAM TRONG BỐI CẢNH CÁCH MẠNG CÔNG NGHIỆP LẦN THỨ TƯ GẮN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

NGUYỄN ĐẠI TRUNG¹, TRỊNH XUÂN HÒA¹,
TRẦN TÂN VĂN¹

¹*Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản*

ĐOÀN THẾ HÙNG², HOÀNG VĂN KHOA²

²*Tổng hội Địa chất Việt Nam*

MAI TRỌNG TỬ³, NGUYỄN BÁ MINH³

³*Cục Địa chất Việt Nam*

Tóm tắt:

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đánh giá điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội, thách thức để đề xuất một số giải pháp phát triển của ngành địa chất Việt Nam trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp lần thứ tư (CMCN 4.0) gắn với phát triển bền vững (PTBV), bao gồm: Quản lý, sử dụng tài nguyên địa chất và khoáng sản một cách bền vững, BVMT, tài nguyên thiên nhiên trong quá trình khai thác, sử dụng tài nguyên địa chất và khoáng sản một cách hiệu quả; Nâng cao năng lực nghiên cứu, quản lý, thực hiện các hoạt động điều tra tài nguyên địa chất và khoáng sản, tăng cường nghiên cứu, phát triển công nghệ trong ngành địa chất Việt Nam, tạo điều kiện thuận lợi cho doanh nghiệp địa chất khai thác khoáng sản phát triển; Đề xuất chính sách, cơ chế hỗ trợ phát triển ngành địa chất, giúp tăng cường năng lực cạnh tranh, tạo điều kiện thuận lợi cho cơ quan quản lý nâng cao hiệu quả quản lý, điều tra cơ bản tài nguyên địa chất và khoáng sản; Xác định phương hướng và đạt được sản phẩm nghiên cứu có chất lượng khoa học, tính ứng dụng cao, các doanh nghiệp khoáng sản trong ngành tham gia vào chuỗi cung ứng toàn cầu.

Từ khóa: *Ngành địa chất Việt Nam; Cách mạng công nghiệp lần thứ tư; phát triển bền vững.*

Nhận bài: 22/6/2023; Sửa chữa: 26/7/2023;

Duyệt đăng: 28/8/2023.

1. Giới thiệu chung

Để phát triển ngành địa chất Việt Nam đáp ứng được nhiệm vụ mà Đảng và Chính phủ giao phó [7] trong bối cảnh phát triển CMCN 4.0 gắn với PTBV, bao gồm: Cung cấp thông tin làm cơ sở khoa học cho các ngành, địa phương trong việc quy hoạch, quản lý, phát triển kinh tế - xã hội, an ninh quốc phòng; Cung cấp nguyên liệu khoáng sản cho các ngành, địa phương...

DEVELOPMENT OF VIETNAM'S GEOLOGICAL SECTOR IN THE CONTEXT OF THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION ASSOCIATED WITH SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Abstract:

The article presents research results assessing strengths, weaknesses, opportunities and challenges to propose a number of development solutions of Vietnam's geological sector in the context of the fourth industrial revolution associated with sustainable development, including: Management and use of geological and mineral resources in a sustainable way, protect the environment and natural resources in the process of exploitation and efficient use of geological and mineral resources; To improve the capacity of research, management and implementation of activities to investigate geological and mineral resources, strengthen technological research and development in the Vietnam's geological sector, create favorable conditions for enterprises in the Vietnam's geological sector to exploit minerals for growth; Proposing policies and mechanisms to support the development of Vietnam's geological sector, helping to enhance competitiveness, creating favorable conditions for Vietnamese geological management agencies to improve the efficiency of industry management and essential investigation of geological and mineral resources; Determine the direction and achieve research products of high scientific quality and applicability, mineral enterprises in the industry participate in the global supply chain.

Keywords: *Geology sector of Vietnam; Fourth industrial revolution; sustainable development.*

JEL Classifications: Q51, Q56, Q59.

thì việc định hướng phát triển ngành địa chất Việt Nam phải theo hướng hiện đại, hội nhập quốc tế trong phạm vi, không gian của đất liền và biển, đảo. Do đó, đánh giá điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội, thách thức trong bối cảnh CMCN 4.0 gắn với PTBV để đề xuất một số giải pháp phát triển ngành địa chất Việt Nam là yêu cầu cấp thiết hiện nay. Mục tiêu của nghiên cứu nhằm tổng quan khái niệm về CMCN 4.0, mục tiêu PTBV; Tổng



quan ngành địa chất Việt Nam; Xác định, đánh giá điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội, thách thức của ngành địa chất; Đề xuất một số giải pháp định hướng phát triển trong thời gian tới.

2. Phương pháp nghiên cứu

Thu thập, tổng hợp tài liệu về: (1) CMCN 4.0 gắn với PTBV và xu hướng phát triển ngành địa chất trên thế giới, ngành địa chất Việt Nam; (2) Phân tích điểm mạnh (S), điểm yếu (W), cơ hội (O), thách thức (T) (viết tắt là SWOT) của ngành địa chất Việt Nam.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Mối liên quan giữa cuộc CMCN 4.0 và PTBV trong việc đưa ra các giải pháp phát triển ngành địa chất

3.1.1. Cuộc CMCN 4.0

CMCN 4.0 là khái niệm do một nhóm các nhà khoa học Đức giới thiệu lần đầu tiên để phát triển một chiến lược công nghệ kỹ thuật cao cho Chính phủ Đức năm 2011 [11]. CMCN 4.0 được hiểu là sự hội tụ của 3 nhóm công nghệ vật lý - sinh học và kỹ thuật số, tạo nên hệ thống vật lý ảo trong sản xuất, logistics và vận vật kết nối sử dụng internet, dịch vụ internet. Trong công nghệ vật lý có xe tự lái, công nghệ in 3D, người máy, vật liệu mới...; Công nghệ sinh học có chỉnh sửa AND, kỹ thuật di truyền...; Công nghệ kỹ thuật số có internet vạn vật, trí tuệ nhân tạo, dữ liệu lớn, điện toán đám mây, học máy, chuỗi khối... Hệ thống của CMCN 4.0 bao gồm: Hệ thống vật lý ảo (CPS), kết nối vạn vật (IoT), kết nối dịch vụ (IoS), nhà máy thông minh (Smart factory-SF). Song song với CMCN 4.0 do Đức khởi xướng, các nước trên thế giới đều phát triển sáng kiến phát triển để xây dựng chiến lược quốc gia, kế hoạch, chương trình hành động theo xu thế sáng tạo dựa trên khai phá dữ liệu số trong việc phát triển xã hội thông minh lấy con người làm trung tâm [9].

Ngành địa chất của các nước tiến tiến trên thế giới như Mỹ, Anh [10] cũng đã định hướng nhiệm vụ gắn với mục tiêu PTBV, bao gồm: Giảm thiểu rủi ro thảm họa môi trường; Quản lý bền vững tài nguyên nước; Đảm bảo tiếp cận nguồn năng lượng bền vững; Phát triển du lịch địa chất; Xây dựng cơ sở hạ tầng có khả năng chống chịu các dạng thiên tai, tai biến địa chất; Phát triển đô thị; Cảnh báo sớm thiên tai; Sử dụng bền vững đại dương, biển và các nguồn tài nguyên biển...

Ở Việt Nam, đã có các nghị quyết, quyết định, chỉ thị về một số chủ trương, chính sách, kế hoạch của Đảng và Nhà nước chủ động tham gia cuộc CMCN 4.0 [2], [14] [15] từ những năm 2017, 2019 và 2020. Việc triển khai thực hiện chỉ mới ở một số đơn vị của các Bộ, ngành trực thuộc Trung ương và chưa có báo cáo tổng kết.

3.1.2. Phát triển bền vững

PTBV do Hiệp hội Bảo tồn thiên nhiên và tài nguyên thiên nhiên quốc tế đưa ra năm 1980 [18] với nội dung: Sự phát triển của nhân loại không thể chỉ chú trọng tới phát triển kinh tế mà còn phải tôn trọng những nhu cầu tất yếu của xã hội và sự tác động đến môi trường sinh thái học. Hội nghị Thượng đỉnh Trái đất tổ chức tại Brazil tháng 6/1992 đã thông qua Chương trình nghị sự 21, gồm 7 nguyên tắc cơ bản và 1 chương trình hành động vì mục đích PTBV [18]. Năm 2015, tại kỳ họp lần thứ 70 tại New York, Đại hội đồng Liên hợp quốc đã thông qua Chương trình nghị sự 2030 [18] với 17 mục tiêu chung vì sự PTBV đến năm 2030, gồm: Chấm dứt nghèo đói; Xóa đói; Bảo đảm cuộc sống khỏe mạnh và tăng cường phúc lợi cho mọi người; Đảm bảo nền giáo dục chất lượng; Bình đẳng giới, tăng quyền và tạo cơ hội cho phụ nữ; Đảm bảo đầy đủ và quản lý bền vững tài nguyên nước, hệ thống vệ sinh; Đảm bảo khả năng tiếp cận nguồn năng lượng bền vững, đáng tin cậy, có khả năng chi trả; Đảm bảo tăng trưởng kinh tế bền vững, tạo việc làm đầy đủ cho mọi người; Xây dựng cơ sở hạ tầng có khả năng chống chịu cao, thúc đẩy công nghiệp hóa, tăng cường đổi mới; Giảm bất bình đẳng trong xã hội; Phát triển đô thị, nông thôn bền vững, có khả năng chống chịu; Đảm bảo mô hình sản xuất và tiêu dùng bền vững; Ứng phó kịp thời, hiệu quả với biến đổi khí hậu, thiên tai; Bảo tồn, sử dụng bền vững đại dương, biển, nguồn lợi biển để PTBV; Bảo vệ rừng và PTBV; Thúc đẩy xã hội hòa bình, công bằng, bình đẳng vì sự PTBV; Tăng cường phương thức thực hiện và thúc đẩy đối tác toàn cầu vì sự PTBV.

Hưởng ứng chương trình hành động vì mục đích PTBV, Việt Nam đã có quyết định ban hành Kế hoạch hành động quốc gia thực hiện Chương trình nghị sự 2030 vì sự PTBV từ năm 2017 [14] với 17 mục tiêu tổng quát, 115 mục tiêu cụ thể và được chia làm hai giai đoạn: Từ năm 2017 - 2020; từ năm 2021 - 2030 với đầu mối là Bộ Kế hoạch và Đầu tư. Một số Bộ, ban ngành đã chủ động thực hiện Kế hoạch này. Tuy nhiên cũng chưa có tổng kết, đánh giá việc thực hiện các mục tiêu PTBV.

3.1.3. Ngành địa chất Việt Nam

Ngành địa chất Việt Nam tổ chức kỷ niệm Ngày thành lập vào 2/10 hàng năm [13]. Phạm vi hoạt động của ngành bao gồm các lĩnh vực về địa chất, khoáng sản; Địa chất công trình - Địa chất thủy văn; Tai biến địa chất; Di sản địa chất; Công viên địa chất; Quan trắc tai biến địa chất và thăm dò khoáng sản; hướng dẫn lập hồ sơ, thẩm định và công nhận Danh hiệu Di sản địa chất, Công viên địa chất cấp quốc gia; đầu mối quốc gia tham gia Ủy ban điều phối các chương trình khoa học địa chất khu vực Đông Nam Á (CCOP), Ủy ban quốc gia Việt Nam về chương trình khoa học địa chất quốc tế (IGCP); hỗ trợ việc điều phối và thực hiện các hoạt động liên quan đến phát triển, quản lý Mạng lưới công

viên địa chất toàn cầu UNESCO... [7]. Chức năng quản lý, thực thi pháp luật nhà nước về địa chất, điều tra cơ bản địa chất, khoáng sản, dịch vụ công thuộc lĩnh vực địa chất được Bộ TN&MT giao cho Cục Địa chất Việt Nam [4], phù hợp với trách nhiệm quản lý nhà nước về khoáng sản của Chính phủ, Bộ, cơ quan ngang Bộ [12]. Chức năng quản lý, thực thi pháp luật Nhà nước về khoáng sản, dịch vụ công thuộc lĩnh vực khoáng sản được Bộ TN&MT giao cho Cục Khoáng sản Việt Nam [5], phù hợp với trách nhiệm quản lý nhà nước về khoáng sản của Chính phủ, Bộ, cơ quan ngang Bộ [12]. Chức năng nghiên cứu khoa học, phát triển công nghệ về địa chất và khoáng sản (bao gồm địa chất, khoáng sản, tài nguyên địa chất, tài nguyên nước dưới đất, di sản địa chất và công viên địa chất, địa chất biển, địa chất môi trường, tai biến địa chất, địa chất đô thị, địa chất y học, địa chất công trình và địa chất kỹ thuật), đào tạo trình độ tiến sĩ về địa chất, khoáng sản được Bộ trưởng Bộ TN&MT giao cho Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản [3]. Chức năng nghiên cứu cơ bản về khoa học tự nhiên, phát triển công nghệ (trong đó có khoa học Trái đất) được Chính phủ giao cho Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam [6]. Trong quá trình phát triển, ngành địa chất Việt Nam luôn phát huy truyền thống và tiếp tục đạt được nhiều thành tựu [8]. Công tác điều tra cơ bản về địa chất, khoáng sản cũng như đánh giá, thăm dò khoáng sản ngày càng được đẩy mạnh. Công tác quản lý nhà nước về địa chất, khoáng sản như các thông tư, quy định hướng dẫn điều tra địa chất, khoáng sản, đề án thăm dò, báo cáo kết quả... đã được ban hành. Các chính sách và pháp luật về khoáng sản, tạo hành lang pháp lý để quản lý hoạt động khai thác khoáng sản theo hướng hiệu quả, bền vững, đảm bảo môi trường, an ninh, quốc phòng... đã được ban hành. Các tiêu chuẩn Việt Nam về phân tích; hướng dẫn kỹ thuật, thông tư về điều tra tại biển địa chất, di sản địa chất, công viên địa chất... đã được xây dựng.

3.1.4. Mối liên quan giữa cuộc CMCN 4.0 và PTBV trong phát triển ngành địa chất

CMCN 4.0 đang diễn ra với sự bùng nổ của các công nghệ tiên tiến như trí tuệ nhân tạo, internet vạn vật, big data, robot, tự động hóa... và tác động đến mọi khía cạnh của cuộc sống, từ kinh tế đến xã hội, từ công nghiệp đến dịch vụ. Trong khi đó, PTBV là xu hướng được nhắc đến ngày càng nhiều gần đây, tập trung vào việc đảm bảo sự phát triển của con người và xã hội trong sự cân bằng với môi trường tự nhiên, không ảnh hưởng xấu đến các thế hệ tương lai. CMCN 4.0 đem lại những cơ hội và thách thức mới cho ngành địa chất, trong khi PTBV giúp đảm bảo rằng các hoạt động của ngành địa chất không ảnh hưởng xấu đến môi trường và cộng đồng, đồng thời đáp ứng được nhu cầu phát triển của đất nước. Sử dụng công nghệ tiên tiến như định vị toàn cầu (GPS), hình ảnh vệ tinh, mô hình hóa

3D và dữ liệu lớn có thể giúp cải thiện chất lượng dịch vụ khảo sát địa chất, khoáng sản, tăng cường khả năng dự báo nguy cơ thiên tai và đáp ứng nhu cầu phát triển khoáng sản bền vững. Ngoài ra, việc sử dụng công nghệ ứng dụng trí tuệ nhân tạo, IoT, tự động hóa cũng có thể giúp tăng cường hiệu quả hoạt động quản lý, giám sát tài nguyên địa chất và khai thác khoáng sản, giúp cải thiện quy trình và giảm chi phí sản xuất. Bối cảnh nền công nghiệp 4.0 và xu hướng số hóa của Việt Nam đã đem lại cơ hội cũng như thách thức cho ngành địa chất, đòi hỏi phải có những định hướng đúng đắn để PTBV ngành địa chất Việt Nam.

3.2. Lợi thế phát triển của ngành địa chất Việt Nam

Ngành địa chất Việt Nam đang có những lợi thế sau: Tài nguyên phong phú về các khoáng sản quan trọng như than, quặng sắt, bauxite, đá granit, kim cương và một số loại khoáng sản quý khác; Địa hình đa dạng với nhiều vùng đất núi cao, khu vực đất thấp và vùng đất ven biển, cung cấp tiềm năng phong phú cho việc khai thác, sử dụng tài nguyên địa chất và khoáng sản; Sự đổi mới công nghệ nhanh chóng và việc áp dụng công nghệ mới đã cải thiện năng suất, hiệu quả quá trình khai thác, chế biến; Thu hút được nhiều nhà đầu tư nước ngoài đầu tư vào ngành địa chất và khoáng sản, cung cấp vốn, công nghệ mới cho sự phát triển của ngành; Quy định pháp luật của Việt Nam đang được cải tiến, cập nhật để đáp ứng nhu cầu PTBV đất nước; Bối cảnh hợp tác toàn cầu và cuộc CMCN 4.0 cùng các mục tiêu PTBV.

3.2.1. Điểm yếu, khó khăn, vướng mắc trong phát triển ngành địa chất Việt Nam

Bên cạnh điều kiện thuận lợi, ngành địa chất Việt Nam cũng gặp một số khó khăn như: Thiếu tài nguyên, công nghệ để khai thác, chế biến khoáng sản một cách hiệu quả, bền vững, đặc biệt là các công nghệ tiên tiến; Quản lý chưa hiệu quả, đặc biệt là trong việc kiểm soát, giám sát hoạt động khai thác, chế biến khoáng sản. Cùng với đó là vấn đề ô nhiễm môi trường, sụt, sạt lở đất, xói mòn bờ biển, do khai thác, chế biến khoáng sản gây ra, độc hại cho sức khỏe người dân và các loài động, thực vật; Việc cạnh tranh gay gắt từ các nước khác về thị trường khoáng sản, nhu cầu năng lượng...

3.2.2. Cơ hội phát triển của ngành địa chất Việt Nam

Ngành địa chất Việt Nam đã được Bộ Chính trị đưa ra quan điểm chỉ đạo, định hướng mới cho quá trình phát triển giai đoạn đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 [1]. Theo đó, lần đầu tiên nội dung “tài nguyên địa chất” được làm rõ gồm: Tài nguyên khoáng sản, tài nguyên vị thế, di sản địa chất, công viên địa chất, đồng thời nhấn mạnh tài nguyên địa chất, khoáng sản vừa là nguồn lực quan trọng để phát triển kinh tế - xã hội - an ninh quốc phòng của đất nước, vừa là nguồn dự trữ



lâu dài của quốc gia cần phải được quy hoạch, điều tra, thăm dò đầy đủ, được quản lý tập trung, thống nhất; khai thác, sử dụng bền vững, hợp lý, tiết kiệm, hiệu quả. Bên cạnh đó, Chiến lược địa chất, khoáng sản và công nghiệp khai khoáng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt [16], là cơ sở cho việc triển khai thực hiện Quy hoạch điều tra cơ bản địa chất về khoáng sản thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 cũng đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt [17] để làm căn cứ điều tra, thăm dò, khai thác khoáng sản nhằm bảo vệ, sử dụng hợp lý tài nguyên khoáng sản cho trước mắt, lâu dài, phục vụ mục tiêu PTBV kinh tế - xã hội và an ninh quốc phòng.

3.2.3. Thách thức trong việc phát triển của ngành địa chất Việt Nam

Thách thức về tài nguyên với chất lượng và sự phân bố không đồng đều trên cả nước, gặp phải nhiều rào cản do vấn đề môi trường và quy định pháp luật; Công nghệ phụ thuộc vào việc nhập khẩu từ nước ngoài, gây khó khăn trong việc nâng cao năng lực cạnh tranh trên thị trường quốc tế; Công tác quản lý và giám sát chưa thực sự đảm bảo hiệu quả. Các quy định về khai thác, chế biến, sử dụng tài nguyên khoáng sản chưa đầy đủ, rõ ràng dẫn đến việc áp dụng gặp khó khăn do vấn đề thiếu nhân lực chuyên môn và các cơ chế giám sát hiệu quả. Cùng với đó là thách thức về đầu tư, tài chính thấp, thiếu tính khả thi, chưa đáp ứng đủ nhu cầu của ngành; Việc đào tạo đội ngũ nhân lực còn tồn tại nhiều hạn chế, thiếu hụt đội ngũ nhân lực có trình độ cao và chuyên môn, trong khi đó, các cơ sở đào tạo ngành này chưa đáp ứng đủ nhu cầu của ngành.

3.3. Đề xuất một số giải pháp để phát triển ngành địa chất Việt Nam

3.3.1. Giải pháp để quản lý, sử dụng tài nguyên khoáng sản một cách bền vững, BVMT và tài nguyên thiên nhiên

Để quản lý, sử dụng tài nguyên khoáng sản một cách bền vững, BVMT và tài nguyên thiên nhiên, một số giải pháp được đưa ra gồm: Thúc đẩy sử dụng công nghệ tiên tiến trong việc khai thác, chế biến, sử dụng tài nguyên khoáng sản để giảm thiểu tác động xấu đến môi trường và tài nguyên thiên nhiên; Thực hiện BVMT, phục hồi đất đai trong các hoạt động khai thác tài nguyên khoáng sản để giảm thiểu ảnh hưởng xấu đến môi trường và đất đai. Đồng thời, tăng cường sử dụng năng lượng sạch và tài nguyên thay thế để thay thế các nguồn năng lượng truyền thống, góp phần giảm thiểu lượng khí thải gây ô nhiễm môi trường; xây dựng hệ thống quản lý tài nguyên địa chất, BVMT tiên tiến, hiệu quả để cung cấp cho các nhà quản lý, hoạch định chính sách, dịch vụ hành chính công, doanh nghiệp... đảm bảo sự bền vững của hoạt động điều tra, khai thác, sử dụng tài nguyên địa chất và khoáng sản.

3.3.2. Giải pháp để nâng cao năng lực nghiên cứu, quản lý và thực hiện các hoạt động khoáng sản

Tăng cường đào tạo, phát triển nguồn nhân lực để thực hiện hoạt động điều tra, khai thác cũng như đào tạo các nhà nghiên cứu về tài nguyên địa chất và khoáng sản; thúc đẩy nghiên cứu, phát triển công nghệ để tăng cường hiệu quả quản lý, khai thác, sử dụng tài nguyên địa chất, khoáng sản và giảm thiểu tác động xấu đến môi trường; thiết lập hệ thống quản lý tài nguyên địa chất và khoáng sản hiệu quả, đảm bảo sự bền vững của các hoạt động điều tra, khai thác, sử dụng tài nguyên địa chất, khoáng sản, bao gồm các quy định về BVMT, an toàn lao động, quản lý tài nguyên địa chất, khoáng sản. Mặt khác, tăng cường mối quan hệ hợp tác giữa các tổ chức và các quốc gia để đẩy mạnh năng lực nghiên cứu, quản lý, thực hiện các hoạt động điều tra, khai thác, sử dụng tài nguyên địa chất, khoáng sản trong việc chia sẻ kinh nghiệm và công nghệ, thực hiện các dự án chung và đào tạo nguồn nhân lực chung để tăng cường năng lực cũng như hiệu quả trong ngành địa chất; giám sát, đánh giá hoạt động điều tra, khai thác, sử dụng tài nguyên địa chất và khoáng sản để đảm bảo các hoạt động này được triển khai hiệu quả, tiết kiệm tài nguyên, đảm bảo tính pháp lý, không gây phương hại cho môi trường, hệ sinh thái, cộng đồng xã hội xung quanh.

3.3.3. Giải pháp về chính sách và cơ chế hỗ trợ phát triển

Chính phủ cần đầu tư vào nghiên cứu, phát triển công nghệ để cải tiến, tăng cường hiệu quả trong việc điều tra, khai thác, sử dụng tài nguyên địa chất và khoáng sản, giúp tạo ra những sản phẩm, dịch vụ mới, từ đó tạo điều kiện cho các doanh nghiệp tăng cường năng lực cạnh tranh, mở rộng thị trường; tạo điều kiện thuận lợi cho các doanh nghiệp đầu tư vào lĩnh vực tài nguyên địa chất và khoáng sản như tạo cơ chế hỗ trợ, bao gồm miễn thuế, giảm thuế, hỗ trợ vốn và đào tạo nguồn nhân lực, giúp tăng cường năng lực cạnh tranh của các doanh nghiệp trong ngành địa chất. Mặt khác, cần thiết lập một hệ thống quản lý tài nguyên địa chất và khoáng sản hiệu quả để đảm bảo sự bền vững. Hệ thống này phải bao gồm các quy định về điều tra tài nguyên địa chất, khoáng sản, khai thác khoáng sản, BVMT, an toàn lao động và quản lý tài nguyên địa chất, khoáng sản. Đồng thời, cần tăng cường giám sát, đánh giá hoạt động điều tra, khai thác, sử dụng tài nguyên địa chất, khoáng sản để đảm bảo rằng các hoạt động này được thực hiện đúng quy định và không gây tác động tiêu cực đến môi trường.

Chính phủ cũng cần đầu tư vào đào tạo nguồn nhân lực chất lượng, đặc biệt là cho các nhà quản lý, chuyên gia và nhà nghiên cứu về tài nguyên địa chất, khoáng sản. Các chương trình đào tạo phải được thiết kế để đáp ứng yêu cầu phát triển của ngành địa chất Việt Nam trong bối cảnh CMCN 4.0 gắn với PTBV...

4. Kết luận

Trong bối cảnh phát triển công nghiệp 4.0 gắn với PTBV cùng các yêu cầu hội nhập quốc tế đặt ngành địa chất Việt Nam đứng trước nhiều cơ hội cũng như thách thức. Kết quả phân tích các cơ hội cho thấy, Việt Nam có nhiều tài nguyên địa chất quý giá, đặc biệt là khoáng sản, nếu khai thác, chế biến một cách bền vững, có thể mang lại lợi ích kinh tế lớn cho đất nước và đóng góp vào chuỗi cung ứng toàn cầu. Bên cạnh những cơ hội để hợp tác với các đối tác quốc tế trong lĩnh vực địa chất như nghiên cứu, đào tạo, ứng dụng công nghệ tiên tiến, Việt Nam cũng có nhiều cơ hội để phát triển sản phẩm địa chất và khoáng sản có giá trị gia tăng cao như quặng chế biến sâu, các di sản địa chất có giá trị về khoa học - văn hóa lịch sử - giá trị du lịch, đáp ứng nhu cầu của thị trường quốc tế và trong nước. Kết quả phân tích thách thức trong việc phát triển ngành địa chất Việt Nam cho thấy, hoạt động khai thác tài nguyên địa chất và khoáng sản có thể gây ra tác động tiêu cực đến môi trường, cộng đồng xung quanh, vì vậy, cần có giải pháp BVMT và đảm bảo quyền lợi cho cộng đồng. Trong khi đó, ngành địa chất Việt Nam đang thiếu nguồn nhân lực có trình độ và kỹ năng, cần tăng cường đào tạo, phát triển lực lượng nhân viên chất lượng cao, đồng thời,

cạnh tranh với những nước có truyền thống phát triển ngành địa chất như Ôxtrâylia, Canada, Anh, Mỹ... để khẳng định vị trí trong thị trường quốc tế.

Nhằm đáp ứng được yêu cầu hội nhập quốc tế trong bối cảnh phát triển công nghiệp 4.0, gắn với PTBV, ngành địa chất Việt Nam cần thực hiện các định hướng phát triển sau: Nghiên cứu, áp dụng công nghệ tiên tiến trong điều tra, khai thác, sử dụng bền vững tài nguyên địa chất và khoáng sản; Phát triển các sản phẩm địa chất và khoáng sản có giá trị gia tăng cao như quặng chế biến sâu, các tài nguyên địa chất có giá trị cao về khoa học - văn hóa lịch sử - giá trị du lịch đóng góp vào sự PTBV của đất nước; Tăng cường quản lý tài nguyên địa chất và khoáng sản hiệu quả, bền vững, BVMT; Đầu tư đào tạo, phát triển nhân lực quản lý, hoạch định chính sách, nhà nghiên cứu, nhà đào tạo, kỹ thuật... chất lượng cao, có năng lực thực hiện các công việc của ngành địa chất và đáp ứng được yêu cầu của quốc tế.

Lời cảm ơn: Bài báo được hoàn thành trong khuôn khổ Đề tài KHCN cấp Bộ “Nghiên cứu, đề xuất định hướng phát triển ngành địa chất trong bối cảnh CMCN 4.0 gắn với PTBV”, mã số TNMT01.31, thời gian thực hiện từ tháng 1/2022 - 12/2023, do Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản chủ trì■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Chính trị, 2022, Nghị quyết số 10-NQ/TW ngày 10/2/2022 về định hướng Chiến lược địa chất, khoáng sản và công nghiệp khai khoáng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.
2. Bộ Chính trị, 2019, Nghị quyết số 52-NQ/TW ngày 27/9/2019 về một số chủ trương, chính sách chủ động tham gia cuộc CMCN 4.0, 8 trang.
3. Bộ TN&MT, 2017, Quyết định số 3481/QĐ-BTNMT quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản.
4. Bộ TN&MT, 2022, Quyết định số 2958/QĐ-BTNMT quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Cục Địa chất Việt Nam.
5. Bộ TN&MT, 2022, Quyết định số 2959/QĐ-BTNMT quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Cục Khoáng sản Việt Nam.
6. Chính phủ, 2017, Nghị định số 60/NĐ-CP quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.
7. Chính phủ, 2022, Nghị định số 68/2022/NĐ-CP quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Bộ TN&MT.
8. Đỗ Cảnh Dương, 2020, 75 năm phát triển ngành địa chất Việt Nam (1945 – 2020).
9. H. Kagermann, J. Winter, 2019, *The second wave of digitalization: Germany's chance*, National Academy of Science and Engineering, Germany.
10. H. Kagermann, R. Anderl, J. Gausemeier, G. Schuh, W. Wahlster, 2016, *Industries 4.0 in a Global context*, National Academy of Science and Engineering, Germany.
11. K. Schwab, 2016, *The fourth industrial revolution*, World economic forum.
12. Quốc hội, 2010, Luật Khoáng sản.
13. Thủ tướng Chính phủ, 2010, Quyết định số 718/QĐ-TTg ngày 21/5/2010 về ngày truyền thống của ngành Địa chất Việt Nam.
14. Thủ tướng Chính phủ, 2017, Quyết định số 622/QĐ-TTg về việc ban hành kế hoạch hành động quốc gia thực hiện Chương trình nghị sự 2030 vì sự PTBV, 91 trang.
15. Thủ tướng Chính phủ, 2020, Quyết định số 2289/QĐ-TTg ban hành Chiến lược quốc gia về CMCN 4.0 đến năm 2030, 13 trang.
16. Thủ tướng Chính phủ, 2023, Quyết định số 334/QĐ-TTg ngày 1/4/2023 phê duyệt Chiến lược địa chất, khoáng sản và công nghiệp khai khoáng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.
17. Thủ tướng Chính phủ, 2023, Quyết định số 680/QĐ-TTg ngày 10/6/2023 phê duyệt Quy hoạch điều tra cơ bản địa chất về khoáng sản thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.
18. United Nations, 2015, *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*.