



ISSN 1859-4794

TẠP CHÍ

# KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ Việt Nam

**Vietnam Journal of  
Science and Technology - MOST**

**B**

Tập 58 - Số 11 - Tháng 11 năm 2016

## HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

Nguyễn Văn Hiệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam  
Nguyễn Việt Anh - Trường Đại học Xây dựng  
Bùi Chí Bửu - Viện Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp Miền Nam  
Vũ Dũng - Hội Tâm lý học Việt Nam  
Trần Thọ Đạt - Trường Đại học Kinh tế Quốc dân  
Nguyễn Đình Đức - Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội  
Vũ Minh Giang - Đại học Quốc gia Hà Nội  
Trương Nam Hải - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam  
Từ Quang Hiến - Trường Đại học Nông lâm Thái Nguyên  
Phạm Huy Khang - Trường Đại học Giao thông Vận tải  
Phạm Gia Khánh - Chủ tịch Hội Ghép tạng Việt Nam  
Hồ Đắc Lộc - Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ TP Hồ Chí Minh  
Nguyễn Thị Mỹ Lộc - Trường Đại học Giáo dục - Đại học Quốc gia Hà Nội  
Bành Tiến Long - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội  
Lê Quan Nghiêm - Đại học Y Dược TP Hồ Chí Minh  
Mai Trọng Nhuận - Đại học Quốc gia Hà Nội  
Nguyễn Thanh Phương - Trường Đại học Cần Thơ  
Nguyễn Thanh Thủy - Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội  
Phạm Hùng Việt - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội

## TỔNG BIÊN TẬP

Đặng Ngọc Bảo

## PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

Nguyễn Thị Hải Hằng  
Nguyễn Thị Hương Giang

## TRƯỞNG BAN BIÊN TẬP

Phạm Thị Minh Nguyệt

## TRƯỞNG BAN TRỊ SỰ

Lương Ngọc Quang Hưng

## TRÌNH BÀY

Đinh Thị Luận

## EDITORIAL COUNCIL

Nguyen Van Hieu - Vietnam Academy of Science and Technology  
Nguyen Viet Anh - National University of Civil Engineering  
Bui Chi Bui - Institute of Agricultural Science for Southern Vietnam  
Vu Dung - Vietnam Association of Social Psychology  
Tran Tho Dat - National Economics University  
Nguyen Dinh Duc - University of Engineering and Technology - Vietnam National University, Hanoi  
Vu Minh Giang - Vietnam National University, Hanoi  
Truong Nam Hai - Vietnam Academy of Science and Technology  
Tu Quang Hien - Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry  
Pham Huy Khang - University of Transport and Communications  
Pham Gia Khanh - President of Vietnam Society of Organ Transplantation  
Ho Duc Loc - Ho Chi Minh City University of Technology  
Nguyen Thi My Loc - University of Education, Vietnam National University, Hanoi  
Banh Tien Long - Hanoi University of Science and Technology  
Le Quan Nghiem - University of Medicine and Pharmacy of Ho Chi Minh City  
Mai Trong Nhuan - Vietnam National University, Hanoi  
Nguyen Thanh Phuong - Can Tho University  
Nguyen Thanh Thuy - University of Engineering and Technology - Vietnam National University, Hanoi  
Pham Hung Viet - VNU University of Science

## EDITOR-IN-CHIEF

Dang Ngoc Bao

## DEPUTY EDITORS

Nguyen Thi Hai Hang  
Nguyen Thi Huong Giang

## HEAD OF EDITORIAL BOARD

Pham Thi Minh Nguyet

## HEAD OF ADMINISTRATION

Luong Ngoc Quang Hung

## ART DIRECTOR

Dinh Thi Luan

## TÒA SOẠN

113 Trần Duy Hưng - Cầu Giấy - Hà Nội  
Tel: (84.24) 39436793; Fax: (84.24) 39436794  
Email: khcnvn@most.gov.vn  
Tạp chí điện tử: b.vjst.vn

## EDITORIAL OFFICE

113 Tran Duy Hung Str. - Cau Giay Dist. - Hanoi  
Tel: (84.24) 39436793; Fax: (84.24) 39436794  
Email: khcnvn@most.gov.vn  
E-journal: b.vjst.vn

## GIẤY PHÉP XUẤT BẢN

Số 1153/GP-BTTTT ngày 26/7/2011  
Số 2528/GP-BTTTT ngày 26/12/2012

Giá: 18000<sup>d</sup>

## PUBLICATION LICENCE

No.1153/GP-BTTTT 26th July 2011  
No.2528/GP-BTTTT 26th December 2012

# Lý thuyết Nevanlinna trên trường không Acsimet

Hà Huy Khoái\*

Trường Đại học Thăng Long

Ngày nhận bài 30/9/2016, ngày chuyển phản biện 5/10/2016, ngày nhận phản biện 25/10/2016, ngày chấp nhận đăng 31/10/2016

Trong bài này tác giả đưa ra một tổng quan ngắn về hướng nghiên cứu lý thuyết Nevanlinna trên trường không Acsimet và ứng dụng của nó trong lý thuyết không gian hyperbolic phức, lý thuyết các tập xác định duy nhất các hàm phân hình.

**Từ khóa:** hàm phân hình, lý thuyết Nevanlinna, trường  $p$ -adic.

**Chỉ số phân loại 1.1**

## The Nevanlinna theory on a non-Archimedean field

Summary

In this paper, the author gives a brief survey on the Nevanlinna theory on a non-Archimedean field, and its applications in the theory of hyperbolic spaces, theory of unique range sets of mero- morphic functions.

**Keywords:** meromorphic functions, Nevanlinna theory,  $p$ -adic fields.

**Classification number 1.1**

### 1. Mở đầu

Lý thuyết phân bố giá trị các hàm phân hình, hay còn gọi là lý thuyết Nevanlinna, là một trong những hướng nghiên cứu trung tâm của giải tích phức. ở Việt Nam, mở đầu bởi các công trình nổi tiếng của giáo sư Lê Văn Thiêm về bài toán ngược của lý thuyết Nevanlinna, hướng nghiên cứu này đang được tiếp tục phát triển mạnh. Bài viết này nhằm cung cấp một tổng quan ngắn về lý thuyết Nevanlinna, đặc biệt chú trọng đến một số đóng góp của các nhà toán học Việt Nam trong lý thuyết Nevanlinna trên trường không Acsimet, là lý thuyết được xây dựng lần đầu tiên trong công trình [1], và ngày nay đã trở thành một hướng nghiên cứu mạnh trong và ngoài nước.

Ta có thể bắt đầu từ Định lý cơ bản của đại số:

**Định lý. Giả sử**

$$f(z) = a_0 + a_1 z + \dots + a_n z^n$$

là đa thức bậc  $n \geq 1$ , với hệ số phức. Khi đó với mỗi giá trị  $a$ , phương trình  $f(z) = a$  có  $n$  nghiệm (kể cả bội).

Lý thuyết Nevanlinna nghiên cứu vấn đề Hàm phân hình  $f(z)$  nhận mỗi giá trị  $a \in \mathbf{P}^1$  bao nhiêu lần, hay nói cách khác, làm thế nào để đo tập hợp  $f^{-1}(a)$ ?

Kết quả quan trọng đầu tiên theo hướng này thuộc về Hadamard.

**Định lý Hadamard.** Giả sử  $f(z)$  là hàm chỉnh hình trong  $\mathbf{C}$ . Khi đó (số không điểm của  $f$  trong  $\{ |z| \leq r \}$ )  $\leq \log \max_{|z| \leq r} |f(z)| + O(1)$ , trong đó  $O(1)$  phụ thuộc  $f$ , nhưng không phụ thuộc  $r$ .

Kết quả này chưa phải là “lý tưởng”, vì có hai nhược điểm sau:

a) Khi  $f$  là hàm phân hình, vế phải của bất đẳng thức là vô cùng, và Định lý Hadamard không đưa lại thông tin gì về số không điểm của hàm  $f$ .

b) Tồn tại những hàm, chẳng hạn,  $f(z) = e^z$ , không có không điểm, và trong trường hợp đó, bất đẳng thức Hadamard trở nên tầm thường.

Để khắc phục những nhược điểm trên, R. Nevanlinna định nghĩa các hàm sau đây.

\*Email: hkhkhai@math.ac.vn

1.1. *Hàm đếm.* Giả sử  $a \in \mathbb{C}$ . Đặt

$n(a, r) = \#\{\text{không điểm của } f(z) - a \text{ trong } \{|z| < r\}, \text{ kể cả bội}\}$

$$N(a, r) = \int_0^r \frac{n(a, t) - n(a, 0)}{t} dt + n(a, 0) \log r$$

1.2. *Hàm đặc trưng.* Thay cho  $\log_{|z| \leq r} |f(z)|$  ta xét hàm:

$$T(r) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log^+ |f(re^{i\theta})| d\theta + N(\infty, r)$$

Sử dụng hai hàm này, ta nhận được bất đẳng thức sau đây:

$$N(0, r) \leq T(r) + O(1)$$

Bất đẳng thức này đúng và không tầm thường ngay cả đối với các hàm phân hình.

Để khắc phục nhược điểm thứ hai, ta chú ý rằng, hàm  $e^z$  tuy không có không điểm, nhưng nhận rất nhiều giá trị "gần với 0". Ta dùng hàm sau đây để "đo" tập hợp tại đó hàm nhận giá trị "gần với 0":

1.3. *Hàm xấp xỉ.*

$$m(a, r) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log^+ \left| \frac{1}{f(re^{i\theta}) - a} \right| d\theta$$

(trong đó  $\log^+ = \max(0, \log)$ )

Rõ ràng rằng  $m(a, r)$  trở nên "lớn" khi  $f(z)$  gần với  $a$ .

Kết quả trung tâm của lý thuyết Nevanlinna là hai "Định lý cơ bản" và *quan hệ số khuyết*.

1.4. **Định lý cơ bản thứ nhất của Nevanlinna.** *Tồn tại hàm  $T(f)$  sao cho với mọi  $a \in \mathbb{P}^1$  ta có*

$$m(a, r) + N(a, r) = T(r) + O(1)$$

Do  $T(r)$  không phụ thuộc  $a$ , có thể nói rằng hàm phân hình nhận mỗi giá trị  $a \in \mathbb{P}^1$  (và những giá trị "gần  $a$ ") với một số lần như nhau.

1.5. **Định lý cơ bản thứ hai của Nevanlinna.** *Với  $q \in \mathbb{N}$  tùy ý và các điểm phân biệt  $a_i \in \mathbb{P}^1$ ,  $i = 1, \dots, q$*

$$\sum_{i=1}^q m(a_i, r) < 2T(r) + O(\log(rT(r)))$$

trong đó bất đẳng thức thoả mãn trừ ra trên một tập có độ đo giới nội.

Hơn nữa, nếu đặt

$$\delta(a) = \lim_{r \rightarrow \infty} \frac{m(a, r)}{T(r)}$$

ta có

$$\sum_{a \in \mathbb{P}^1} \delta(a) \leq 2 \quad (1)$$

$\delta(a)$  được gọi là *giá trị khuyết* của điểm  $a$  và (1) là *quan hệ số khuyết*.

Tổng trong quan hệ số khuyết có nghĩa, vì  $\delta(a) = 0$  với hầu hết  $a$  (trừ ra trên một tập hợp đếm được).

## 2. Hai định lý cơ bản của lý thuyết Nevanlinna trên trường không Acsimet

2.1. *Tại sao cần nghiên cứu lý thuyết Nevanlinna trên trường  $p$ -adic?*

Trong công trình nổi tiếng "Từ siêu hình đến toán học" [2], A. Weil đã nói về vai trò của sự tương tự trong toán học. Để minh họa tư tưởng này, ông phân tích về "siêu hình" của Hình học Diophantus: đó là sự tương tự giữa các số đại số và các hàm đại số. Tuy nhiên, sự tương tự đáng ngạc nhiên giữa lý thuyết độ cao của Weil và Định lý cơ bản thứ hai của Cartan cho trường hợp siêu phẳng chỉ được phát hiện bởi P. Vojta sau 50 năm! P. Vojta đã đưa ra một "từ điển" để phiên dịch những kết quả của lý thuyết Nevanlinna một chiều sang trường hợp xấp xỉ Diophantus. Với "từ điển" này, ta có thể xem Định lý Roth như là một tương tự của Định lý cơ bản thứ hai của Nevanlinna. Vojta cũng đưa ra một số giả thuyết định lượng, là mở rộng của định lý Roth lên trường hợp chiều cao. Có thể nói rằng, P. Vojta đề xuất một "siêu hình" mới của Hình học Diophantus: *lý thuyết Nevanlinna số học chiều cao*.

Mặt khác, theo triết lý của nguyên lý Hasse-Minkowski, ta hy vọng có một "kết quả số học" nếu ta có nó trong trường hợp thực, phức, và  $p$ -adic với mọi số nguyên tố  $p$ . Như vậy, một cách tự nhiên là cần tìm hiểu tương tự của lý thuyết Nevanlinna trên trường  $p$ -adic.

Lý thuyết Nevanlinna  $p$ -adic được xây dựng lần đầu tiên trong công trình [1] (sau đó trong [3]), và ngày nay đã trở thành một lý thuyết được phát triển rộng rãi, có nhiều ứng dụng trong những vấn đề khác nhau.

Trong những mục sau, chúng tôi sẽ trình bày một số kết quả chính của thuyết Nevanlinna  $p$ -adic và một số ứng dụng của lý thuyết này.

2.2. *Hai định lý cơ bản*

Giả sử  $p$  là số nguyên tố,  $\mathbb{Q}_p$  là trường các số  $p$ -adic,  $\mathbb{C}_p$  là bổ sung  $p$ -adic của bao đóng đại số của  $\mathbb{Q}_p$ . Định giá trong  $\mathbb{Q}_p$  được chuẩn hoá sao cho  $|p| = p^{-1}$ . Ta cũng sử dụng ký hiệu  $v(z)$  cho định giá cộng tính trên  $\mathbb{C}_p$ , là thác triển của  $\text{ord}_p$ .

Hàm đếm được định nghĩa hoàn toàn như trong lý thuyết Nevanlinna phức, tức là với hàm phân hình  $f$ , giá

sử  $n(f, \infty, r)$  ký hiệu số cực điểm trong  $\{|z| \leq r\}$ , đặt

$$N(f, \infty, r) = \int_0^r [n(f, \infty, t) - n(f, \infty, 0)] \frac{dt}{t} + n(f, \infty, 0) \log r =$$

$$\sum_{|z| \leq r, z \neq 0} \max\{0, -ord_z f\} \log \frac{r}{|z|} + \max\{0, -ord_o f\} \log r$$

trong đó  $ord_z f$  ký hiệu cấp của hàm  $f$  tại  $z$ , lấy giá trị âm ứng với các cực điểm. Hàm đếm đối với những giá trị khác được định nghĩa hoàn toàn tương tự.

Đối với hàm xấp xỉ, chú ý rằng chuẩn  $|\cdot|_r$  là nhân tính trên tập hợp hàm nguyên, và thác triển được sang các hàm phân hình. Định nghĩa

$$m(f, \infty, r) = \log |f|_r$$

và với  $a$  hữu hạn,

$$m(f, a, r) = \log \frac{1}{|f - a|_r}$$

Nhận xét rằng trong trường hợp  $p$ -adic, không cần việc lấy "trung bình" theo  $|z| = r$ , do nguyên lý mô đun cực đại mạnh, với  $z$  đủ tổng quát có  $|z| = r$ , ta có  $|f(z)| = |f|_r$ .

Cuối cùng, cũng như trong trường hợp phức, hàm đặc trưng được cho bởi

$$T(f, a, r) = m(f, a, r) + N(f, a, r)$$

Từ tính chất của đa giác Newton suy ra rằng

$$\log |f|_r = \sum_{|z| \leq r, z \neq 0} (ord_z f) \log \frac{r}{|z|} + (ord_o f) \log r + 0(1)$$

trong đó số hạng  $0(1)$  phụ thuộc vào độ lớn của hệ số khác 0 đầu tiên trong khai triển Laurent của hàm  $f$  tại 0.

Công thức Jensen trong trường hợp  $p$ -adic có thể viết dưới dạng:

$$m(f, \infty, r) + N(f, \infty, r) = m(f, 0, r) + N(f, 0, r) + 0(1)$$

Từ công thức trên, đặt  $T(f, r) = m(f, \infty, r) + N(f, \infty, r)$ , ta có hai Định lý cơ bản trong trường hợp  $p$ -adic [3].

**Định lý cơ bản thứ nhất** Giả sử  $f$  là hàm phân hình khác hằng trên  $\mathbb{C}_p$ , và  $a \in \mathbb{C}_p \cup \infty$  là giá trị tùy ý. Khi đó ta có:

$$T(f, a, r) = T(f, r) + 0(1)$$

trong đó  $0(1)$  là đại lượng giới nội khi  $r \rightarrow \infty$ .

**Định lý cơ bản thứ hai.** Giả sử  $f$  là hàm phân hình khác hằng trên  $\mathbb{C}_p$ , và giả sử  $a_1, a_2, \dots, a_q$  là những điểm khác nhau trên  $\mathbb{C}_p \cup \{\infty\}$ . Khi đó, với mọi  $r \geq r_o > 0$

$$(q-2)T(f, r) - \sum_{j=1}^q N(f, a_j, r) - N_{Ram}(f, r) \leq -\log r + 0(1)$$

trong đó

$$N_{Ram}(f, a) = N(f', 0, r) + 2N(f, \infty, r) - N(f', \infty, r)$$

đo cấp tăng của rẽ nhánh của hàm  $f$ , và  $0(1)$  chỉ phụ thuộc  $a_j$ , hàm  $f$  và số  $r_o$ .

**Hệ quả.** Giả sử  $f$  và  $a_1, a_2, \dots, a_q$  như trong phát biểu của Định lý cơ bản thứ hai. Khi đó, với mọi  $r \geq r_o$

$$(q-2)T(f, r) \leq \sum_{j=1}^q N_1(f, a_j, r) - \log r + 0(1)$$

trong đó  $N_1(f, a_j, r)$  ký hiệu hàm đếm sửa đổi, sao cho mỗi điểm mà  $f = a$  chỉ được tính với bội 1, còn  $0(1)$  vẫn phụ thuộc vào  $a_j, f, r_o$ .

### 3. Hàm độ cao

Trong trường hợp  $p$ -adic, ta có thể sử dụng hàm độ cao. Chú ý rằng, đa giác Newton thể hiện một trong những sự khác nhau cơ bản giữa các hàm giải tích  $p$ -adic và các hàm giải tích phức. Cụ thể là, mô đun của một hàm giải tích  $p$ -adic chỉ phụ thuộc vào mô đun của đối số, trừ ra trên một tập hợp rời rạc các giá trị của mô đun đối số. Sự kiện này thường giảm nhẹ khó khăn khi chứng minh những tương tự  $p$ -adic cho các kết quả cổ điển. Dưới đây, chúng tôi sẽ đưa ra định nghĩa về hàm độ cao (xem [4-9]).

Giả sử  $f(z)$  là hàm giải tích trên  $\mathbb{C}_p$ , biểu diễn được bởi chuỗi lũy thừa hội tụ:

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$$

Với mỗi  $n$  vẽ đồ thị  $\Gamma_n$  biểu diễn  $v(a_n z^n)$  như hàm của  $v(z) = t$ . Đồ thị này là một đường thẳng với hệ số góc  $n$ .

Do  $\lim_{n \rightarrow \infty} \{v(a_n) + nt\} = \infty$  với mỗi  $t$  nên suy ra rằng với mỗi  $t$  tồn tại  $n$  sao cho  $v(a_n) + nt$  đạt cực tiểu. Giả sử  $h(f, t)$  ký hiệu biên của giao của mọi nửa mặt phẳng nằm dưới các đường  $\Gamma_n$ . Khi đó trong mỗi đoạn hữu hạn  $[r, s]$ , tồn tại hữu hạn đường  $\Gamma_n$  tham gia trong việc thành lập  $h(f, t)$ . Như vậy,  $h(f, t)$  là một đường gấp khúc. Ta gọi

đường gấp khúc này là *độ cao* của hàm  $f(z)$ . Các điểm  $t$  mà  $h(f, t)$  có đỉnh tại đó được gọi là các điểm tới hạn của  $f(z)$ . Mỗi đoạn hữu hạn chỉ có thể chứa hữu hạn điểm tới hạn. Nếu  $t$  là một điểm tới hạn, thì  $v(a_n) + nt$  đạt cực tiểu tại ít nhất hai giá trị của  $n$ . Nếu  $v(z) = t$  không là điểm tới hạn thì  $|f(z)| = p^{-h(f, t)}$ .

Độ cao của hàm  $f(z)$  cho thông tin đầy đủ về phân bố không điểm của hàm  $f(z)$ . Cụ thể là, hàm  $f$  có không điểm khi  $v(z) = t_i$  (một điểm tới hạn), đồng thời số không điểm của  $f$  sao cho  $v(z) = t_i$  bằng hiệu  $n_{i+1} - n_i$  giữa các hệ số góc của  $h(f, t)$  tại  $t_{i-0}$  và  $t_{i+0}$ .

Đối với hàm phân hình  $f = \frac{\phi}{\psi}$ , độ cao của  $f$  được định nghĩa bởi  $h(f, t) = h(\phi, t) - h(\psi, t)$ . Ta cũng dùng ký hiệu

$$h^+(f, t) = -h(f, t)$$

Khi đó ta có:

**Định lý 3.1** ([4, 10]). *Giả sử  $f$  là hàm phân hình và giả sử  $a_1, a_2, \dots, a_q$  là  $q$  điểm phân biệt trong  $\mathbb{C}_p \cup \{\infty\}$ . Khi đó với  $t$  đủ nhỏ*

$$(q-2)h^+(f, t) \leq \sum_{j=1}^q N_1(f, a_j, t) + t + 0(1)$$

trong đó  $N_1(f, a, t)$  ký hiệu hàm đếm đã hiệu chỉnh sao cho mỗi điểm tại đó  $f = a$  chỉ được tính với bội 1, và  $0(1)$  là đại lượng giới nội khi  $t \rightarrow -\infty$ .

Hàm độ cao cũng được áp dụng vào vấn đề nội suy (xem [5, 7]). Giả sử  $u = \{u_1, u_2, \dots\}$  là một dãy điểm trong  $\mathbb{C}_p$ . Ta chỉ xét các dãy  $u$  mà số các điểm  $u_i$  thoả mãn  $v(u_i) \geq t$  là hữu hạn với mỗi  $t$ . Ta luôn giả thiết rằng  $v(u_i) \geq v(u_{i+1})$ , ( $i = 1, 2, \dots$ ).

**Định nghĩa 3.2** [4, 10]. Dãy  $u = \{u_i\}$  được gọi là *dãy nội suy* của  $f$  nếu dãy đa thức nội suy đối với  $f$  trên  $u$  hội tụ tới  $f$ . Với mỗi dãy  $u$  ta định nghĩa hàm chỉnh hình  $\Phi_u$  như sau. Đặt

$$N_u(t) = \#\{u_i | v(u_i) \geq t\}$$

Có thể viết dãy  $u$  dưới dạng:

$$u = \{u_1, u_2, \dots, u_{n_1}, u_{n_1+1}, \dots, u_{n_2}, \dots\},$$

trong đó

$$v(u_i) = t_k \text{ for } n_{k-1} < i \leq n_k$$

(ta lấy  $u_0 = 0$ ) và

$$\lim_{k \rightarrow \infty} t_k = -\infty$$

Chọn dãy  $a_k$  với tính chất

$$v(a_0) = -n_1 t_1, v(a_{k+1}) = v(a_k) + (n_k - n_{k+1})t_{k+1}, (k = 1, 2, \dots).$$

Đặt

$$\Phi_u(z) = 1 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k z^{n_k}$$

Khi đó dãy hội tụ trên  $z \in \mathbb{C}_p$  và xác định hàm giải tích  $\Phi_u(z)$  trên  $\mathbb{C}_p$ , có số không điểm trong miền  $\{z | v(z) > t\}$  bằng  $N_u(t)$ , và

$$h(\Phi_u, t) = \int_{-\infty}^t N_u(t) dt$$

**Định lý 3.3.** *Dãy  $u = \{u_i\}$  là dãy nội suy của hàm  $f(z)$  nếu và chỉ nếu*

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \{h(f, t) - h(\Phi_u, t)\} = \infty$$

**Nhận xét 3.4.** Định lý trên đây là định lý nội suy đầu tiên áp dụng được cho các hàm giải tích  $p$ -adic không nhất thiết giới nội. Một định lý tương tự đối với hàm giải tích trong đĩa đơn vị suy ra rằng các L-hàm  $p$ -adic kết hợp với dạng modular được xác định duy nhất bởi các giá trị trên các đặc trưng Dirichlet [10-12].

**Nhận xét 3.5.** Ta có thể áp dụng định lý nội suy để khôi phục hàm phân hình  $p$ -adic nếu biết các nghịch ảnh (kể cả bội) của hai điểm [1].

#### 4. Trường hợp chiều cao

Đối với trường hợp chiều cao, cũng như trong trường hợp phức, thay cho việc nghiên cứu nghịch ảnh các điểm, ta cần nghiên cứu nghịch ảnh các divisor với đối chiều 1. Nguyên nhân là vì trong trường hợp  $p$ -adic cũng tồn tại các miền Fatou [13].

Khái niệm hàm độ cao cũng được định nghĩa đối với các đường cong chỉnh hình. Giả sử  $f = (f_1, \dots, f_{n+1}) : C_p \rightarrow P^n(C_p)$  là một đường cong chỉnh hình  $p$ -adic trong

đó các hàm  $f_i$  không có không điểm chung.

**Định nghĩa 4.1.** Độ cao của đường cong chỉnh hình  $f$  được định nghĩa bởi

$$h(f, t) = \min_{1 \leq j \leq n+1} h(f_j, t)$$

trong đó  $h(f_j, t)$  là độ cao của hàm chỉnh hình  $p$ -adic trong  $\mathbb{C}_p$ .

Chú ý rằng độ cao của một đường cong xác định sai khác một đại lượng giới nội.

Định lý sau đây là một tương tự  $p$ -adic của Định lý cơ bản thứ hai cho trường hợp đường cong chỉnh hình.

**Định lý 4.2** [14]. *Giả sử  $H_1, \dots, H_q$  là  $q$  siêu phẳng ở vị trí tổng quát, và giả sử  $f$  là đường cong chỉnh hình không suy biến trong  $\mathbb{P}^n(\mathbb{C}_p)$ . Khi đó ta có*

$$(q - n - 1)h^+(f, t) \leq \sum_{j=1}^q N_n(f, H_j, t) + \frac{n(n+1)}{2} \cdot t + o(1)$$

trong đó  $o(1)$  là đại lượng giới nội khi  $t \rightarrow -\infty$  và  $h^+(h, t) = -h(f, t)$ .

Cherry và Ye ([15]) đã mở rộng định lý trên lên trường hợp chiều cao. Hơn nữa, họ xét cả trường hợp các đường cong suy biến bằng cách sử dụng trọng số Nochka.

Đối với trường hợp siêu mặt, ta có định lý sau:

**Định lý 4.3.** *Giả sử  $H_1, \dots, H_q$  là các siêu mặt bậc  $d$  trong  $\mathbb{P}^n(\mathbb{C}_p)$  ở vị trí tổng quát. Giả sử  $f$  là đường cong chỉnh hình không suy biến. Khi đó*

$$(q - n)h^+(f, t) \leq \sum_{j=1}^q \frac{N(f \circ H_j, t)}{d} + o(1)$$

trong đó  $o(1)$  là đại lượng giới nội khi  $t \rightarrow -\infty$ .

Định lý trên đây là một phiên bản  $p$ -adic của định lý Eremenko-Sodin.

Ta kết thúc phần này bằng giả thuyết sau đây.

Đường cong chỉnh hình  $f$  được gọi là  $k$ -không suy biến nếu ảnh của  $f$  được chứa trong một không gian con tuyến tính số chiều  $k$  và không được chứa trong bất kỳ không gian con tuyến tính nào với chiều  $k - 1$ .

**Giả thuyết 4.4.** *Giả sử  $H_1, \dots, H_q$  là các siêu mặt*

*bậc  $d_j$ ,  $j = 1, \dots, q$  trong  $\mathbb{P}^n(\mathbb{C}_p)$  ở vị trí tổng quát. Giả sử  $f$  là đường cong chỉnh hình  $k$ -không suy biến. Giả sử  $s$  là số nguyên  $\geq k$ , hoặc  $s = \infty$ . Khi đó*

$$(q - 2n + k - 1)h^+(f, t) \leq \sum_{j=1}^q \frac{N_s(H_j \circ f, t)}{d_j} + o(1)$$

**Nhận xét 4.5.** Trong trường hợp phức, giả thuyết trên tương ứng với những trường hợp sau đây:

1. Định lý cơ bản thứ hai của Nevanlinna:  $n = 1$ ,  $k = 1$ ,  $d_j = 1$ ,  $s = \infty$ .
2. Định lý Cartan:  $\forall n$ ,  $k = n$ ,  $d_j = 1$ ,  $s = n$ .
3. Định lý Nochka (Giả thuyết Cartan):  $\forall n, \forall k \leq n$ ,  $s = k$ ,  $d = 1$ .
4. Định lý Eremenko-Sodin:  $\forall n, k = n$ ,  $\forall d_j$ ,  $s = \infty$ .

## 5. Quan hệ số khuyết và các bổ đề kiểu Borel

Giả sử  $H$  là siêu mặt trong  $\mathbb{P}^n(\mathbb{C}_p)$  sao cho ảnh của  $f$  không được chứa trong  $H$ . Ta nói rằng  $f$  rẽ nhánh ít nhất  $d$  ( $d > 0$ ) trên  $H$  nếu với mọi  $z \in f^{-1}H$  bậc của divisor  $f^*H$ ,  $\deg_z f^*H \geq d$ . Trong trường hợp  $f^{-1}H = \emptyset$  ta đặt  $d = \infty$ .

**Định lý 5.1.** *Giả sử  $H_1, \dots, H_q$  là  $q$  siêu mặt ở vị trí tổng quát. Giả sử  $f$  không suy biến tuyến tính và rẽ nhánh ít nhất  $d_j$  trên  $H_j$ . Khi đó*

$$\sum_{j=1}^q \left(1 - \frac{n}{d_j}\right) < n + 1$$

**Nhận xét 5.2.** Trong trường hợp phức, ta có bất đẳng thức tương tự, nhưng với dấu  $\leq$ . Nguyên nhân là vì trong trường hợp  $p$ -adic, số hạng dư trong Định lý cơ bản thứ hai của Nevanlinna đơn giản hơn. Điều này rất quan trọng trong nhiều ứng dụng.

Từ định lý trên, có thể chứng minh một dạng sau đây của bổ đề Borel  $p$ -adic:

**Định lý 5.3.** *Giả sử  $f_1, f_2, \dots, f_n$  ( $n \geq 3$ ) là các hàm chỉnh hình  $p$ -adic không có không điểm chung trong  $\mathbb{C}_p$*

sao cho  $f_1 + f_2 + \dots + f_n = 0$ .

Khi đó các hàm  $f_1, \dots, f_{n-1}$  là phụ thuộc tuyến tính nếu với  $j = 1, \dots, n$ , mỗi không điểm của  $f_j$  có bội ít nhất là  $d_j$  và điều kiện sau đây thoả mãn:

$$\sum_{j=1}^n \frac{1}{d_j} \leq \frac{1}{n-2}$$

Dùng quan hệ số khuyết, ta có thể thiết lập một số mở rộng của bổ đề Borel.

Giả sử

$$M_j = z_1^{\alpha_{j,1}} \dots z_{n+1}^{\alpha_{j,n+1}}, \quad 1 \leq j \leq s$$

là các đơn thức phân biệt bậc  $l$  với số mũ không âm. Giả sử  $X$  là siêu mặt bậc  $dl$  của  $\mathbb{P}^n(\mathbb{C}_p)$  xác định bởi

$$X: c_1 M_1^d + \dots + c_s M_s^d = 0$$

trong đó  $c_j \in \mathbb{C}_p^*$  là những hằng số khác 0.

**Định lý 5.4.** (Tương tự p-adic của định lý Masuda-Noguchi).

Giả sử  $f = (f_1, \dots, f_{n+1}) : \mathbb{C}_p \rightarrow X$  là đường cong chỉnh hình khác hằng sao cho mọi  $f_j \not\equiv 0$ . Giả sử

$$d \geq s(s-2)$$

Khi đó tồn tại một phân hoạch các chỉ số  $\{1, 2, \dots, s\} = \cup I_\gamma$ , sao cho

- i) Mỗi  $I_\gamma$  chứa ít nhất hai chỉ số.
- ii) Các thương  $M_j^d \circ f(z)$  và  $M_k^d \circ f(z)$  là hằng số với mọi  $j, k \in I_\gamma$ .
- iii)  $\sum_{j \in I_\gamma} c_j M_j^d \circ f(z) \equiv 0$  với mọi  $\gamma$ .

**Hệ quả 5.5.** Với  $d \geq 3$  không tồn tại nghiệm của phương trình sau đây trong tập hợp các hàm chỉnh hình p-adic khác hằng không có không điểm chung:

$$x^d + y^d = z^d$$

## 6. Không gian hyperbolic p-adic

Một không gian phức được gọi là không gian hyperbolic nếu mọi đường cong chỉnh hình trong đó đều là hằng.

Trong trường hợp phức, bổ đề Borel thường được sử dụng để thiết lập tính hyperbolic của các không gian phức. Dưới đây chúng tôi sẽ chỉ ra một số ứng dụng của bổ đề Borel p-adic trong việc nghiên cứu các siêu mặt hyperbolic p-adic.

Mặc dù tập hợp các siêu mặt hyperbolic bậc  $d$  đủ lớn so với  $n$  được giả thuyết là trù mật Zariski, không dễ xây dựng ví dụ về siêu mặt hyperbolic.

Ví dụ đầu tiên về siêu mặt hyperbolic nhẵn bậc chẵn  $d \geq 50$  được cho bởi R. Brody và M. Green. Ta sẽ xem làm thế nào dùng bổ đề Borel p-adic để xây dựng siêu mặt hyperbolic p-adic (xem [16]).

Giả sử  $X$  là siêu mặt xác định như trên, và giả sử  $d \geq s(s-2)$ . Giả sử  $X$  không hyperbolic, và

$$f = (f_1, \dots, f_{n+1}) : \mathbb{C}_p \rightarrow X$$

là đường cong chỉnh hình khác hằng trong  $X$ . Ta chỉ ra rằng  $\{c_j\}$  thuộc vào một tập hợp đại số của  $(\mathbb{C}_p^*)^s$ . Có thể giả thiết mọi  $f_j \not\equiv 0$ .

Do Định lý 5.3, tồn tại phân hoạch các chỉ số  $\{1, \dots, s\} = \cup I_\xi$  sao cho

- i) Mỗi  $I_\xi$  chứa ít nhất 2 chỉ số.
- ii) Thương  $M_j^d \circ f(z)$  và  $M_k^d \circ f(z)$  là hằng số với  $j, k \in I_\xi$ .
- iii)  $\sum_{j \in I_\xi} c_j M_j^d \circ f(z) \equiv 0$  với mọi  $\xi$ .

Với phân hoạch  $\{1, \dots, s\}$  như trên, đặt:  $b_{jk} = M_j^d \circ f(z) / M_k^d \circ f(z)$ . Khi đó hệ phương trình tuyến tính

$$AY = B$$

trong đó  $A$  là ma trận  $\{\alpha_{j\ell} - \alpha_{k\ell}\}$ ,  $Y$  là ma trận cột  $\{y_j\}$ ,  $B = \{\log b_{jk}\}$ , có nghiệm  $\{\log f_0, \dots, \log f_n\}$ .

Như vậy ma trận  $A$  thoả mãn một số điều kiện về hạng. Mặt khác, do điều kiện, iii) tồn tại  $(A_0, \dots, A_n) \in \mathbb{P}^n$  sao cho  $(c_i) \in (\mathbb{C}_p^*)^s$  thoả mãn phương trình sau

$$\sum_{i \in I_\xi} c_i A_o^{\alpha_{io}} \dots A_n^{\alpha_{in}} = 0$$

Do đó,  $(c_i) \in (\mathbb{C}_p^*)^s$  thuộc vào hình chiếu  $\Sigma \subset (\mathbb{C}_p^*)^s$  của một tập con đại số trong  $(\mathbb{C}_p^*)^s \times \mathbb{P}^n$ . Nếu lấy  $(c_i) \notin \Sigma$ , ta có một siêu mặt hyperbolic.

Đối với trường hợp các mặt trong  $\mathbb{P}^3$  ta có thể sử dụng phương pháp sau. Trước tiên lấy mặt  $X \subset \mathbb{P}^3$  sao cho mỗi đường cong chính hình trong  $X$  là suy biến. Điều đó có nghĩa là ảnh của một ánh xạ chính hình từ  $\mathbb{C}_p$  vào  $X$ ,  $f: \mathbb{C}_p \rightarrow X$ , được chứa trong tập đại số thực sự của  $X$ . Nếu ta chứng minh được rằng ảnh của  $f(\mathbb{C}_p)$  được chứa trong một đường cong có giống ít nhất bằng 1, thì  $f$  là ánh xạ hằng (Định lý Berkovich).

## 7. Tập xác định duy nhất các hàm phân hình

Với mỗi hàm phân hình  $f$  trên  $\mathbb{C}$  và một tập con  $S \subset \mathbb{C} \cup \{\infty\}$  định nghĩa

$$E_f(S) = \cup_{a \in S} \{(m, z) | f(z) = a \text{ tính cả bội } m\}$$

và

$$\bar{E}_f(S) = \cup_{a \in S} \{z | f(z) = a \text{ không tính bội } \}$$

Tập con  $S \subset \mathbb{C} \cup \{\infty\}$  được gọi là *tập xác định duy nhất các hàm phân hình* (URSM) nếu với mọi cặp hàm phân hình khác hằng  $f$  và  $g$  trên  $\mathbb{C}$ , điều kiện  $E_f(S) = E_g(S)$  kéo theo  $f = g$ . Tập con  $S \subset \mathbb{C} \cup \{\infty\}$  được gọi là *tập xác định duy nhất đối với các hàm nguyên* (URSE) nếu với cặp hàm nguyên khác hằng bất kỳ  $f$  và  $g$  trên  $\mathbb{C}$ , điều kiện  $E_f(S) = E_g(S)$  kéo theo  $f = g$ . Các định lý cổ điển của Nevanlinna chỉ ra rằng  $f = g$  nếu  $\bar{E}_f(a_j) = \bar{E}_g(a_j)$  với những giá trị phân biệt  $a_1, \dots, a_5$ , và  $f$  là một biến đổi Möbius của  $g$  nếu  $E_f(a_j) = E_g(a_j)$  với những giá trị phân biệt  $a_1, \dots, a_4$ . Gross và Yang [17] chỉ ra rằng

$$S = \{z \in \mathbb{C} | z + e^z = 0\}$$

là một URSE. Các URSE và URSM với hữu hạn phần tử đã được xây dựng bởi Yi, Li và Yang, Mues và Reinders

Frank và Reinders. Li và Yang đưa ra khái niệm

$$\lambda_M = \inf\{\#S | S \text{ là URSM}\}$$

$$\lambda_E = \inf\{\#S | S \text{ là URSE}\}$$

trong đó  $\#S$  là lực lượng của tập  $S$ . Cận dưới tốt nhất được biết cho đến nay là

$$5 \leq \lambda_E \leq 7, 6 \leq \lambda_M \leq 11$$

Đối với những lớp hàm mà mọi không điểm và cực điểm của chúng đều có bội  $\geq 2$ , ta có định lý sau [18]:

**Định lý 7.1.** *Tồn tại tập hợp  $S$  gồm 7 điểm sao cho đối với hai hàm phân hình  $f$  và  $g$  mà mọi không điểm và cực điểm của chúng đều có bội  $\geq 2$ , điều kiện  $E_f(S) = E_g(S)$  kéo theo  $f = g$ .*

Đối với các hàm nguyên hoặc hàm phân hình  $p$ -adic  $f$  trên  $\mathbb{C}_p$ , ta có những định nghĩa tương tự của  $E_f(S)$  và  $\bar{E}_f(S)$  đối với tập con  $S \subset \mathbb{C}_p \cup \{\infty\}$  và khái niệm  $\lambda_M$  và  $\lambda_E$ . Sử dụng lý thuyết Nevanlinna  $p$ -adic ta có thể thiết lập các định lý sau:

**Định lý 7.2** [19, 20]. *Giả sử  $S = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$  là tập hợp gồm 4 điểm đủ tổng quát trong  $\mathbb{C}_p$ . Khi đó đối với các hàm phân hình  $p$ -adic  $f$  và  $g$ , điều kiện  $E_f(S) = E_g(S)$  và  $E_f(\infty) = E_g(\infty)$  kéo theo  $f \equiv g$ .*

Gần đây, vấn đề tập xác định duy nhất được xem xét cho trường hợp đa thức vi phân của các hàm phân hình (xem [21-29]).

## Tài liệu tham khảo

- [1] Ha Huy Khoai (1983), "On  $p$ -adic meromorphic function", *Duke Math. J.*, **Vol.50**.
- [2] A. Weil, De la métaphysique aux mathématiques, Euvres t.II, p.408.
- [3] Ha Huy Khoai and My Vinh Quang, "p-adic Nevanlinna Theory", *Lecture Notes in Math.* **1351**, pp.138-152.
- [4] Ha Huy Khoai (1980), "p-adic Interpolation and the Mellin-Mazur transform", *Acta Math. Vietnam*, **5(1)**.
- [5] Ha Huy Khoai (1983), "p-adic Interpolation and continuation of  $p$ -adic functions", *Lecture Notes in Math.* **1013**, pp.252-265.
- [6] Ha Huy Khoai (1991), "La hauteur des fonctions holomorphes  $p$ -adiques de plusieurs variables", *C.R.A. Sc. Paris.*, **312**, pp.751-754.
- [7] Ha Huy Khoai (1991), "La hauteur d'une suite de points dans  $\mathbb{C}_p^k$  et l'interpolation des fonctions holomorphes de plusieurs variables", *C.R.A. Sc.*

Paris, **312**, pp.903-905.

[8] Ha Huy Khoai (1992), "Heights for p-adic meromorphic functions and value distribution theory", *Vietnam. J. Math.*, **20(1)**, pp.2-14.

[9] Ha Huy Khoai (1993), "Heights for p-adic holomorphic functions and applications", *RIMS Lecture Note*, **819**, pp.96-105.

[10] Ha Huy Khoai (1979), "Onp-adic Interpolation", *Mat. Zametki*, **26(1)** (in russian), pp.541-549.

[11] Ha Huy Khoai (1979), "Sur une conjecture de Mazur et Swinnerton-Dyer", *C.R.A. Sc. Paris*, **Vol.289**.

[12] Ha Huy Khoai (1979), "On p-adic L-functions associated to elliptic curves", *Mat. Zametki*, **26(2)**.

[13] Ha Huy Khoai (2005), "p-Adic Fatou-Bieberbach mappings", *Inter. J. Math.*, **16(3)**.

[14] Ha Huy Khoai and Mai Van Tu (1995), "p-adic Nevanlinna-Cartan Theorem", *Internat. J. Math.*, **6(5)**, pp.710-731.

[15] W. Cherry and Z.Ye (1997), "Non-Archimedean Nevanlinna Theory in several variables and the Non-Archimedean Nevanlinna inverse problem", *Trans. Amer. Math. Soc.*, **349(12)**, pp.5043-5071.

[16] Ha Huy Khoai (1997), "p-adic Hyperbolic surfaces", *Acta Math. Vietnam*, **2**, pp.99-112.

[17] F. Gross and C.C. Yang (1982), "On pre-images and range sets of meromor-phic funtion", *Proc. Japan Acad*, **58**, pp.17-20.

[18] Ha Huy Khoai, Vu Hoai An and Nguyen Xuan Lai (2016), "Strong uniqueness polynomials of degree 6 and unique range sets for powers of meromorphic functions", *TIMAS Preprint series*.

[19] Ha Huy Khoai and Ta Thi Hoai An (2003), "Uniqueness problem with truncated multiplicities for meromorphic functions on a non- Archimedean

field", *Southeast Asian Bull. Math.*, **3**, pp.477-486.

[20] Ha Huy Khoai and Ta Thi Hoai An (2001), "On uniqueness polynomials and bi-URS for p-adic meromorphic functions", *J. Number Theory*, **87(2)**, pp.211-221.

[21] A. Escassut and J. Ojeda (2014), "The p-adic Hayman Conjecture when  $n=2$ ", *Complex Variable and Elliptic Equations*, **59(10)**, pp.1451-1456.

[22] Ha Huy Khoai and Vu Hoai An (2011), "Value distribution problem for p-adic meromorphic functions and their derivatives", *Ann. Fac. Sc. Toulouse*, **XX(Special)**, pp.135-149.

[23] Ha Huy Khoai and Vu Hoai An (2012), "Value - sharing problem for p-adic meromorphic functions and their difference operators and difference polynomials", *Ukranian Math. J.*, **64(2)**, pp.147-164.

[24] Ha Huy Khoai, Vu Hoai An and Nguyen Xuan Lai (2012), "Value sharing problem and Uniqueness for p-adic meromorphic functions", *Annales Univ. Sci. Budapest., Sect. Comp.*, **38**, pp.71-92.

[25] R.G. Halburd and R.J. Korhonen (2006), "Nevanlinna theory for the difference operator", *Ann.Acad.Sci.Fenn.Math.*, **31**, pp.463-478.

[26] K. Liu and L.Z. Yang (2009), "Value distribution of the difference operator", *Archiv der Mathematik*, **92(3)**, pp.270-278.

[27] I. Laine and C.C. Yang (2007), "Value distribution of difference polynomials", *Proceedings of the Japan Academy, Series A*, **83(8)**, pp.148-151.

[28] S. Nevo, X. Pang, L. Zalcman (2006), "Picard-Hayman behavior of derivatives of meromorphic funtions with multiple zeros", *Electron. Res. Announce. Amer. Math. Soc.*, **12**, pp.37-43.

[29] J. Ojeda (2008), "Hayman's conjecture in ap-adic field", *Taiwanese J. Math.*, **9**, pp.2295-2313.

# Mô hình giải tích mô tả quá trình rửa trôi các chất alkylphenol từ dầu mỏ trong môi trường rỗng xốp

Huỳnh Thị Thu Hương\*, Nguyễn Hữu Quang, Tô Bá Cường, Huỳnh Thái Kim Ngân,  
Lê Văn Sơn, Phạm Hữu Anh, Nguyễn Hồng Phan

Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp,  
Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam

Ngày nhận bài 2/6/2016, ngày chuyển phản biện 8/6/2016, ngày nhận phản biện 5/7/2016, ngày chấp nhận đăng 20/7/2016

Sinh ra theo quá trình hình thành dầu mỏ, bên trong điều kiện địa chất dầu khí, có khả năng phân bố hai pha dầu/nước, các hợp chất alkylphenol có thể được sử dụng như chất chỉ thị (chất đánh dấu) tự nhiên nhằm khai thác các thông tin về độ bão hòa dầu và các nguồn đóng góp cho giếng khai thác. Bài báo trình bày mô hình giải tích một chiều cho quá trình vận chuyển các hợp chất alkylphenol khi bị rửa trôi bởi pha nước trong tiếp xúc 2 pha dầu/nước. Nghiệm giải tích thu được từ việc giải phương trình vận chuyển khuếch tán biểu diễn nồng độ của các hợp chất alkylphenol giảm theo thời gian khi khuếch tán từ pha dầu vào pha nước. Các thí nghiệm bơm nước đẩy dầu qua cột nhồi cho thấy sự phù hợp giữa nghiệm giải tích và số liệu thực nghiệm. Mô hình giải tích cũng cho thấy mức độ suy giảm nồng độ các alkylphenol phụ thuộc rõ rệt vào hệ số phân bố, độ bão hòa dầu, tốc độ di chuyển của pha nước và hầu như không phụ thuộc vào hệ số khuếch tán. Quá trình làm khớp nghiệm giải tích cũng giúp chỉ ra nhược điểm của phương pháp tiếp xúc tĩnh khi đo hệ số phân bố liên quan đến sự thiết lập cân bằng nồng độ của các alkylphenol. Nghiệm giải tích thu được từ phương trình vận chuyển - khuếch tán mô tả quá trình rửa trôi của các alkylphenol từ pha dầu sang pha nước sẽ là cơ sở quan trọng cho các nghiên cứu tiếp theo về phương pháp sử dụng alkylphenol như là chất đánh dấu tự nhiên để đánh giá dầu dư bão hòa trong quá trình khai thác dầu mỏ.

**Từ khóa:** alkylphenol, chất chỉ thị tự nhiên, chất đánh dấu, độ bão hòa dầu, hệ số phân bố.

**Chỉ số phân loại** 1.4

## Giới thiệu

Các hợp chất alkylphenol có công thức hóa học cơ bản  $R-C_6H_4OH$ , là sản phẩm đồng hành với quá trình hình thành dầu mỏ. Sự hiện diện của các hợp chất alkylphenol trong dầu thô đã được nghiên cứu phục vụ cho công nghiệp chế biến dầu khí và đánh giá tác động môi trường. Các alkylphenol bên trong điều kiện địa chất dầu khí. Một số hợp chất alkylphenol phổ biến trong dầu mỏ như phenol, cresol... có nồng độ tổng cộng trong dầu thô và nước thành tạo khoảng hàng chục mg/l [1]. Nhờ khả năng phân bố trong hai pha dầu/nước do tính phân cực cao và độ linh hoạt của liên kết hydrogen, các hợp chất alkylphenol bị rửa trôi từ pha dầu sang pha nước trong quá trình khai thác [2]. Tốc độ rửa trôi phụ thuộc vào độ bão hòa dầu và hệ số phân bố. Các tác giả như K. Asakawa, R. Sinha [3,

4] đã sử dụng các mối quan hệ phụ thuộc này để xác định độ bão hòa dầu và thể tích quét của nước bơm ép. Bài báo xây dựng quan hệ giải tích mô tả quá trình vận chuyển khuếch tán của các chất alkylphenol từ pha dầu vào pha nước nhằm biểu diễn mối liên hệ giữa sự suy giảm nồng độ với độ bão hòa dầu và hệ số phân bố.

## Mô hình giải tích

Sự di chuyển của các chất alkylphenol trong hai pha dầu (pha không chuyển động)/nước (pha chuyển động) trong môi trường rỗng xốp đồng nhất, một chiều vô hạn, dòng chảy là đồng nhất theo cả không gian và thời gian, được mô tả qua phương trình [5]:

$$\left[1 + (K_d - 1)S_w\right] \frac{\partial C_w(x,t)}{\partial t} = -\left[(1 - S_w) v_w\right] \frac{\partial C_w(x,t)}{\partial x} + \left[(1 - S_w) D_w + K_d S_w D_{wo}\right] \frac{\partial^2 C_w(x,t)}{\partial x^2} \quad (1)$$

\*Tác giả liên hệ: Email: huonghtt@canti.vn

## An analytical model for leaching and transport of alkylphenols from crude oil in porous media

### Summary

Formed along with petroleum, stable in reservoir conditions, able to partition between oil/water phase, alkylphenol compounds can be used as natural indicators (tracers) to exploit the information about oil saturation and contribution to production wells.

This paper presents an one-dimensional analytical model for leaching and transport of alkylphenols from oil phase to water phase during waterflooding. The obtained solution of advective-dispersive equation expresses the concentration of alkylphenols decreasing over time across waterflooding. The experiments of oil displacement by waterflooding through the packed column gave the good agreement between experimental data and analytical data. The analytical model also showed the obvious relation of decrease rate of alkylphenol concentration with distribution coefficient, oil saturation and velocity of water phase, but insignificant relation with diffusion coefficient of alkylphenols. The matching also showed the disadvantage of used method of static phasic contact in distribution coefficient measurement which relates to the equilibrium establishment of different alkylphenols.

Obviously, the analytical solution obtained from advective-dispersive equation for leaching and transport of alkylphenols from oil phase to water phase is an important base for further studies of using alkylphenols as the natural indicators (tracers) of residual oil saturation in oil production.

**Keywords:** alkylphenols, distribution coefficient, natural existing indicator, oil saturation, tracer.

**Classification number** 1.4

Trong đó:  $C_w(x, t)$  là nồng độ chất alkylphenol trong pha nước ( $[M]/[L]^3$ );  $K_d$  là hệ số phân bố dầu/nước của chất alkylphenol;  $(1-S_{or})$ ,  $S_{or}$  là độ bão hòa nước và độ bão hòa dầu trong môi trường rỗng xốp;  $V_{xw}$  là vận tốc nước qua lỗ rỗng theo phương  $x$  ( $[L]/[T]$ );  $D_{LW}^*$ ,  $D_{Lo}^*$  là hệ số phân tán của chất alkylphenol trong pha nước và pha dầu ( $[L]^2/[T]$ );  $t$  là thời gian ( $[T]$ );  $x$  là khoảng cách ( $[L]$ ).

Đặt:

$$\begin{aligned} A &= 1 + (K_d - 1)S_{or} \\ B &= (1 - S_{or})D_{LW}^* + K_d S_{or} D_{Lo}^* \\ C^* &= (1 - S_{or})v_{xw}^* \end{aligned} \quad (2)$$

phương trình (1) trở thành:

$$A \frac{\partial C_w(x, t)}{\partial t} = -C^* \frac{\partial C_w(x, t)}{\partial x} + B \frac{\partial^2 C_w(x, t)}{\partial x^2} \quad (3)$$

Điều kiện đầu của bài toán:

$$C_w(x, 0) = C_0 H(x), \quad -\infty < x < +\infty \quad (4)$$

trong đó,  $H(x)$  là hàm bước nhảy:

$$H(x) = \begin{cases} 1 & x \in [0, +\infty) \\ 0 & x \in (-\infty, 0) \end{cases} \quad (5)$$

với  $x$  thuộc khoảng  $[0, +\infty)$  khi  $t = 0$ , trong điều kiện cân bằng chất alkylphenol có nồng độ  $C_0$  ( $[M]/[L]^3$ ) trong pha nước.

Tại biên dòng vào ( $x = -\infty$ ), nồng độ alkylphenol luôn bằng 0 ở mọi thời điểm. Tại biên dòng ra ( $x = +\infty$ ), gradient nồng độ bằng 0. Điều kiện biên của bài toán:

$$C_w(-\infty, t) = 0, \quad t \geq 0 \quad (6)$$

$$\left. \frac{\partial C_w(x, t)}{\partial x} \right|_{x \rightarrow +\infty} = 0, \quad t \geq 0 \quad (7)$$

Chuyển hệ tọa độ  $x = x' + \frac{C^*}{A}t$ , ta có  $C_w(x, t) \rightarrow$

$C_w(x', t)$ , phương trình (3) trở thành:

$$A \frac{\partial C_w(x', t)}{\partial t} = B \frac{\partial^2 C_w(x', t)}{\partial x'^2} \quad (8)$$

Điều kiện đầu và điều kiện biên tương ứng:

$$C_w(-\infty, t) = 0, t \geq 0 \quad (9)$$

$$\left. \frac{\partial C_w(x', t)}{\partial x'} \right|_{x' \rightarrow +\infty} = 0, t \geq 0 \quad (10)$$

Áp dụng  $L[C_w(x', t)] = \int_0^\infty C_w(x', t)e^{-pt} dt = C_{wL}(x', p)$  (biến đổi Laplace), phương trình (8) trở thành:

$$B \frac{\partial^2 C_{wL}(x', p)}{\partial x'^2} - ApC_{wL}(x', p) = -AC_0 H(x') \quad (11)$$

Điều kiện biên tương ứng:

$$\left. \frac{\partial C_{wL}(x', p)}{\partial x'} \right|_{x' \rightarrow +\infty} = 0 \quad (12)$$

$$C_{wL}(-\infty, p) = 0 \quad (13)$$

Nghiệm tổng quát của phương trình (11) có dạng:

$$C_{wL}(x', p) = C_1 e^{\sqrt{\frac{Ap}{B}}x'} + C_2 e^{-\sqrt{\frac{Ap}{B}}x'} + \frac{A}{2B\sqrt{\frac{Ap}{B}}} \left( -e^{\sqrt{\frac{Ap}{B}}x'} \int_0^{x'} e^{-\sqrt{\frac{Ap}{B}}\xi} C_0 H(\xi) d\xi + e^{-\sqrt{\frac{Ap}{B}}x'} \int_0^{x'} e^{\sqrt{\frac{Ap}{B}}\xi} C_0 H(\xi) d\xi \right) \quad (14)$$

hay:

$$C_{wL}(x', p) = e^{\sqrt{\frac{Ap}{B}}x'} \left[ C_1 - \frac{A}{2B\sqrt{\frac{Ap}{B}}} \int_0^{x'} e^{-\sqrt{\frac{Ap}{B}}\xi} C_0 H(\xi) d\xi \right] + e^{-\sqrt{\frac{Ap}{B}}x'} \left[ C_2 + \frac{A}{2B\sqrt{\frac{Ap}{B}}} \int_0^{x'} e^{\sqrt{\frac{Ap}{B}}\xi} C_0 H(\xi) d\xi \right] \quad (15)$$

Khi  $x' \rightarrow +\infty$ :

$$\left. \frac{\partial C_{wL}(x', p)}{\partial x'} \right|_{x' \rightarrow +\infty} = C_1 \sqrt{\frac{Ap}{B}} e^{\sqrt{\frac{Ap}{B}}x'} + \frac{A}{2B\sqrt{\frac{Ap}{B}}} \left[ -\sqrt{\frac{Ap}{B}} e^{\sqrt{\frac{Ap}{B}}x'} \int_0^\infty e^{-\sqrt{\frac{Ap}{B}}\xi} C_0 H(\xi) d\xi \right] \quad (16)$$

Từ (12) và (16),  $C_1$  được xác định:

$$C_1 = \frac{A}{2B\sqrt{\frac{Ap}{B}}} \int_0^\infty e^{-\sqrt{\frac{Ap}{B}}\xi} C_0 H(\xi) d\xi \quad (17)$$

$C_2$  được xác định từ (13) và (15):

$$C_2 = -\frac{A}{2B\sqrt{\frac{Ap}{B}}} \int_0^{\infty} e^{\sqrt{\frac{Ap}{B}}\xi} C_0 H(\xi) d\xi \quad (18)$$

Thay biểu thức của  $C_1$  và  $C_2$  vào nghiệm tổng quát (15):

$$C_{wL}(x', p) = \frac{AC_0}{2B\sqrt{\frac{Ap}{B}}} \frac{e^{\sqrt{\frac{Ap}{B}}x'}}{\sqrt{\frac{Ap}{B}}} = e^{\sqrt{\frac{Ap}{B}}x'} \frac{C_0}{2p} \quad (19)$$

Biến đổi Laplace ngược và chuyển hệ tọa độ, nghiệm giải tích thể hiện nồng độ  $C_w(x, t)$  của chất alkylphenol có dạng:

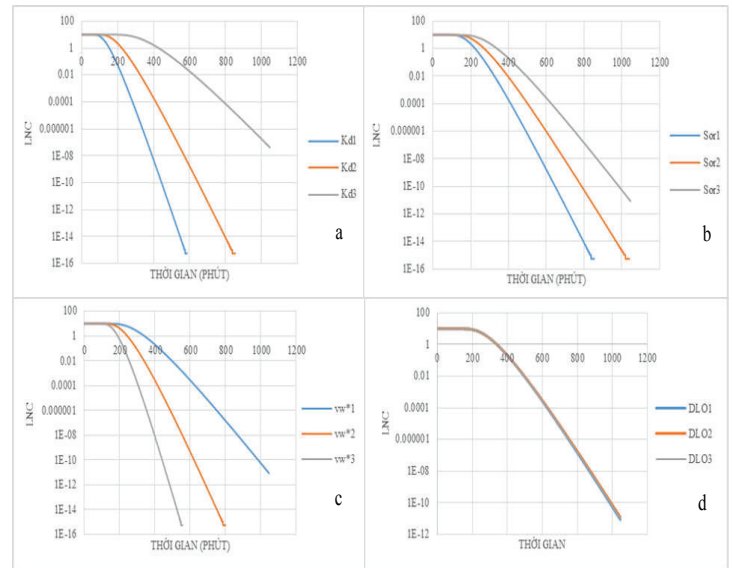
$$C_w(x, t) = \frac{1}{2} C_0 \left[ 1 + \operatorname{Erf} \left( \frac{x - \frac{C^*}{A} t}{2\sqrt{\frac{Bt}{A}}} \right) \right] \quad (20)$$

Từ định nghĩa và tính chất của hàm Erf, nồng độ của các alkylphenol  $C_w(x, t)$  có thể được biểu diễn như sau với  $X$  là biến theo khoảng cách:

$$C_w(x, t) = \int_0^{+\infty} \frac{C_0}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{1}{2\sqrt{\frac{Bt}{A}}} \cdot e^{-\left(\frac{x - \frac{C^*}{A}t - X}{2\sqrt{\frac{Bt}{A}}}\right)^2} dX \quad (21)$$

Quan hệ của  $C_w(x, t)$  theo công thức (21) biểu diễn sự suy giảm của nồng độ chất alkylphenol trong pha nước theo thời gian được minh họa trên đồ thị hình 1. Mức độ suy giảm nhanh hay chậm phụ thuộc vào các hệ số phân bố, độ bão hòa dầu và vận tốc di chuyển của nước là các thông số nằm trong các hệ số  $A, B, C^*$  trong công thức (2). Hình 1a, 1b, 1c minh họa mức độ suy giảm của nồng độ khi thay đổi lần lượt các thông số phân bố, độ bão hòa dầu, vận tốc pha nước theo bảng 1.

Khi xem xét sự phụ thuộc của mức độ suy giảm nồng độ  $C_w(x, t)$  vào các hệ số phân tán, dễ dàng thấy rằng sự khuếch tán phân tử trong pha nước chuyển động có thể bỏ qua [6]. Trong pha dầu không chuyển động, hệ số phân tán được quy định bởi hệ số khuếch tán phân tử của các chất alkylphenol. Tuy nhiên, sự ảnh hưởng của chúng đối với mức độ suy giảm nồng độ như đã khảo sát trong trường hợp hình 1d là không đáng kể.



Hình 1: khảo sát ảnh hưởng của các thông số đối với mức độ suy giảm nồng độ của các chất alkylphenol theo pha nước: a) theo hệ số phân bố; b) theo độ bão hòa dầu; c) theo vận tốc pha nước và d) theo hệ số khuếch tán trong pha dầu

Bảng 1: thông số mô hình giải tích ứng với các họ đường cong trong hình 1

| Thông số | Trường hợp hệ số phân bố thay đổi (hình 1a)                                                                                                               | Trường hợp độ bão hòa dầu thay đổi (hình 1b)                                                                                                           | Trường hợp vận tốc pha nước thay đổi (hình 1c)                                                                                            | Trường hợp hệ số phân tán dọc trong pha dầu thay đổi (hình 1d)                                                                                          |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chung    | $x = 30$ (cm)<br>$S_{or} = 0,3$<br>$V_{wx}^* = 0,29$ (cm/phút)<br>$D_{Lo}^* = 0,0002$ (cm <sup>2</sup> /phút)<br>$D_{Lw}^* = 0,2$ (cm <sup>2</sup> /phút) | $x = 30$ (cm)<br>$K_d = 1,5$<br>$V_{wx}^* = 0,29$ (cm/phút)<br>$D_{Lo}^* = 0,0002$ (cm <sup>2</sup> /phút)<br>$D_{Lw}^* = 0,2$ (cm <sup>2</sup> /phút) | $x = 30$ (cm)<br>$K_d = 1,5$<br>$S_{or} = 0,5$<br>$D_{Lo}^* = 0,0002$ (cm <sup>2</sup> /phút)<br>$D_{Lw}^* = 0,2$ (cm <sup>2</sup> /phút) | $x = 30$ (cm)<br>$K_d = 1,5$<br>$S_{or} = 0,5$<br>$V_{wx}^* = 0,29$ (cm/phút)<br>$D_{Lw}^* = 0,2$ (cm <sup>2</sup> /phút)                               |
| Riêng    | $K_{d1} = 0,3$<br>$K_{d2} = 1,5$<br>$K_{d3} = 5,0$                                                                                                        | $S_{or1} = 0,3$<br>$S_{or2} = 0,4$<br>$S_{or3} = 0,5$                                                                                                  | $V_{wx1}^* = 0,29$ (cm/phút)<br>$V_{wx2}^* = 0,39$ (cm/phút)<br>$V_{wx3}^* = 0,49$ (cm/phút)                                              | $D_{Lol}^* = 2.10^{-4}$ (cm <sup>2</sup> /phút)<br>$D_{Lol2}^* = 2.10^{-3}$ (cm <sup>2</sup> /phút)<br>$D_{Lol3}^* = 9.10^{-4}$ (cm <sup>2</sup> /phút) |

## Thực nghiệm

### Thí nghiệm xác định hệ số phân bố

Hệ số phân bố ( $K_d$ ) của một chất trong hai pha dầu/nước được xác định là tỷ số giữa nồng độ của chất đó trong pha dầu ( $C_o$ ) với nồng độ trong pha nước ( $C_w$ ) ở điều kiện cân bằng:

$$K_d = \frac{C_o}{C_w} \quad (22)$$

Hệ số phân bố phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ và thành phần hóa học của hai pha, do đó cần phải xác

định khi điều kiện thí nghiệm thay đổi. Trong thí nghiệm này, phương pháp cho pha nước có nồng độ đã biết ( $C_w^0$ ) tiếp xúc tĩnh với pha dầu cho đến khi đạt cân bằng được áp dụng do điều kiện phân tích của phòng thí nghiệm. Tại thời điểm cân bằng, nồng độ của các chất trong pha dầu được xác định qua nồng độ trong pha nước:

$$C_o = \frac{C_w^0 V_w - C_w V_w}{V_o} \quad (23)$$

trong đó:  $V_o$ ,  $V_w$  tương ứng với thể tích pha dầu, pha nước.

Sau 97 giờ tiếp xúc ở nhiệt độ 40°C, hệ số phân bố của các chất alkylphenol được xác định như bảng 2.

Bảng 2: hệ số phân bố của các chất alkylphenol đo trong điều kiện thí nghiệm

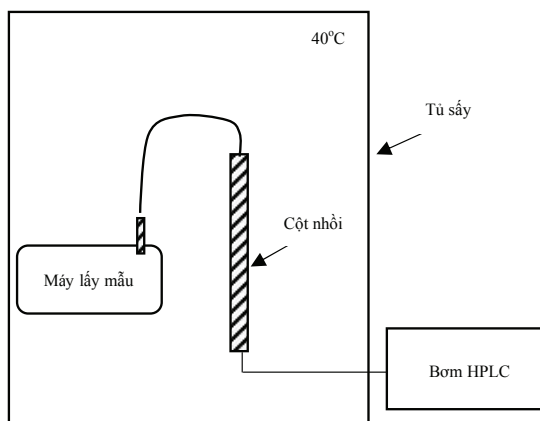
| Tên chất | Phenol | 4MP | 2MP | 34DMP | 4PP | 24DMP | 4EP |
|----------|--------|-----|-----|-------|-----|-------|-----|
| $K_d$    | 0,2    | 0,6 | 0,8 | 1,6   | 1,3 | 3,1   | 7,4 |

### Thí nghiệm trên cột nhồi

Thí nghiệm mô phỏng quá trình rửa trôi đã được tiến hành trên mô hình nước đẩy dầu qua cột nhồi bi thủy tinh nhằm khảo sát mức độ suy giảm nồng độ trong pha nước của một số hợp chất alkylphenol phổ biến trong dầu thô.

Sơ đồ bố trí thí nghiệm được giới thiệu trên hình 2 với mẫu dầu thô của mỏ Sư Tử Nâu và nước cất ở 40°C. Các chất alkylphenol (Merck) bao gồm phenol, 4-methylphenol (4MP), 2-methylphenol (2MP), 3,4-dimethylphenol (34DMP), 4-propylphenol (4PP), 2,4-dimethylphenol (24DMP) và 4-ethylphenol (4EP), được bổ sung vào pha dầu thông qua tiếp xúc pha dầu/nước với nồng độ đã biết trong pha nước.

Các thông số thí nghiệm được liệt kê trong bảng 3.



Hình 2: sơ đồ bố trí thí nghiệm

Nước cất được bơm vào cột đã bão hòa dầu với lưu lượng 0,3 ml/phút và mẫu nước được lấy phân đoạn theo thời gian cho đến khi đạt xấp xỉ trạng thái bão hòa dầu dư (67%) tại thể tích bơm tích lũy theo không gian rỗng (porous volume - PV) là 11 PV. Trạng thái bão hòa dầu dư được hiểu là trạng thái dầu còn lại bị mắc kẹt trong không gian rỗng, không thể thu hồi thêm trong cùng chế độ bơm ép. Trong thí nghiệm này, trạng thái bão hòa dầu dư được chọn khi sự khác biệt giữa hai giá trị độ bão hòa dầu liên tiếp khoảng 1%.

Nồng độ các chất alkylphenol trong mẫu nước được phân tích trên thiết bị sắc ký lỏng HPLC Dionex Ultimate 3000, detector DAD, cột C18. Giới hạn phát hiện của phương pháp phân tích khoảng  $10^{-7}$ , chi tiết tham khảo trong bảng 3.

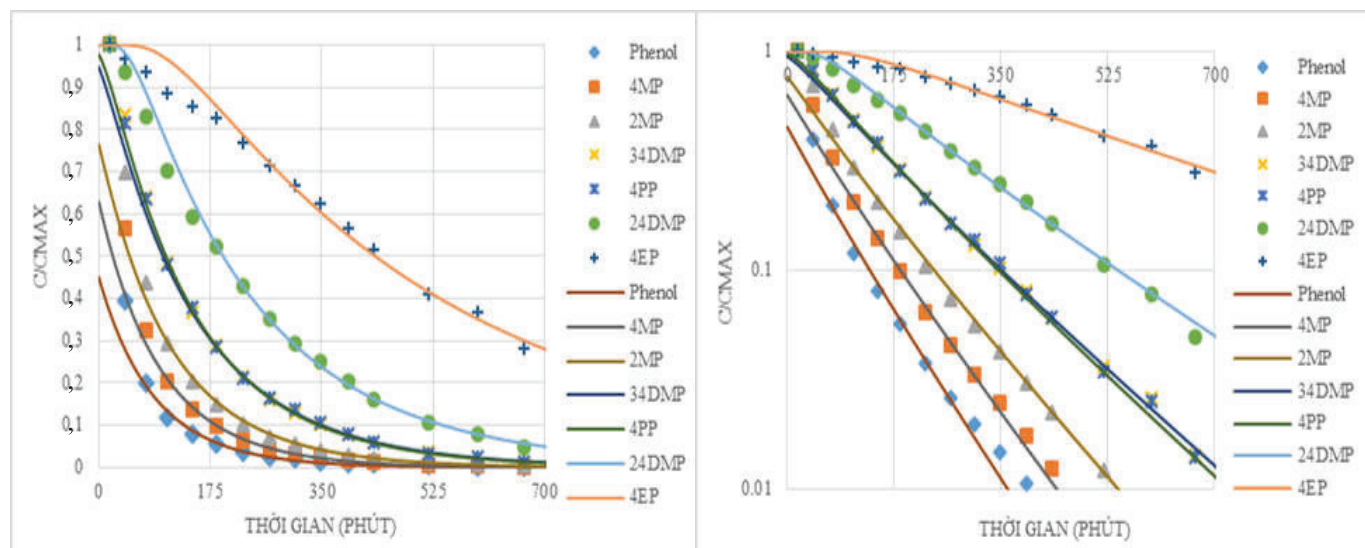
Bảng 3: thông số thí nghiệm cột nhồi

| Nội dung                                                                                                                                                                               | Thông số                                                                                                                                                                                                                                          | Ghi chú                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cột thép không rỉ (SS316L)                                                                                                                                                             | Chiều dài: 30,5 (cm)<br>Đường kính trong: 1,6 (cm)                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                  |
| Bi thủy tinh (glass bead)                                                                                                                                                              | Đường kính trung bình: 100 - 150 $\mu$ m<br>Khối lượng riêng: 2,7 g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                  |
| Thể tích rỗng của cột nhồi (PV)                                                                                                                                                        | 24,0 cm <sup>3</sup> (độ rỗng 41%)                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                  |
| Dầu thô mỏ Sư Tử Nâu                                                                                                                                                                   | Khối lượng riêng ở 40°C: 0,82 g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                  |
| Nước cất                                                                                                                                                                               | Khối lượng riêng ở 40°C: 0,992 g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                  |
| Các chất alkylphenol (MERCK):<br>Phenol, 4-methylphenol (4MP), 2-methylphenol (2MP), 3,4-dimethylphenol (34DMP), 4-propylphenol (4PP), 2,4-dimethylphenol (24DMP), 4-ethylphenol (4EP) | Nồng độ các alkylphenol trong pha dầu sau khi bổ sung: phenol (134 mg/l), 4-methylphenol (128 mg/l), 2-methylphenol (137 mg/l), 3,4-dimethylphenol (194 mg/l), 4-propylphenol (379 mg/l), 2,4-dimethylphenol (291 mg/l), 4-ethylphenol (491 mg/l) | Giới hạn phát hiện HPLC - DAD: phenol (0,03 mg/l), 4-methylphenol (0,06 mg/l), 2-methylphenol (0,03 mg/l), 3,4-dimethylphenol (0,10 mg/l), 4-propylphenol (0,13 mg/l), 2,4-dimethylphenol (0,40 mg/l), 4-ethylphenol (0,05 mg/l) |
| Lưu lượng bơm ép nước                                                                                                                                                                  | 0,3 ml/phút                                                                                                                                                                                                                                       | Bơm sắc ký LC - 10AD                                                                                                                                                                                                             |
| Độ bão hòa dầu dư trong cột                                                                                                                                                            | 67% thể tích rỗng (PV)                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                  |

### Kết quả và thảo luận

Nghiem giải tích (21) sau khi làm khớp với nồng độ các chất alkylphenol xác định bằng thực nghiệm được thể hiện trên hình 3 với các thông số khớp cho trong bảng 4.

Sai số khớp (Root Mean Square Error - RMSE) nằm trong khoảng 0,02 đến 0,2 cho thấy sự phù hợp tốt giữa mô hình giải tích với thực nghiệm.



Hình 3: kết quả làm khớp đường cong giải tích theo công thức (21) với số liệu thí nghiệm nồng độ alkylphenol trên thang thường (trái) và thang bán logarithm (phải)

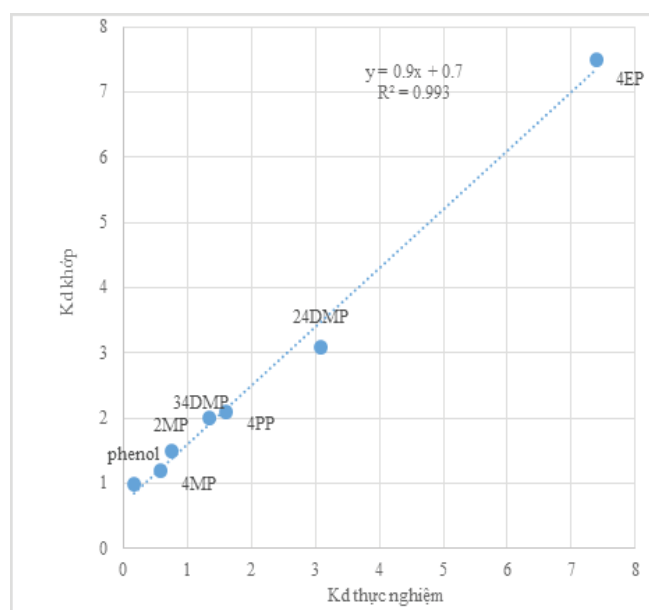
Bảng 4: thông số làm khớp của nghiệm giải tích với số liệu thực nghiệm

| Nội dung                                     | Thông số                                                                                                                                                                                                                             | Ghi chú                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hệ số phân tán trong pha dầu ( $D_{LW}^*$ )  | 0,0002 cm <sup>2</sup> /phút [5]                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Hệ số phân tán trong pha nước ( $D_{LW}^*$ ) | 12 cm <sup>2</sup> /phút [7]                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Các chất alkylphenol                         | Hệ số phân bố từ kết quả làm khớp nồng độ của các chất alkylphenol:<br>$K_{d(phenol)} = 1,0$<br>$K_{d(4MP)} = 1,2$<br>$K_{d(2MP)} = 1,5$<br>$K_{d(34DMP)} = 2,1$<br>$K_{d(4PP)} = 2,0$<br>$K_{d(24DMP)} = 3,1$<br>$K_{d(4EP)} = 7,5$ | Thời gian hiệu chỉnh độ trễ đối với các chất alkylphenol:<br>$T_{(phenol)} = 90$ (phút)<br>$T_{(4MP)} = 70$ (phút)<br>$T_{(2MP)} = 60$ (phút)<br>$T_{(34DMP)} = 40$ (phút)<br>$T_{(4PP)} = 30$ (phút)<br>$T_{(24DMP)} = 0$ (phút)<br>$T_{(4EP)} = 0$ (phút) |

Nghiệm giải tích theo công thức (21) dựa trên giả thiết nước được bơm qua cột trong trạng thái bão hòa dầu dư. Tuy nhiên, trong thí nghiệm, nước được bơm qua cột ngay từ trạng thái dầu bão hòa 100% đến khi đạt trạng thái bão hòa dầu dư, do đó tạo ra độ trễ về thời gian giữa phân bố nồng độ thực nghiệm với nghiệm giải tích. Mức độ trễ phụ thuộc vào hệ số phân bố,  $K_d$  càng nhỏ thì độ trễ càng lớn và ngược lại. Thời gian hiệu chỉnh độ trễ trong quá trình làm khớp được đưa ra trong bảng 4.

Trên thực tế, các giá trị  $K_d$  đo ở thí nghiệm trên không cho kết quả khớp giữa nghiệm giải tích với phân bố nồng độ thực nghiệm. Hình 4 so sánh giá trị hệ số phân bố thực nghiệm và làm khớp cho thấy sự

sai lệch theo quy luật  $K_{d(kh\acute{o}p)} = 0,9K_{d(do)} + 0,7$  với hệ số tương quan 0,993, trong đó các chất có  $K_d$  nhỏ thì sai khác nhiều. Điều này có thể được giải thích từ phương pháp đo hệ số phân bố bằng cách khuếch tán các chất alkylphenol từ pha nước sang pha dầu đã sử dụng ở trên. Theo quy luật chuyển khối, các chất có  $K_d$  lớn sớm đạt cân bằng khi khuếch tán từ pha nước sang pha dầu, trong khi chất có  $K_d$  nhỏ cần nhiều thời gian hơn. Trình tự này ngược lại khi khuếch tán từ pha dầu sang pha nước. Nhược điểm của phương pháp đo  $K_d$  qua tiếp xúc tĩnh có thể được khắc phục bằng hai cách: chuyển khối bù trừ như tác giả Lauriane Fillous đề xuất [8] hoặc tăng cơ hội tiếp xúc giữa hai pha.



Hình 4: so sánh giữa giá trị hệ số phân bố thực nghiệm và làm khớp

## Kết luận

Nghiệm giải tích thu được từ việc giải phương trình vận chuyển khuếch tán biểu diễn quá trình rửa trôi của các hợp chất alkylphenol từ pha dầu bởi pha nước đã được kiểm chứng bằng thí nghiệm trên cột nhồi. Các kết quả so sánh cho thấy sự phù hợp giữa nghiệm giải tích và số liệu thực nghiệm, theo đó, tốc độ rửa trôi các chất alkylphenol từ pha dầu phụ thuộc rõ rệt vào hệ số phân bố. Sự phụ thuộc vào các yếu tố khác như độ bão hòa dầu, vận tốc pha nước cần được tiếp tục nghiên cứu. Quá trình làm khớp nghiệm giải tích cũng giúp chỉ ra nhược điểm của phương pháp đo hệ số phân bố qua tiếp xúc tĩnh.

Nghiệm giải tích thu được từ phương trình vận chuyển - khuếch tán mô tả quá trình rửa trôi của các alkylphenol từ pha dầu sang pha nước sẽ là cơ sở quan trọng cho các nghiên cứu tiếp theo về phương pháp sử dụng alkylphenol như là chất đánh dấu tự nhiên để đánh giá dầu dư bão hòa trong quá trình khai thác dầu mỏ.

## Lời cảm ơn

Công trình được thực hiện tại Phòng thí nghiệm đánh dấu của Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp với kinh phí do Bộ Khoa học và Công nghệ cấp thông qua đề tài mã số DTCTB 06/14/TTUDKTHN-CN. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

## Tài liệu tham khảo

- [1] B. Bennett, Bernard F.J. Bowler, Stephen R. Larter (1996), "Determination of  $C_0 - C_3$  Alkylphenol in Crude Oils and Waters", *Anal. Chem.*, **20**, pp.3697-3702.
- [2] Marisa Ioppolo - Armanios (1996), "The occurrence and Origins of Some Alkylphenols in Crude Oils", *Curtin University of Technology*.
- [3] Kazuhiro Asakawa (2005), "A Generalized Analysis of Partitioning Interwell Tracer Tests", *The University of Texas at Austin*.
- [4] R. Sinha, K. Asakawa (2004), "Simulation of Natural and Partitioning Interwell Tracers to Calculate Saturation and Swept Volumes in Oil Reservoirs", *Society of Petroleum Engineers Inc.*
- [5] O. Huseby, A. Haugan, J. Sagen, J. Muller (2003), "Transport of Organic Components from Immobile and Bypassed Oil in Porous Media", *American Institute of Chemical Engineers Journal*, **49**, pp.1085-1094.
- [6] L.L. Handy (1959), "An Evaluation of Diffusion Effects in Miscible Displacement", *Journal of Petroleum Technology*, **11**, pp.61-63.
- [7] A.A. Faisal, Z.T.A. Ali (2014), "Phenol Removal Using Granular Dead Anaerobic Sludge Permeable Reactive Barrier in a Simulated Groundwater Pilot Plant", *Journal of Engineering*, **20**, pp.63-79.
- [8] L. Fillous, Antonio Cardenas, Jacques Rouviere, Jean-Louis Salagera (1999), "Interfacial Mass Transfer vs. Formulation in Multiple Phase Anionic Surfactant-Oil-Water Systems", *Journal of Surfactants and Detergents*, **2**, pp.303-307.

# Đánh giá rủi ro sinh thái của các chất polybrom diphenyl ete trong trầm tích đối với sinh vật đáy tại một số khu vực ở miền Bắc Việt Nam

Từ Bình Minh<sup>1\*</sup>, Hoàng Quốc Anh<sup>1</sup>, Trần Mạnh Trí<sup>1</sup>,  
Lê Sĩ Hưng<sup>1</sup>, Phạm Thị Ngọc Mai<sup>1</sup>, Nguyễn Thúy Ngọc<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

<sup>2</sup>Trung tâm Nghiên cứu Công nghệ môi trường và Phát triển bền vững (CETASD),  
Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

Ngày nhận bài 4/3/2016, ngày chuyển phản biện 8/3/2016, ngày nhận phản biện 4/4/2016, ngày chấp nhận đăng 11/4/2016

Trong nghiên cứu này, các tác giả xác định hàm lượng và đặc trưng phân bố của các Polybrom diphenyl ete (PBDEs) trong trầm tích mặt đối với sinh vật đáy thu thập từ một số khu vực ở miền Bắc nước ta. Hàm lượng PBDEs trong tất cả các mẫu trầm tích nằm trong khoảng 1,31 đến 1715 ng/g trọng lượng khô với giá trị trung bình 324 ng/g. Nồng độ (giá trị trung bình và khoảng) của 8 đồng loại PBDEs trong các mẫu trầm tích tại làng Triều Khúc, Hà Nội; làng Bùi Dâu, Hưng Yên và một số làng nghề thủ công ở Bắc Ninh lần lượt là: 537 (363-864); 432 (1,31-1715) và 2,89 (1,77-3,87) ng/g. Các đồng loại chủ yếu phát hiện được là BDE-209 và BDE-99. Mẫu trầm tích lấy tại một số khu tái chế rác thải điện tử tự phát ở Triều Khúc và Bùi Dâu có mức độ ô nhiễm PBDEs cao hơn so với các khu vực khác. Điều này cho thấy, tái chế rác là một nguồn phát thải PBDEs đáng lưu ý. Rủi ro sinh thái của PBDEs trong trầm tích đối với sinh vật đáy (*Daphnia magna*) tại các khu vực nghiên cứu được đánh giá thông qua giá trị hệ số rủi ro (RQ) cho từng đồng loại. Phần lớn các RQ đều nằm trong khoảng giá trị  $0 < RQ \leq 100$  (tương ứng với mức không có rủi ro đến có khả năng rủi ro đáng kể), tuy nhiên trong một số ít mẫu tại Triều Khúc và Bùi Dâu có giá trị RQ của các đồng loại như BDE-99, -100, -183 và -209 tương đối cao, cho thấy các chất này có khả năng gây ra ảnh hưởng tiêu cực đối với sinh vật đáy.

**Từ khóa:** đánh giá rủi ro sinh thái, hệ số rủi ro, PBDEs, sinh vật đáy, trầm tích.

**Chỉ số phân loại 1.4**

## Đặt vấn đề

PBDEs là nhóm các chất ô nhiễm hữu cơ khó phân hủy (POPs) “mới” họ brom, được sử dụng làm chất chống cháy trong các loại vật liệu polyme như nhựa, chất dẻo, cao su, tơ sợi, sơn [1]. Từ các vật liệu này, PBDEs có mặt trong nhiều sản phẩm tiêu dùng, đặc biệt là các thiết bị điện, điện tử, đồ nhựa gia dụng, đồ nội thất, phương tiện giao thông, đồ bảo hộ lao động [2]. Độ độc cấp tính của các PBDEs tương đối thấp nhưng chúng lại có khả năng tích lũy sinh học và gây ra các tác động tiêu cực đến cơ thể con người và động vật, ví dụ như ảnh hưởng đến hệ nội tiết, gây độc thần kinh, gan, suy giảm miễn dịch, ảnh hưởng đến sự sinh sản, phát triển và được xếp vào nhóm chất có khả năng gây ung thư [3]. Do tác động độc hại của PBDEs đối với hệ sinh thái là rất nghiêm trọng, trong khi các chất này lại được sử dụng rất phổ biến, năm 2009, Công

ước Stockholm đã đưa một số nhóm PBDEs có số nguyên tử brom cao (bao gồm các nhóm TetraBDEs, PentaBDEs, HexaBDEs, HeptaBDEs với số nguyên tử brom từ 4 đến 7) vào danh sách các chất POPs bị cấm sử dụng [4].

Đối với môi trường trầm tích, sự tích lũy DecaBDE trên phạm vi toàn cầu kéo theo những mối lo ngại về sự hình thành các sản phẩm dễ brom hóa. Tại Thái Hồ (Trung Quốc), lượng DecaBDE tích lũy trong trầm tích được kiểm kê ước tính lên đến 26,3 tấn. DecaBDE cũng chiếm tỷ lệ nổi trội so với các PBDEs khác trong trầm tích tại Canada, Đài Loan, Hàn Quốc, Indonesia, cửa sông Clyde tại Anh, cửa sông Scheldt tại Pháp, biển Bering trên Thái Bình Dương và biển Chukchi trên Bắc Băng Dương. Dưới tác động của một số loài động vật thủy sinh như Polychaete, các PBDEs nằm trong lớp trầm tích sâu đến 50 cm so với bề mặt

\*Tác giả liên hệ: Email: tubinhminh@gmail.com

## Ecotoxicological risk assessment of polybrominated diphenyl ethers in sediment on benthic organisms at some areas of the Northern Vietnam

### Summary

In this study, the authors determined levels and patterns of Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in surface sediment samples collected from some areas in the Northern Vietnam. Concentration of PBDEs in all samples ranged from 1.31 to 1715 ng/g dry weight with mean value as 324 ng/g. Concentrations (mean and range) of total 8 most popular PBDEs congeners in sediment from Trieu Khuc village, Hanoi; Bui Dau village, Hung Yen province and some craft villages in Bac Ninh province were 537 (363-864); 432 (1.31-1715) and 2.89 (1.77-3.87) ng/g, respectively. The most predominant congeners in sediment were BDE-209 and BDE-99. The relatively high levels of PBDEs in sediment from informal e-waste recycling sites in Trieu Khuc and Bui Dau in comparison with those from non-recycling areas suggested that recycling activities were making potential sources of PBDEs emission. The ecotoxicological risks of sedimentary PBDEs on benthic organisms (*Daphnia magna*) in studied areas were evaluated by the estimation of risk quotient for each congeners. Risk quotients of most samples were in range of  $0 < RQs \leq 100$  (equals to no significant risk or potential for adverse effects); however, in rarely extraordinary sites such as Trieu Khuc and Bui Dau, high value of RQs for some congeners such as BDE-99, -100, -183 and -209 indicated that potential adverse effects should be expected.

**Keywords:** benthic organism, ecotoxicological risk assessment, PBDEs, risk quotient, sediment.

**Classification number** 1.4

cũng có thể di động và quay trở lại môi trường, hiện tượng này dẫn đến nguy cơ hình thành các sản phẩm dễ brom hóa độc hơn ngay cả với DecaBDE đã bị vùi lấp [5]. Tuy trầm tích không phải là môi trường trực tiếp dẫn đến sự phơi nhiễm PBDEs đối với con người nhưng các nghiên cứu về rủi ro sinh thái của PBDEs trong trầm tích trên các loài động vật thủy sinh đã được tiến hành do sự tồn tại của các hợp chất này trong trầm tích và nước có ảnh hưởng nhất định đến sinh vật đáy, qua đó tích lũy lâu dài trong chuỗi thức ăn và có thể gây ra rủi ro đối với con người [6-8].

Tại Việt Nam, cơ sở dữ liệu về mức độ ô nhiễm của PBDEs trong trầm tích cũng như các nghiên cứu về rủi ro sinh thái của các chất độc này còn rất hạn chế. PBDEs đã được phát hiện với mức hàm lượng tương đối thấp tại đầm Thị Nại, miền Trung (mẫu ô nhiễm nhất có nồng độ tổng PBDEs 9,62 ng/g) hoặc tại hệ thống sông và kênh rạch ở Hà Nội (nồng độ trung bình 1,33 và khoảng nồng độ từ 0,03 đến 17,5 ng/g) [8, 9]. Mức độ ô nhiễm PBDEs cao hơn đã được xác định trong trầm tích tại khu vực có hoạt động tái chế rác thải điện tử tự phát ở làng Bùi Dâu, Hưng Yên với khoảng hàm lượng từ 100 đến 350 ng/g, cho thấy rác thải điện tử là nguồn phát thải PBDEs đáng lưu ý [10].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành phân tích hàm lượng và đánh giá rủi ro sinh thái của các PBDEs trong đối tượng là mẫu trầm tích thu thập từ 3 khu vực thuộc các tỉnh, thành phố ở phía Bắc là Hà Nội, Bắc Ninh và Hưng Yên, để ước tính giá trị RQ và bước đầu đánh giá nguy cơ ô nhiễm và những rủi ro của PBDEs đối với sinh vật đáy.

### Thực nghiệm

#### Thu thập mẫu

Mẫu trầm tích mặt được thu thập tại các khu tái chế rác thải điện tử ở làng Triều Khúc, Thanh Trì, Hà Nội (n=4) và làng Bùi Dâu, Mỹ Hào, Hưng Yên (n=4); và các làng nghề thủ công với hoạt động chính là dệt nhuộm và làm giấy ở Bắc Ninh (n=4) trong thời gian từ năm 2012 đến 2015. Mỗi mẫu phân tích là một mẫu gộp tại 5 vị trí cách nhau từ 0,5 đến 1 m, dọc theo hệ thống kênh dẫn nước, là nơi tiếp nhận trực tiếp dòng nước thải từ các cơ sở có hoạt động tái chế ở

Triều Khúc và Bùi Dâu hoặc cơ sở dệt và làm giấy ở Bắc Ninh. Mẫu sau khi được trộn đều trên khay inox sạch được chuyển vào túi PE kín và đưa về phòng thí nghiệm, bảo quản trong điều kiện lạnh sâu ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) đến khi phân tích.

### Phương pháp phân tích

Mẫu trầm tích được xử lý dựa trên quy trình tham khảo của một số nghiên cứu trước đây được công bố bởi Đại học Ehime, Nhật Bản với một vài thay đổi nhỏ [11]. Mẫu trầm tích được làm khô đến khối lượng không đổi ở nhiệt độ phòng, tránh ánh sáng, sau đó được nghiền mịn trong cối sứ và rây qua sàng có kích thước  $150\ \mu\text{m}$ . Khoảng 5 g trầm tích khô được thêm chất chuẩn đồng hành đánh dấu đồng vị  $^{13}\text{C}_{12}$ -PBDEs và chiết 2 lần, mỗi lần với 50 ml hỗn hợp axeton : hexan (1:1, v/v) sử dụng máy lắc (30 phút) và hỗ trợ rung siêu âm (10 phút). Các phần dịch chiết được gộp lại, cô quay chân không, xử lý bằng axit sunfuric đặc và làm sạch trên cột silicagel đa lớp, cột silicagel đơn lớp, loại lưu huỳnh bằng phoi đồng hoạt hóa và cô đặc dưới dòng khí nitơ nhẹ. Chất nội chuẩn đánh dấu đồng vị  $^{13}\text{C}_{12}$ -PCBs được thêm vào dung dịch cuối cùng trước khi phân tích trên hệ thống GC/MS.

Các đồng loại PBDEs phân tích (bao gồm BDE-28, -47, -99, -100, -153, -154, -183 và -209) được tách trên hệ thống sắc ký khí 7890A GC (Agilent, Mỹ) và cột mao quản silica Rtx® - 1614, dài 15 m  $\times$  đường kính trong 0,25 mm  $\times$  lớp film pha tĩnh 0,1  $\mu\text{m}$  (Restek, Mỹ) dùng khí mang Heli. Mẫu phân tích được nạp vào hệ thống ở chế độ bơm không chia dòng, bơm mẫu tự động với thể tích bơm 1  $\mu\text{l}$ , nhiệt độ của bơm mẫu 250 $^{\circ}\text{C}$ . Chương trình nhiệt độ của lò cột: giữ ở 70 $^{\circ}\text{C}$  trong 2 phút, tăng đến 300 $^{\circ}\text{C}$  (20 $^{\circ}\text{C}$ /phút) và giữ 2 phút. Sau khi tách, các chỉ tiêu PBDEs được định tính và định lượng bởi khối phổ kế Inert XL EI/CI MSD with Triple-Axis Detector (Agilent, Mỹ) ở chế độ ion hóa va đập electron và chế độ quan sát chọn lọc ion (SIM).

### Phương pháp luận đánh giá rủi ro sinh thái của PBDEs trong trầm tích đối với sinh vật đáy

Rủi ro sinh thái của các PBDEs được đánh giá thông qua giá trị RQ trên một số loài sinh vật đáy [6-

8]. Giá trị RQ cho từng đồng loại PBDEs trong trầm tích được ước tính dựa trên phương pháp luận được đưa ra bởi Cristale và cs (2013) [6]. Theo đó, RQ của PBDEs đối với sinh vật đáy (*Daphnia magna*) được tính toán dựa trên công thức sau:

$$\text{RQ} = \text{MEC} / (\text{EC}_{50} / f)$$

Trong đó:  $\text{EC}_{50}$  (mg/l) là nồng độ PBDEs trong nước lơ lửng cân bằng với trầm tích có ảnh hưởng đến 50% số lượng cá thể, giá trị này được tham khảo từ các nghiên cứu trước đây [6, 12, 13];  $f$  là hệ số an toàn (security factor) hay hệ số không đảm bảo (uncertainty factor), thông thường giá trị của  $f = 1000$  [7]; MEC là nồng độ PBDEs đo được trong môi trường nước (ng/l), được tính thông qua nồng độ PBDEs trong trầm tích và một số hệ số [14]:

$$\text{MEC} = C_s / (f_{oc} \cdot K_{oc})$$

Trong đó:  $C_s$  là hàm lượng PBDEs trong trầm tích (ng/kg);  $f_{oc}$  là % cacbon hữu cơ tính cho trầm tích, lấy bằng 0,1 hay 10% [6];  $K_{oc}$  là hệ số phân bố của PBDEs đối với cacbon hữu cơ trong trầm tích, trường hợp này có thể lấy  $K_{oc} \approx K_{ow}$ , tức là hệ số phân bố PBDEs giữa octanol và nước.

Từ giá trị RQ tính toán theo công thức trên, rủi ro sinh thái đối với sinh vật đáy từ PBDEs trong trầm tích được đánh giá như sau [15]:

$\text{RQ} < 1,0$ : không có rủi ro;

$1,0 \leq \text{RQ} < 10,0$ : có khả năng rủi ro mức thấp;

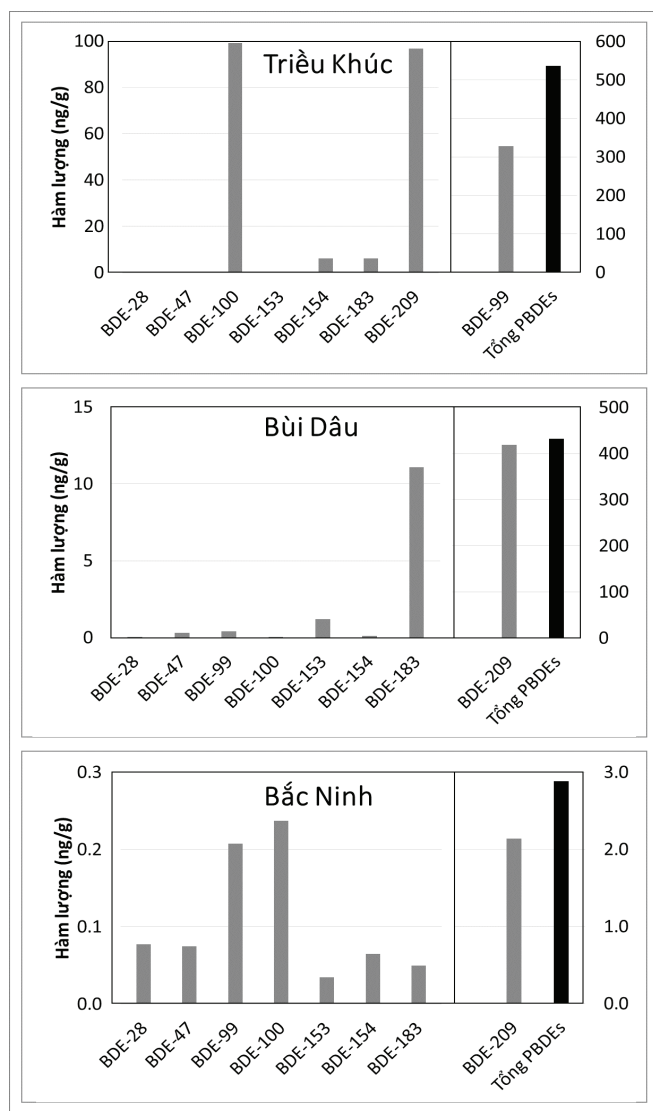
$10,0 \leq \text{RQ} < 100,0$ : có khả năng rủi ro đáng kể;

$\text{RQ} \geq 100,0$ : có khả năng ảnh hưởng tiêu cực.

### Kết quả và bàn luận

#### Mức độ ô nhiễm PBDEs trong trầm tích tại một số khu vực ở miền Bắc

Hàm lượng PBDEs tổng trong tất cả các mẫu trầm tích của nghiên cứu này có giá trị trung bình 324 ng/g, nằm trong khoảng nồng độ khá rộng, từ 1,31 đến 1715 ng/g. Hàm lượng trung bình của từng đồng loại và hàm lượng PBDEs tổng của 3 địa điểm khảo sát được đưa ra trong hình 1.



Hình 1: hàm lượng PBDEs trong trầm tích tại Triều Khúc, Bùi Dâu và Bắc Ninh

Hàm lượng PBDEs tổng trong các mẫu trầm tích tại Triều Khúc, Bùi Dâu và Bắc Ninh có giá trị trung bình và khoảng lần lượt là 537 (363-864); 432 (1,31-1715) và 2,89 (1,77-3,87) ng/g trọng lượng khô. Như vậy Triều Khúc, một làng nghề với hoạt động chính là thu gom và tái chế nhựa từ rác thải sinh hoạt ở vùng ngoại thành Hà Nội có mức hàm lượng PBDEs trong trầm tích cao nhất, tương đương với khu tái chế rác thải điện tử tự phát ở Bùi Dâu, Hưng Yên và cao hơn so với khu vực không có hoạt động tái chế nhựa ở Bắc Ninh từ 150-190 lần. Mẫu có hàm lượng PBDEs thấp nhất và cao nhất đều được thu thập tại Bùi Dâu. Hàm lượng PBDEs trung bình tại các khu vực tái chế trong nghiên cứu này là 484 ng/g, tương đương với mức hàm lượng do Matsukami và cs (2015) phân tích

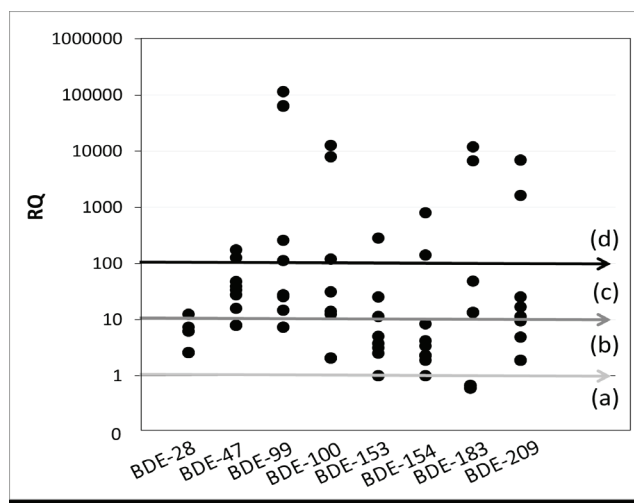
được trong trầm tích tại cùng khu vực Bùi Dâu và cao hơn mức trung bình trong trầm tích tại hệ thống sông hồ ở Hà Nội khoảng 360 lần [8, 10]. Mức độ ô nhiễm PBDEs trong trầm tích tại khu vực Triều Khúc và Bùi Dâu (Việt Nam) cao hơn đáng kể so với bùn thải và trầm tích tại khu tập trung rác thải Benowo, Surabaya, Indonesia (0,075-45,4 ng/g) [16]; tương đương với khu tập trung và tái chế rác thải điện tử ở Guiyu, Quảng Đông, Trung Quốc (0,26-824 ng/g) [17]; nhưng thấp hơn so với các mẫu trầm tích lấy ở bờ sông Nanyang, tỉnh Quảng Đông, gần khu vực tập trung rác và đốt rác lộ thiên (4434-16088 ng/g) [18] hoặc mẫu ở hồ nhân tạo Shihwa, Hàn Quốc, chịu ảnh hưởng của khu liên hợp công nghiệp với khoảng 13000 công ty (1,3-18700 ng/g) [19].

Phổ tích lũy của các đồng loại PBDEs trong trầm tích có sự khác biệt rõ rệt ở 2 khu tái chế rác thải. Ở Triều Khúc, BDE-99 là đồng loại chính chiếm đến hơn 50% hàm lượng tổng, tiếp theo là BDE-100  $\approx$  BDE-209 > BDE-154  $\approx$  BDE-183. Ở Bùi Dâu, BDE-209 chiếm tỷ lệ gần như tuyệt đối (trên 90% ở 3/4 mẫu), tiếp theo là BDE-183, các PBDEs với số brom thấp hơn chiếm tỷ lệ rất nhỏ. Tại khu vực không có hoạt động tái chế ở Bắc Ninh, BDE-209 chiếm tỷ lệ cao nhất (trên 70%), tiếp đó là BDE-100 và BDE-99. Sự có mặt của BDE-209 với tần suất phát hiện và tỷ lệ cao gần như tuyệt đối trong nhiều mẫu trầm tích đã cung cấp thêm thông tin về nguồn gốc sử dụng hỗn hợp thương mại DecaBDE trong lĩnh vực điện, điện tử ở Việt Nam nói riêng và các nước châu Á nói chung.

#### **Đánh giá rủi ro sinh thái của PBDEs trong trầm tích đối với sinh vật đáy**

RQ của từng đồng loại PBDEs đối với sinh vật đáy (*Daphnia magna*) được ước tính cho các mẫu trầm tích tại một số khu vực ở miền Bắc, kết quả được thể hiện trên hình 2. Đa số các mẫu đều có giá trị RQ nằm trong khoảng giá trị  $0 < RQ \leq 100$ , tương đương với mức không có rủi ro đến có khả năng rủi ro đáng kể. Các đồng loại có giá trị RQ cao bất thường ở một số vị trí lấy mẫu như BDE-99, BDE-100 và BDE-183. Với cùng phương pháp luận đánh giá rủi ro, nồng độ PBDEs trong trầm tích càng cao thì hệ số rủi ro và mức độ rủi ro tương ứng sẽ càng cao. Ví dụ, đối với một

mẫu trầm tích lấy tại Triều Khúc với hàm lượng BDE-99 là 621 ng/g, cao nhất trong tất cả các mẫu phân tích trong nghiên cứu này thì giá trị RQ tính được lên đến cỡ  $10^5$ . Trong khi đó, các đồng loại với số brom thấp như BDE-28 và BDE-47, do có nồng độ thấp và ở mức dưới giới hạn phát hiện của phương pháp trong nhiều mẫu thì giá trị RQ tương đối thấp. Tại 2 khu tái chế rác thải là Bùi Dâu và Triều Khúc, mỗi khu có 1 mẫu trầm tích phát hiện được khả năng ảnh hưởng tiêu cực của BDE-209 đối với sinh vật đáy với RQ tương ứng là  $6,9 \cdot 10^3$  và  $1,6 \cdot 10^3$ ; các mẫu còn lại đều không tồn tại ảnh hưởng tiêu cực đáng kể nào.



Hình 2: RQ của các PBDEs trong trầm tích đối với động vật thủy sinh (*Daphnia magna*): (a) không có rủi ro; (b) có khả năng rủi ro ở mức thấp; (c) có khả năng rủi ro đáng kể; (d) có khả năng ảnh hưởng tiêu cực

RQ của PBDEs trong nghiên cứu này có giá trị cao hơn so với các nghiên cứu tương tự được thực hiện trên đối tượng trầm tích mặt ở hệ thống sông hồ của Hà Nội [8] hoặc trầm tích các sông Arga, Nalón, Besòs, ở vùng núi thuộc Tây Ban Nha, nơi ít chịu ảnh hưởng của hoạt động con người [6]. Ảnh hưởng tiêu cực của PBDEs và các chất chống cháy phenolic họ brom đối với một số loài động vật thủy sinh như cá, daphnia hay khuẩn lam cũng đã được xác định ở khu vực tháo dỡ rác thải điện tử ở miền Nam Trung Quốc với giá trị RQ tổng lên đến  $10^3$ - $10^4$  [7]. Các kết quả trong nghiên cứu này đã chỉ ra sự tồn tại của những rủi ro đối với hệ sinh thái của các PBDEs trong trầm tích tại một số khu tái chế rác thải tự phát ở miền Bắc nước ta nói riêng, cũng như hoạt động tái chế rác thải nói chung.

## Kết luận

Mức độ ô nhiễm và phổ tích lũy đặc trưng của PBDEs, nhóm chất độc hữu cơ “mới” từng được sử dụng phổ biến làm chất chống cháy, đã được xác định trong đối tượng trầm tích tại một số khu vực ở miền Bắc nước ta với các hoạt động đặc trưng như tái chế rác thải và làng nghề thủ công. Rủi ro sinh thái và các tác động tiêu cực của PBDEs đến sinh vật đáy cũng đã được phát hiện trong một số địa điểm có mức độ ô nhiễm PBDEs tương đối cao ở Triều Khúc và Bùi Dâu. Kết quả từ nghiên cứu này đã bổ sung thêm những thông tin cần thiết và cập nhật cho cơ sở dữ liệu còn hạn chế về PBDEs trong môi trường tại Việt Nam, đặc biệt là ở các khu tái chế rác thải điện tử tự phát.

## Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện nhờ sự hỗ trợ kinh phí của Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ quốc gia (NAFOSTED) thông qua đề tài “Đánh giá mức độ phát thải và ô nhiễm môi trường của các hợp chất hữu cơ khó phân hủy mới họ brom (PBDEs)”, mã số 104.07-2012.74. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

## Tài liệu tham khảo

- [1] European Brominated Flame Retardant Industry Panel (1990), *The European Brominated Retardant Panel*.
- [2] World Health Organization (1994), *International Programme on Chemical Safety Environmental Health Criteria 162 - Brominated diphenyl ethers*.
- [3] US Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2004), *Toxicological Profile for PBBs and PBDEs*.
- [4] UNIDO, UNITAR, Stockholm Convention, UNEP (2012), *Guidance for the inventory of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants*.
- [5] Law, R.J. A. Covaci, S. Harrad, D. Herzke, M.A.E. Abdallah, K. Fernie, L.M.L. Toms, H. Takigami (2014), “Levels and trends of PBDEs and HBCDs in the global environment: Status at the end of 2012”, *Environment International*, **65**, pp.147-158.
- [6] J. Cristale, A.G. Vázquez, C. Barata, S. Lacorte (2013), “Priority and emerging flame retardants in rivers: Occurrence in water and sediment, *Daphnia magna* toxicity and risk assessment”, *Environment International*, **59**, pp.232-243.
- [7] J. Xiong, T. An, C. Zhang, G. Li (2014), “Pollution profiles and risk assessment of PBDEs and phenolic brominated flame retardants in water environments within a typical electronic waste dismantling region”, *Environ Geochem Health*, DOI:10.1007/s10653-014-9658-8.

- [8] P.T.N. Mai, N.V. Thuong, T.T. Tham, N.K. Hoang, H.Q. Anh, T.M. Tri, L.S. Hung, D.T. Nhung, V.D. Nam, N.T.M. Hue, N.T.A. Huong, D.H. Anh, N.H. Minh, T.B. Minh (2015), "Distribution, accumulation profile, and risk assessment of polybrominated diphenyl ethers in sediment from lake and river systems in Hanoi Metropolitan Area, Vietnam", *Environ Sci Pollut Res*, DOI:10.1007/s11356-015-5235-7.
- [9] S. Romano, R. Piazza, C. Mugnai, S. Giuliani, L.G. Bellucci, N.H. Cu, M. Vecchiato, S. Zambon, D.H. Nhon, M. Frignani (2013), "PBDEs and PCBs in sediments of the Thi Nai Lagoon (Central Vietnam) and soils from its mainland", *Chemosphere*, **90**, pp.2396-2402.
- [10] H. Matsukami, N.M. Tue, G. Suzuki, M. Someya, L.H. Tuyen, P.H. Viet, S. Takahashi, S. Tanabe, H. Takigami (2015), "Flame retardant emission from e-waste recycling operation in northern Vietnam: Environmental occurrence of emerging organophosphorus esters used as alternatives for PBDEs", *Science of the Total Environment*, **514**, pp.492-499.
- [11] A. Eguchi, T. Isobe, K. Ramu, S. Tanabe (2011), "Optimisation of the analytical method for octa-, nona- and decabrominated diphenyl ethers using gas chromatography-quadrupole mass spectrometry and isotope dilution", *Int. J. Environ. Anal. Chem*, **91**, pp.348-356.
- [12] R. Davies, E. Zou (2012), "Polybrominated diphenyl ethers disrupt molting in neonatal *Daphnia magna*", *Ecotoxicology*, **21**, pp.1371-1380.
- [13] Ministry of the Environment, Government of Japan (2013), *Profiles of the initial environmental risk assessment of chemicals. Decabromodiphenyl ether*.
- [14] D.M. Di Toro, C.S. Zarba, D.J. Hansen, W.J. Berry, R.C. Swartz, C.E. Cowan (1991), "Technical basis for establishing sediment quality criteria for nonionic organic chemicals using equilibrium partitioning", *Environmental Toxicology and Chemistry*, **10**, pp.1541-1583.
- [15] R.S. Wentsel, T.W. La Point, M. Simini, R.T. Checkai, D. Ludwig, L. Brewer (1996), *Tri-service procedural guidelines for ecological risk assessments*, Aberdeen Proving Ground, MD. US Army Edgewood Research, Development, and Engineering Center.
- [16] M. Ilyas, A. Sudaryanto, I.E. Setiawan, A.S. Riyadi, T. Isobe (2013), "Characterization of polychlorinated biphenyls and polybrominated flame retardants in sludge, sediment and fish from municipal dumpsite at Surabaya, Indonesia", *Chemosphere*, **93**, pp.1500-1510.
- [17] D. Wang, Z. Cai, G. Jiang, A. Leung, M.H. Wong, W.K. Wong (2005), "Determination of polybrominated diphenyl ethers in soil and sediment from an electronic waste recycling facility", *Chemosphere*, **60**, pp.810-816.
- [18] Q. Luo, W. Cai, M.H. Wong (2007), "Determination of polybrominated diphenyl ethers in freshwater fishes from a river polluted by e-wastes", *Science of the Total Environment*, **383**, pp.115-127.
- [19] H.B. Moon, M. Choi, J. Yun, R.H. Jung, H.G. Choi (2012), "Contamination and potential sources of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in water and sediment from the artificial Lake Shihwa", *Korean Chemosphere*, **88**, pp.837-843.

# Đặc điểm địa tầng và cấu trúc địa chất trũng An Châu và ý nghĩa của chúng trong tìm kiếm, thăm dò dầu khí

Hoàng Văn Long<sup>1\*</sup>, Ngô Thị Kim Chi<sup>1</sup>, Trần Thị Oanh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Mỏ - Địa chất

<sup>2</sup>Liên đoàn Bản đồ địa chất miền Bắc

Ngày nhận bài 4/7/2016, ngày chuyển phản biện 6/7/2016, ngày nhận phản biện 8/8/2016, ngày chấp nhận đăng 18/8/2016

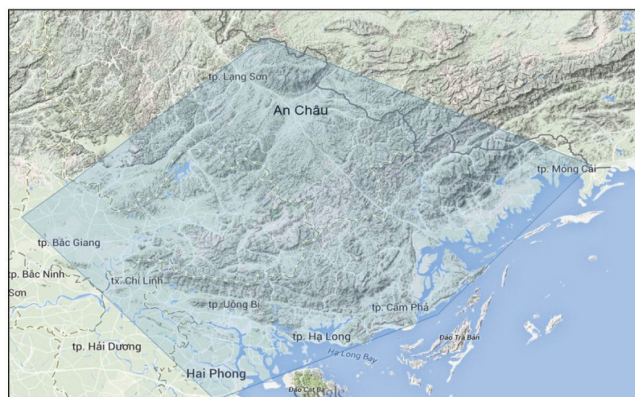
Trũng An Châu nằm trọn trong đới cấu trúc Đông Bắc Bộ và là một trong những bể trầm tích trước Kanozoi lớn nhất Việt Nam. Trong nghiên cứu này, tập thể tác giả trình bày một số kết quả nghiên cứu về các điều kiện địa chất, địa tầng có thể hình thành nên một hệ thống dầu khí trong vùng nghiên cứu dựa trên tài liệu khảo sát thực địa kết hợp với việc xử lý tài liệu địa chất và địa vật lý đã thực hiện trước đây. Kết quả nghiên cứu cho thấy, trũng An Châu có đủ các điều kiện thuận lợi để có thể hình thành một hệ thống dầu khí. Trong đó, tầng đá sinh là các đá trầm tích sét kết, đá phiến sét màu đen, giàu vật chất hữu cơ thuộc hệ tầng Mẫu Sơn và hệ tầng Vân Lãng; trong khi tầng chứa là các tầng cát kết, sạn kết hạt trung bình - thô có độ rỗng và độ thấm tốt tuổi T-K và tầng đá móng carbonat bị nứt nẻ tuổi C-P nằm ở phần sâu của trũng. Tầng chắn bao gồm cả tầng chắn khu vực là các tầng sét kết được hình thành trong môi trường biển nông tuổi T<sub>1-2</sub> và tầng chắn địa phương là các tập sét kết hình thành trong các trũng địa hào nội lục tuổi T<sub>3</sub>-K. Các cấu tạo triển vọng được tập trung vào hai loại chính đó là tầng đá móng carbonat tuổi C-P bị phá hủy trong các khối nâng địa lũy và các cấu tạo nếp lồi quy mô lớn phát triển trong các đá trầm tích lục nguyên tuổi MZ.

**Từ khóa:** cấu tạo triển vọng, đá chắn, đá chứa, đá sinh, trũng An Châu.

**Chỉ số phân loại 1.5**

## Đặt vấn đề

Trũng An Châu là một trong những bể trầm tích Paleozoi - Mesozoi lớn nhất ở nước ta, được phân bố trọn vẹn trong đới cấu trúc Đông Bắc Bộ (hình 1).



Hình 1: vị trí địa lý khu vực nghiên cứu và vùng lân cận (nguồn: maps.google.com)

Khu vực này đã được nghiên cứu và điều tra địa chất cơ bản từ những năm 60 của thế kỷ trước thông

qua các dự án hợp tác giữa Tổng cục Địa chất Việt Nam với các nhà địa chất Liên Xô để tiến hành đo vẽ bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản ở các tỷ lệ 1:500.000, 1:200.000 và gần đây nhất là 1:50.000. Các kết quả nghiên cứu và điều tra địa chất cơ bản đã cho thấy, các tiền đề thạch học và địa chất thuận lợi cho quá trình hình thành và tích tụ dầu khí trong khu vực [1, 2]. Ngoài các công trình điều tra địa chất cơ bản và tìm kiếm khoáng sản, một số nhà địa chất đã tiến hành nghiên cứu chuyên về các điều kiện địa chất có thể thuận lợi cho việc hình thành dầu khí trong khu vực trũng An Châu. Điển hình cho các nghiên cứu về dầu khí trong giai đoạn này là của Ngô Thường San (1975), Nguyễn Quang Hạp (1975) [1, 2]. Những tác giả này đã đưa ra được những nhận định về yếu tố cấu trúc, địa tầng và lịch sử tiến hóa kiến tạo khu vực cũng như mối quan hệ của chúng với sự hình thành một hệ thống dầu khí nói chung. Tuy nhiên, các luận giải đó được thực hiện dựa trên quan điểm của thuyết kiến tạo Địa mảng mà ngày nay không còn phù hợp trong điều kiện thực tế địa chất. Bên cạnh đó, các công trình

\*Tác giả liên hệ: Email: hoangvanlong@hmg.edu.vn

## Stratigraphy and geological structure of the An Chau basin and its significance in oil and gas exploration

### Summary

The An Chau Basin is situated in the Northeast structure zone and is one of the largest pre-Cenozoic sedimentary basins in Vietnam. In this study, the authors presents some results of studying geological and stratigraphic conditions for the formation of a petroleum system in the region based on the field observation data together with reinterpretation of geological and geophysical data of the previous studies.

The results have shown that the An Chau Basin demonstrates sufficient conditions of a petroleum system. In which, the source rocks are organic matter-rich, black shale and claystone of the Mau Son and Van Lang formations while the reservoir rocks are very coarse - medium grained, highly porous and permeable sandstones of the T-K formation. In addition, the C-P fractured/kastified carbonate rocks are also considered good reservoir rocks in the deeper area. Two types of cap rock formation have been identified: The regional cap rock is the  $T_{1-2}$  shallow marine shale or claystone that demonstrates a steady thickness and wide development while the  $T_3$ -K continental shale and claystone deposited locally in the continental grabens are suggested to be the local cap rock formation.

The potential structures include the C-P carbonate basement developed in the horst structures and the large scale anticlines developed in the MZ clastic sedimentary rocks.

**Keywords:** An Chau Basin, cap rock, potential structure, reservoir rock, source rock.

**Classification number** 1.5

nghiên cứu về địa hoá hữu cơ, luận giải cấu trúc địa chất, thành phần thạch học và môi trường trầm tích, các dạng cấu tạo triển vọng của các tầng địa chất dưới sâu còn rất hạn chế. Vì vậy mà việc đánh giá hệ thống dầu khí cũng như những triển vọng dầu khí trong vùng còn gặp nhiều khó khăn và những vấn đề đó sẽ được thảo luận trong nghiên cứu này.

Trong nghiên cứu này, tập thể tác giả đã tiến hành tổng hợp, xử lý các tài liệu địa chất, địa vật lý kết hợp với tài liệu khảo sát thực địa do tập thể tác giả thực hiện để đưa ra những nhận định về tiền đề địa tầng, cấu trúc có khả năng hình thành và tích tụ hydrocarbon trong vùng trũng An Châu phục vụ cho việc định hướng công tác tìm kiếm và thăm dò dầu khí.

### Nội dung nghiên cứu

#### Cơ sở tài liệu

Để thực hiện nghiên cứu này, tập thể tác giả sử dụng các nguồn tài liệu sau đây: tài liệu khảo sát thực địa thực hiện trong các năm 2014-2016; tài liệu báo cáo bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản ở các tỷ lệ khác nhau của khu vực Đông Bắc Việt Nam; báo cáo kết quả đo địa vật lý trọng lực.

#### Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu chính là các thành tạo carbonat tuổi Paleozoi và các đá trầm tích lục nguyên tuổi Meozozoi có mặt trong vùng nghiên cứu.

#### Phương pháp nghiên cứu

*Phương pháp tổng hợp và xử lý số liệu:* được thực hiện dựa trên việc tổng hợp, phân tích và xử lý các tài liệu địa chất, địa vật lý đã được thực hiện trong các giai đoạn trước đây nhằm phục vụ cho việc đánh giá tổng quan về đặc điểm địa chất, thành phần thạch học, cấu trúc địa chất và địa tầng trong khu vực nghiên cứu.

*Phương pháp khảo sát thực địa:* được tiến hành theo các tuyến lộ trình nhằm thu thập các thông tin về thành phần thạch học, địa tầng, đặc điểm biến dạng của các thành tạo địa chất, lấy các loại mẫu chuyên đề phục vụ cho việc luận giải cấu trúc, thạch học ở dưới sâu.

*Phương pháp luận giải cấu trúc:* được thực hiện trên cơ sở phân tích các dấu hiệu địa động lực từ các số liệu quan sát trực tiếp ngoài thực địa kết hợp với phân tích bản đồ địa chất nhằm xác định các hệ thống nếp uốn, đứt gãy liên quan đến các hoạt động kiến tạo khu vực không chế quá trình hình thành và tiến hóa bề.

Phân tích các pha biến dạng và ý nghĩa của từng kiểu hoạt động biến dạng đối với sự thành tạo/phá hủy các phân vị địa tầng trong vùng nghiên cứu cũng như sự hình thành các bẫy cấu tạo tiềm năng.

**Phương pháp phân tích các cấu tạo/bẫy:** nghiên cứu thạch học của các thành tạo địa chất nhằm xác định thành phần khoáng vật và các quá trình biến đổi địa chất liên quan để đánh giá ảnh hưởng của chúng trong việc phân loại khả năng chứa/chấn của các tầng thạch học khác nhau. Việc phân tích thạch học của các thành tạo địa chất được tiến hành trên cơ sở kết hợp tài liệu quan sát trực tiếp ngoài thực địa với tài liệu phân tích lát mỏng thạch học trong phòng.

### Kết quả nghiên cứu

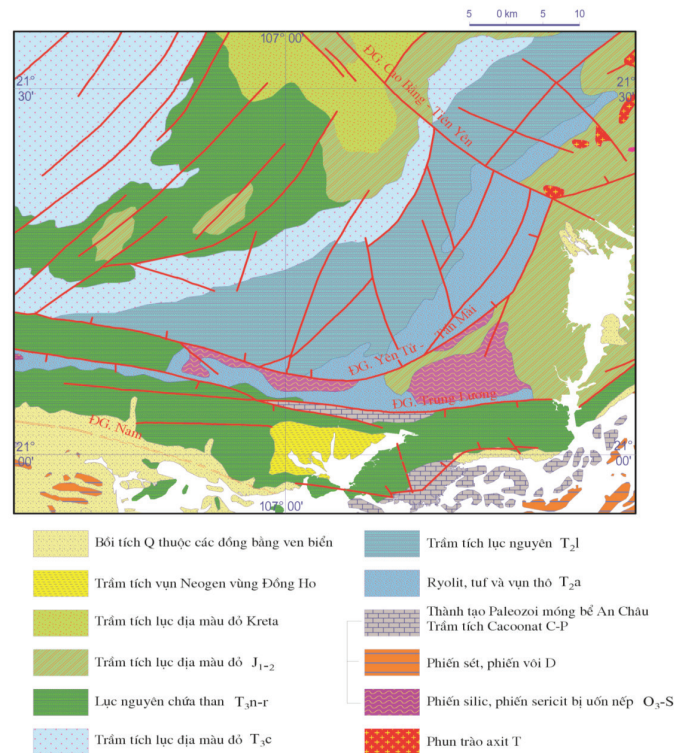
Trên cơ sở xử lý tài liệu khảo sát thực địa kết hợp với việc tổng hợp, xử lý số liệu bằng các phương pháp nghiên cứu nêu trên đã cho phép tập thể tác giả thu được một số kết quả chính sau đây:

#### Địa tầng

Các tài liệu khảo sát địa chất trên mặt kết hợp với tài liệu thăm dò than và các kết quả nghiên cứu của các tác giả trước đây cho thấy, đá có tuổi cổ nhất trong vùng là các thành tạo đá biến chất của hệ tầng Tấn Mài tuổi  $O_3-S_1$ . Hầu hết các nhà địa chất đều cho rằng, bề An Châu được hình thành do quá trình tách giãn móng kết tinh trước Cambri. Chi tiết về các phân vị địa tầng ở khu vực Đông Bắc Việt Nam nói chung và vùng An Châu nói riêng đã được trình bày đầy đủ trong các báo cáo đo vẽ bản đồ địa chất và báo cáo công tác tìm kiếm - thăm dò than trong khu vực (hình 2). Vì vậy, trong khuôn khổ bài báo này, tập thể tác giả chỉ trình bày nhóm các phân vị địa tầng có đặc điểm tương tự theo các tiêu chí thạch học cấu trúc của hệ thống dầu khí. Trật tự địa tầng được mô tả như sau:

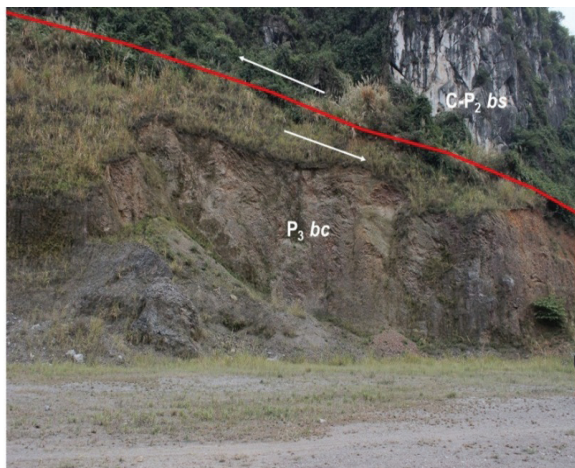
**Các thành tạo biến chất hệ Ocdovic, thống trên - hệ Silur:** hệ tầng Tấn Mài ( $O_3-S_1$  tm): hệ tầng Tấn Mài lộ ra ở phía bắc thành phố Cẩm Phả, khu vực Thống Nhất, Hoành Bồ, khu vực núi Chóp Chài, phía bắc Đông Triều và khu vực từ Tấn Mài đến Móng Cái. Các kết quả đo vẽ bản đồ địa chất trước đây và kết quả khảo sát thực địa gần đây cho thấy, thành phần thạch học của hệ tầng này gồm hai tập: tập dưới gồm các đá trầm tích lục nguyên cát kết thạch anh, bột kết, tuf và đá phiến thạch anh-sericit với tổng chiều dày ~ 900-1000 m. Tập trên gồm cát bột kết, bột kết xen kẹp đá phiến, filit, đá phiến silic, đá phiến sericit và tufogen

với tổng chiều dày ~ 700 m. Trong vùng nghiên cứu các đá của hệ tầng Tấn Mài được cho là có tuổi cổ nhất trong vùng và có quan hệ bất chỉnh hợp với các đá trẻ hơn nằm bên trên.



Hình 2: sơ đồ địa chất - kiến tạo giản lược khu vực vùng An Châu theo tài liệu bản đồ địa chất tỷ lệ 1:200.000 từ Lạng Sơn (Hoàng Ngọc Kỳ và nnk, 2000), từ Móng Cái (Nguyễn Công Lương và nnk, 2000)

**Các thành tạo carbonat - silic hệ Carbon - hệ Permi:** bao gồm hệ tầng Bắc Sơn (C-P bs), hệ tầng Đồng Đăng ( $P_3$  đđ) và hệ tầng Bãi Cháy ( $P_3$  bc): hệ tầng Bắc Sơn phân bố rộng rãi ở khu vực thành phố Lạng Sơn - Hoàng Thạch - Kinh Môn và kéo dài dọc theo vùng ven biển từ Uông Bí đến Cái Rồng. Thành phần chính của hệ tầng này là đá vôi phân lớp dày đến cấu tạo khối, đá vôi dạng trứng cá màu xám đến xám đen. Những tập đá vôi giàu silic có màu đậm hơn. Chiều dày của hệ tầng này vào khoảng 750 m. Trong phạm vi vùng nghiên cứu không quan sát được ranh giới dưới của hệ tầng Bắc Sơn. Tuy nhiên, tại khu vực Lạng Sơn (Động Nhị Thanh) quan sát thấy các đá trầm tích lục nguyên tuổi Trias cắm xuống bên dưới đá vôi tuổi C-P và tại khu vực Hoàng Thạch (núi Vọng Chàm) thấy các tập lục nguyên xen silic tuổi Permi muộn lại bị uốn nếp đảo và cắm xuống bên dưới đá vôi tuổi C-P (hình 3) cho thấy quan hệ địa tầng ở đây là bất chỉnh hợp kiến tạo.



Hình 3: quan hệ chèn nhích giữa đá vôi hệ tầng Bắc Sơn với trầm tích silic hệ tầng Bãi Cháy và hiện tượng uốn nếp đảo đì kèm

Hệ tầng Đồng Đăng chỉ lộ ra với một diện lộ rất hạn chế ở một số khu vực quanh thành phố Lạng Sơn (Động Nhị Thanh, Quán Lóng, Cao Lộc). Tổng chiều dày thay đổi từ 150-350 m. Các đá của hệ tầng này gồm hai tập: tập dưới gồm bauxit, trầm tích lục nguyên cát kết, bột kết, sét kết xen kẹp silic. Tập trên là đá vôi cấu tạo khối đến phân lớp dày và bị phủ chỉnh hợp bởi trầm tích lục nguyên tuổi Trias ở một số nơi (Quán Lóng).

Trong phạm vi vùng nghiên cứu, hệ tầng Bãi Cháy được lộ ra thành một số dải hẹp ở khu vực Kinh Môn, thành phố Hạ Long, Thống Nhất (Hoành Bồ). Thành phần thạch học của hệ tầng này gồm trầm tích silic xen kẹp lục nguyên bột, sét kết. Tại Bãi Cháy (Hạ Long), các đá này bị dập vỡ mạnh tạo thành đới dăm kết kiến tạo không xác định được thể nằm trong khi ở khu vực Kinh Môn vẫn quan sát được tính phân lớp nhưng đá bị nứt nẻ mạnh và bị uốn nếp tạo thành các nếp uốn nghịch đảo, nếp uốn nằm ngang có mặt trực cắt xuống bên dưới đá vôi tuổi C-P tạo thành quan hệ chèn nhích.

*Các thành tạo trầm tích biến nông tuổi Trias sớm - giữa:* bao gồm các thành tạo trầm tích lục nguyên của hệ tầng Lạng Sơn ( $T_{11} ls$ ), hệ tầng Kỳ Cùng ( $T_{10} kc$ ), hệ tầng Khôn Làng ( $T_{2a} kl$ ) và hệ tầng Nà Khuất ( $T_{21} nk$ ).

Các đá trầm tích lục nguyên này được hình thành trong giai đoạn Meozoi sớm và phân bố khá phổ biến ở cánh phía Đông Bắc và Tây Nam của trũng An Châu. Thành phần thạch học gồm cát kết, bột kết, sét kết xen kẹp các đá phun trào rhyolit và đá vôi sét phân lớp mỏng. Đá trầm tích lục nguyên có cấu tạo phân lớp rất dày đến trung bình, bị uốn nếp và đứt gãy cắt qua. Ở

ven rìa phía Tây Nam bồn trũng còn quan sát thấy các đá lục nguyên của hệ tầng Lạng Sơn có quan hệ kiến tạo nghịch đảo cắm xuống bên dưới các đá vôi của hệ tầng Đồng Đăng có tuổi cổ hơn ( $P_3$ ). Tại một số vị trí đã xác định được hóa thạch định tuổi cho các phân vị địa tầng này.

*Các thành tạo trầm tích lục địa tuổi Trias muộn - Kreta:* bao gồm các hệ tầng Mẫu Sơn ( $T_{3c} ms$ ), hệ tầng Văn Lãng ( $T_{3n-r} vl$ ), hệ tầng Hà Cối ( $J_{1-2} hc$ ). Đây là các đá trầm tích có tuổi trẻ nhất trong vùng nghiên cứu và chúng được quan sát thấy khá phổ biến ở vùng trung tâm và cánh phía Đông Bắc trũng An Châu. Thành phần thạch học bao gồm các tầng cuối kết phân lớp rất dày đến dày, cát kết, bột kết, sét kết được hình thành trong các địa hào nội lục với môi trường trầm tích đặc trưng là môi trường sông hồ và đầm lầy. Đặc biệt, đây là các địa tầng chứa than công nghiệp có giá trị kinh tế cao. Tại ranh giới chuyển tiếp giữa các đá trầm tích tuổi Trias giữa với trầm tích của hệ tầng Mẫu Sơn ( $T_{3c}$ ) có thể quan sát rõ sự chuyển biến nhanh về kích thước độ hạt và trầm tích có màu nâu đỏ đặc trưng cho môi trường oxy hóa vùng trên lục địa.

*Các thành tạo trầm tích Kainozoi:* trong phạm vi khu vực nghiên cứu còn quan sát thấy các đá trầm tích Kainozoi nằm phân bố rải rác dọc theo các đới đứt gãy trượt bằng Cao Bằng - Tiên Yên và đứt gãy Đường 18. Các đá trầm tích này bao gồm các thành tạo hạt thô cuối sạn kết, cát kết và đá hạt mịn như bột kết, sét kết, sét than và các vỉa than nâu tuổi Miocen thuộc các hệ tầng Na Dương ( $N_1 nd$ ), Đồng Ho ( $N_1 dh$ ) và các đá trầm tích tuổi Pliocen thuộc hệ tầng Rinh Chùa ( $N_2 rc$ )... Các đá trầm tích Kainozoi thường có cấu tạo hạt chuyển tiếp, cấu tạo xiên chéo và phân lớp mỏng hoặc vát nhọn về ven rìa đặc trưng cho môi trường trầm tích sông, hồ.

### Magma

Ở phần đất liền trong khu vực Đông Bắc Việt Nam rất ít khi gặp các thành tạo xâm nhập thực sự mà chỉ lộ ra một số diện phân bố nhỏ của các đá magma granit được hình thành trong giai đoạn Trias ở khu vực Bình Liêu, Móng Cái (hình 2). Thành phần chính của các khối xâm nhập này là granit và các đai mạch tương nước. Tuổi thành tạo của chúng được xác định là Trias muộn có liên quan mật thiết với hoạt động tạo núi Indosini [3-6].

### **Hoạt động kiến tạo và vai trò của chúng đối với sự thay đổi môi trường trầm tích**

Trên cơ sở phân tích các tài liệu địa chất khu vực và tài liệu khảo sát thực địa có thể tóm tắt các hoạt động kiến tạo không chế quá trình tiến hóa trầm tích An Châu như sau:

Giai đoạn tách giãn sớm: đây là giai đoạn đầu hình thành bể An Châu, trong đó hoạt động tách giãn nội lục chiếm ưu thế. Giai đoạn này được cho là bắt đầu từ trước Cambri để lắng đọng các trầm tích lục nguyên sau này bị biến chất thành đá quaczit và đá phiến thạch anh - sericit của hệ tầng Tân Mài ( $O_3-S_1 tm$ ).

Giai đoạn tách giãn cực đại: giai đoạn này được bắt đầu từ Devon đến Perm. Quá trình tách giãn xảy ra mạnh mẽ chuyển từ môi trường lục địa/biển ven bờ sang môi trường biển sâu lắng đọng trầm tích carbonat và silic đặc trưng cho môi trường biển sâu thuộc các hệ tầng Bắc Sơn ( $C-P_2 bs$ ), Đồng Đăng ( $P_3 đđ$ ) và Bãi Cháy ( $P_3 bc$ ).

Giai đoạn nghịch đảo kiến tạo trong Mesozoic: do hoạt động tạo núi trong Indosini, quá trình ép nén xảy ra trên toàn bộ khu vực Đông Dương làm cho bể An Châu nổi riêng và địa khối Đông Dương nổi chung bị nâng lên từ từ [3, 4, 5]. Môi trường trầm tích có sự giạt lùi từ môi trường biển sâu sang môi trường biển nông và ven bờ lắng đọng các trầm tích lục nguyên tuổi Trias thuộc hệ tầng Lạng Sơn ( $T_{1l} ls$ ), Kỳ Cùng ( $T_{1o} kc$ ), Khôn Lãng ( $T_{2a} kl$ ), Nà Khuất ( $T_{21} nk$ ).

Vào cuối Trias muộn, quá trình nâng kiến tạo vẫn tiếp tục xảy ra, kết thúc chế độ biển chuyển sang chế độ lục địa, hình thành nên các trầm tích ven bờ Mẫu Sơn ( $T_{3k} ms$ ), các địa hào chứa than thuộc hệ tầng Hòn Gai, Vân Lãng, Hà Cối...

Sơ đồ kiến tạo giản lược trong hình 2 cho thấy, các hoạt động đứt gãy phát triển trong vùng nghiên cứu chủ yếu phát triển theo hai hệ thống chính là Đông Bắc - Tây Nam và Tây Bắc - Đông Nam. Trong đó hệ thống đứt gãy phương Đông Bắc - Tây Nam phát triển sớm hơn, đóng vai trò không chế quá trình tách giãn và bình đồ cấu trúc trầm An Châu. Trong khi đó, hệ thống đứt gãy phương Tây Bắc - Đông Nam phát triển muộn hơn, phần lớn được tái hoạt động trong giai đoạn Kainozoi do ảnh hưởng của quá trình va chạm mảng Ấn Độ với mảng Âu - Á [7-11]. Do các đứt gãy phương Tây Bắc - Đông Nam còn khá trẻ nên chúng còn được bảo tồn các

dấu vết khá tốt ngoài thực địa (hình 4). Đây là những hoạt động đứt gãy có sau và góp phần làm phức tạp hóa các cấu trúc liên quan đến hệ thống dầu khí trong vùng.



Hình 4: các cấu tạo đường trượt được bảo tồn khá tốt tại đèo Hạ Mì (An Châu) là dấu hiệu của đứt gãy trượt bằng trái phát triển theo phương Tây Bắc - Đông Nam

### **Đánh giá các tiền đề triển vọng đối với hệ thống dầu khí trong trầm An Châu**

**Tiền đề đá sinh:** đá sinh ở toàn khu vực bể An Châu được đánh giá sơ bộ dựa trên cơ sở phân tích đối sánh các chỉ tiêu về đặc điểm thạch học, môi trường trầm tích của các đá trầm tích có thể sinh dầu. Các đá sinh có triển vọng bao gồm các trầm tích sét kết và đá phiến sét hạt mịn, màu đen và giàu vật chất hữu cơ. Các địa tầng có tồn tại các tập sét hữu cơ bao gồm phần thấp của hệ tầng Mẫu Sơn, đá phiến sét màu đen hệ tầng Vân Lãng (trung tâm thị trấn An Châu) và tập phiến sét tuổi Đệ Tam quan sát thấy ở khu vực Đồng Ho, Lạng Sơn. Tuy nhiên, các mẫu phân tích địa hóa hữu cơ mới chỉ được thu thập ở các tầng nông đã ít nhiều bị ảnh hưởng của quá trình oxy hóa và chưa không chế được chiều dày của các tầng sinh khả dĩ.

**Tiền đề đá chứa:** theo kết quả nghiên cứu mẫu thạch học, cơ lý và phân tích cấu trúc cho thấy khả năng đá chứa trong khu vực nghiên cứu chủ yếu gồm hai loại chính:

Đá chứa là carbonat nứt nẻ và karst hóa: trong vùng nghiên cứu khá phổ biến các đá trầm tích carbonat tuổi C-P. Về bản chất thạch học có thể thấy carbonat là trầm tích biển sâu có kiến trúc hạt rất mịn, cấu tạo khối và/hoặc phân lớp dày nên độ rỗng và độ thấm nguyên sinh của nó rất thấp và như vậy khả năng chứa hydrocarbon không cao. Tuy nhiên, khả năng chứa cũng như độ rỗng,

độ thấm của các thành tạo này có thể được cải thiện đáng kể nhờ độ rỗng, độ thấm thứ sinh tăng cao ở các đới carbonat bị đập vỡ và/hoặc bị karst hóa. Mặc dù chưa có lỗ khoan nào nghiên cứu đối tượng này nhưng các tài liệu khảo sát thực địa và kết quả tổng hợp các nghiên cứu trước đây cho thấy carbonat ở đây bị nứt nẻ và tạo hang karst rất mạnh (ví dụ: quanh khu vực vịnh Hạ Long, khu Thống Nhất, Hoàn Bồ, rìa Đông Bắc An Châu - Lạng Sơn...). Bên cạnh đó, một số giếng khoan trong vịnh Bắc Bộ đã phát hiện được khí thương mại nằm trong các khối đá móng carbonat. Điều này cho thấy hoàn toàn có khả năng tồn tại đá chứa là các tầng móng carbonat chìm ở dưới sâu trong khu vực trũng An Châu.

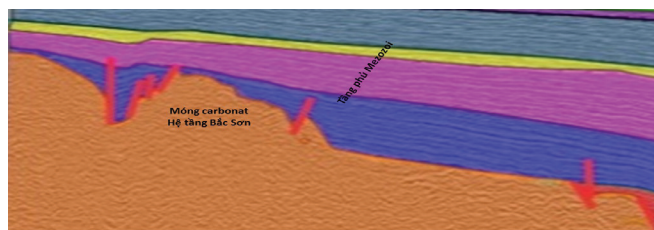
Đá chứa là các trầm tích cơ học tuổi Mesozoi: do các mẫu phân tích được lấy trên mặt hoặc lỗ khoan nông (~100 m) với số lượng rất ít nên chưa thể đại diện cho tiềm năng chứa của chúng ở dưới sâu. Cát kết của các hệ tầng tuổi Trias được thành tạo trong môi trường khác nhau, có thành phần, kích thước hạt, độ lựa chọn mài mòn khác nhau, đã bị biến đổi thứ sinh mạnh mẽ (hệ tầng Nà Khuất, hệ tầng Bình Liêu) hoặc một phần cát kết bị xi măng hóa và nén rất mạnh, làm giảm hầu hết các lỗ rỗng nguyên sinh giữa hạt (hệ tầng Mẫu Sơn) nên tiềm năng chứa của các đá cát kết chủ yếu thuộc loại kém đến trung bình kém, đôi chỗ bắt gặp đá có khả năng chứa tốt với độ rỗng đạt tới 16,8-18,5 nhưng độ thấm khí kém 0,1-0,6 mD (các mẫu cát kết có độ rỗng cao này lấy tại các hào, còn các mẫu lấy từ giếng khoan có độ rỗng thấp hơn, chỉ từ 0,8-2,4%). Kết quả này khá phù hợp với xác định độ rỗng trong lát mỏng, phần lớn các mẫu cát kết trong Trias đều có độ rỗng thấp, thường nhỏ hơn 2,5-3%. Tuy nhiên, không loại trừ ở dưới sâu tại những khu vực bị tác động mạnh của phá hủy kiến tạo, hoặc những nơi trầm tích được nâng lên, bóc mòn và phong hóa... sau đó trầm tích bị chôn vùi và được phủ lên lớp trầm tích trẻ hơn, có thể gặp được các lớp đá cát kết có tiềm năng chứa tốt hơn do độ rỗng thứ sinh đóng vai trò đáng kể làm tăng khả năng chứa của đá.

Cát kết của hệ tầng Hà Cối có kích thước hạt rất nhỏ đến hạt trung, độ lựa, mài tròn trung bình kém, được hình thành chủ yếu trong điều kiện lục địa, khô nóng và oxy hóa mạnh, bị biến đổi thứ sinh ở giai đoạn hậu sinh muộn nên một số mẫu còn tồn tại độ lỗ rỗng đạt từ 13-17%. Khả năng chứa của đá thay đổi mạnh từ kém hoặc rất kém (độ rỗng < 3%) đến trung bình và tốt (độ rỗng > 10%) (theo báo cáo thăm dò giai đoạn 1 của Công ty Dầu khí Sông Hồng, năm 2015).

*Tiền đề tầng chắn:* các tầng chắn khu vực nếu có thì chủ yếu là các tầng sét kết tuổi Trias sớm - giữa được hình thành trong môi trường biển nông có chiều dày ổn định và phạm vi phân bố rộng. Ngược lại, các thành tạo trầm tích lục địa tuổi T<sub>3</sub>-K tuy có chiều dày khá lớn nhưng chúng lại được hình thành trong các trũng địa hào nội lục nên thường có quy mô và diện phân bố không liên tục.

*Các cấu tạo triển vọng trong bể An Châu:* trên cơ sở phân tích các tài liệu khảo sát địa chất trên mặt và các kết quả điều tra địa chất cơ bản cũng như tài liệu thăm dò khoáng sản và minh giải địa chấn trước đây, các hệ thống đứt gãy và nếp uốn, tài liệu đo trọng lực khu vực, đã xác định được hai kiểu cấu tạo triển vọng như sau:

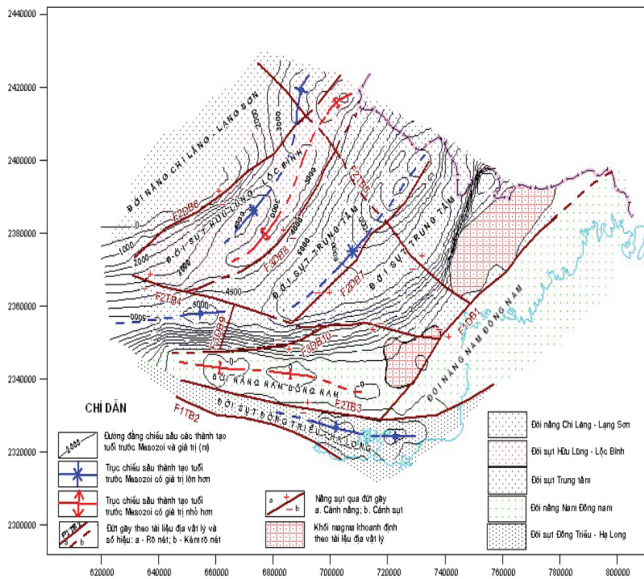
Cấu tạo liên quan đến phá hủy tầng móng carbonat tuổi C-P: trong khu vực trũng An Châu, các thành tạo đá vôi tuổi C-P chủ yếu được lộ ra ở hai cánh Đông Bắc và Tây Nam của vùng nghiên cứu. Tuy nhiên, một số khối nhỏ có thể quan sát được ở gần trung tâm của bể (khu vực Thống Nhất, Trới...). Điều này cho thấy, các thành tạo carbonat này không hoàn toàn bị chìm hẳn xuống dưới sâu phần trung tâm của bể. Trên thực tế, các hoạt động tách giãn địa hào nội lục trong Mesozoi đã làm cho các tầng móng carbonat này bị phá hủy tạo thành những cấu tạo địa hào, địa lũy xen kẽ nhau (hình 5). Vì vậy, các cấu tạo khối nâng nằm trong các cấu trúc địa lũy của tầng đá móng carbonat có thể trở thành các bẫy cấu tạo triển vọng trong tầng móng tương tự như những cấu tạo chứa khí thương mại trong vịnh Bắc Bộ (ví dụ, cấu tạo Hàm Rồng).



Hình 5: mô hình các bẫy cấu tạo phát triển trên đá móng carbonat tuổi C-P: tầng dưới không có phân xạ địa chấn là tầng móng carbonat, các tầng phân xạ địa chấn được ký hiệu bởi các màu khác nhau bên trên là tầng phủ Đệ Tam, đứt gãy là các đường màu đỏ

Cấu tạo liên quan đến hoạt động uốn nếp: các hoạt động kiến tạo trong Mesozoi được cho là có mối quan hệ chặt chẽ với hoạt động tạo núi Indosini là kết quả của quá trình va chạm giữa mảng Sibumasu và mảng Đông Dương [12]. Vào cuối Mesozoi, toàn bộ khu vực Đông Bắc Việt Nam được nâng lên cao, kết thúc chế độ biển và chuyển sang chế độ lục địa. Đi kèm với đó là hoạt động uốn nếp, ép nén và chòem nghịch xảy ra. Các hoạt động uốn nếp đã làm hình thành nên một số nếp lồi, nếp lõm có

quy mô lớn có khả năng trở thành các cấu tạo triển vọng (hình 6). Một số cấu tạo nếp uốn điển hình bao gồm nếp lồi Mẫu Sơn, nếp lồi Đồng Mê...



Hình 6: cấu trúc địa chất tầng móng trước Mesozoi thể hiện các cấu trúc lớn cơ bản có mặt trong trũng An Châu (dựa trên tài liệu đo trọng lực do Viện Dầu khí Việt Nam tiến hành)

## Kết luận

Trên cơ sở phân tích những kết quả tổng hợp từ các tài liệu khảo sát địa chất của chính tập thể tác giả kết hợp với tài liệu địa chất và địa vật lý đã cho phép xác định rõ hơn về đặc điểm trầm tích, địa tầng và các cấu tạo địa chất có khả năng thuận lợi cho việc hình thành hệ thống dầu khí trong khu vực bể An Châu. Những kết quả nghiên cứu cho thấy:

Đặc điểm môi trường trầm tích bể An Châu có mối quan hệ chặt chẽ với quá trình tiến hóa kiến tạo của bể. Tương ứng với các giai đoạn tách giãn, mở bồn và nghịch đảo kiến tạo là sự dịch chuyển môi trường trầm tích từ biển nông sang biển sâu và trở lại biển nông trước khi chuyển hoàn toàn sang môi trường lục địa. Tương tác học cũng thay đổi từ tương lục nguyên (biển nông/ven bờ) sang carbonat và silic (biển sâu) sang lục nguyên (biển nông) và lục nguyên (địa hào lục địa) tương ứng.

Các thành tạo trầm tích sét kết và phiến sét màu đen giàu vật chất hữu cơ của hệ tầng Mẫu Sơn, hệ tầng Vân Lãng và hệ Neogen có khả năng là nguồn đá sinh triển vọng trong khi các đối tượng đá chứa được tập trung vào hai loại chính là đá chứa carbonat tuổi C-P bị nứt nẻ và cả karst hóa. Tầng đá chắn mang tính khu vực được cho là các tầng sét tuổi  $T_{1-2}$  được hình thành trong môi trường biển do chúng có chiều dài ổn định và quy mô lớn. Ngược

lại, các tầng sét tuổi  $T_3$ -K được hình thành cục bộ trong các địa hào nội lục nên chủ yếu là tầng chắn địa phương.

Kết quả phân tích cấu trúc cũng đã góp phần nhận diện được hai loại cấu trúc có triển vọng có thể tích tụ hydrocarbon trong điều kiện các điều kiện chắn biên cho phép. Đó là cấu tạo móng là các khối nâng địa lũy carbonat và các cấu tạo nếp lồi phát triển trên các trầm tích lục nguyên Trias.

## Lời cảm ơn

Bài báo này được hoàn thành là một phần của đề tài nghiên cứu cơ bản "Lịch sử tiến hóa kiến tạo bể trầm tích An Châu và ý nghĩa của nó trong dự báo tiềm năng dầu khí", mã số 105.01-2011.18 do Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ quốc gia (Nafosted) tài trợ. Nhóm nghiên cứu xin trân trọng cảm ơn.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Ngô Thường San (1975), "Nền nhận định về triển vọng dầu khí ở trũng An Châu như thế nào?", *Tạp chí Địa chất*, **122(11-12)**, tr.8-14.
- [2] Nguyễn Quang Hạp (1975), "Triển vọng dầu khí ở trũng An Châu", *Tạp chí Địa chất*, **120(7-8)**, tr.4-8.
- [3] A. Carter and P.D. Clift (2008), "Was the Indosinian orogeny a Triassic mountain building or thermotectonic reactivation event?", *Comptes Rendues de l'Academie Scientifique, Geoscience*, **340**, pp.83-93.
- [4] C. Lepvrier, et al. (1997), "Indosinian NW-trending shear zones within the Truong Son belt (Vietnam) 40Ar/39Ar Triassic ages and Cretaceous to Cenozoic overprints", *Tectonophysics*, **283(1-4)**, pp.105-127.
- [5] C. Lepvrier, et al. (2004), "The Early Triassic Indosinian orogeny in Vietnam (Truong Son Belt and Kontum Massif); implications for the geodynamic evolution of Indochina", *Tectonophysics*, **393**, pp.87-118.
- [6] Hoàng Văn Long (2015), "Đặc điểm biến dạng bể An Châu: Bằng chứng cho hoạt động nghịch chồm trong giai đoạn tạo núi Indosini", *Tạp chí Dầu khí*, **7**, tr.16-24.
- [7] P. Tapponnier, et al. (1982), "Propagating extrusion tectonics in Asia: New insights from simple experiments with plasticine", *Geology*, **10**, pp.611-616.
- [8] K.V. Hodges (2000), "Tectonics of the Himalaya and southern Tibet from two perspectives", *Geological Society of America Bulletin*, **112(3)**, pp.324-350.
- [9] S. Cao, et al. (2011), "Oligo-Miocene shearing along the Ailao Shan-Red River shear zone: Constraints from structural analysis and zircon U/Pb geochronology of magmatic rocks in the Diancang Shan massif, SE Tibet, China", *Gondwana Research*, **19(4)**, pp.975-993.
- [10] P.H. Leloup, et al. (1995), "The Ailao Shan-Red River shear zone (Yunnan China), Tertiary transform boundary of Indochina", *Tectonophysics*, **25**, pp.3-84.
- [11] R. Hall (1996), *Reconstructing Cenozoic SE Asia*, in *Tectonic Evolution of Southeast Asia*, R. Hall and D.J. Blundell, Editors, London. pp.203-224.
- [12] M.P. Searle, et al. (2012), "Tectonic evolution of the Sibumasu-Indochina terrane collision zone in Thailand and Malaysia: constraints from new U-Pb zircon chronology of SE Asian tin granitoids", *Journal of the Geological Society*, **169**, pp.489-500.

# Dự báo và phân tích tai biến địa chất trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ hầm lò sử dụng chương trình UDEC

Nguyễn Quang Phích\*, Ngô Doãn Hào, Nguyễn Quang Minh, Nguyễn Văn Mạnh

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Ngày nhận bài 8/9/2016, ngày chuyển phân biên 12/9/2016, ngày nhận phân biên 30/9/2016, ngày chấp nhận đăng 17/10/2016

Bài viết giới thiệu kết quả nghiên cứu mô phỏng số dự báo và phân tích tai biến địa chất trong khai thác mỏ hầm lò và xây dựng công trình ngầm (đào lò) trong đó chú ý sự có mặt của các hệ khe nứt, các lớp đá khác nhau và đứt gãy (phay, hay đới phá hủy) sử dụng chương trình UDEC. Các kết quả nhận được cho phép dự báo được các dạng tai biến địa chất có thể xảy ra, từ đó có thể có được các giải pháp phòng tránh và hạn chế tai biến địa chất một cách hợp lý.

**Từ khóa:** khai thác hầm lò, mô phỏng số, tai biến địa chất, xây dựng công trình ngầm, UDEC.

**Chỉ số phân loại** 1.5

## Prediction and analysis of geohazards in underground mining and tunneling using UDEC

Summary

This article presents some investigation results on forecasting and analysis of geological hazards in underground mining and underground construction (tunneling), taking into account the presence of joints, the layers of different rocks, and faults using UDEC program from a research project in the period from 2011 to 2014. The results obtained allow to predict the types of geological disasters which may be caused by human activities. Based on the obtained results, several measures could be found to prevent and reduce geohazards reasonably.

**Keywords:** geohazards, numerical simulation, tunneling, UDEC, underground mining.

**Classification number** 1.5

## Đặt vấn đề

Tiến hành xây dựng các công trình ngầm và khai thác khoáng sản bằng phương pháp hầm lò sẽ tạo nên các khoảng trống ngầm trong vỏ trái đất. Hoạt động này, trước tiên phá vỡ trạng thái vật chất, trạng thái cân bằng ban đầu trong khối đất đá. Trong khối đất đá hình thành các quá trình biến đổi khác nhau theo xu hướng đưa khối đất đá về trạng thái cân bằng mới. Dạng và quy mô của các quá trình biến đổi đó phụ thuộc vào các đặc điểm địa chất, địa chất thủy văn, các tính chất vật lý của các loại đá, trạng thái ứng suất nguyên sinh, các yếu tố địa hình, địa mạo, điều kiện tự nhiên như mưa, động đất và các yếu tố công nghệ liên quan với công tác thi công, công tác khai đào và mục tiêu của hoạt động khai thác, xây dựng công trình ngầm. Trong trạng thái "không kiểm soát" được, các quá trình biến đổi có thể gây ra các tai biến địa chất - kỹ thuật (tai biến địa chất do hoạt động kỹ thuật của con người gây ra, hay tai biến địa chất có yếu tố nhân sinh) ở các mức độ khác nhau, gây thiệt hại về kinh tế và nhiều khi cả tính mạng con người.

Để có thể phòng, tránh hoặc giảm thiểu tai biến địa chất kỹ thuật, cần thiết phải dự báo được khả năng và dạng tai biến có thể bị gây ra, ngay từ giai đoạn quy hoạch, thiết kế và cả trong quá trình thi công, vì các điều kiện địa chất thường rất phức tạp, biến động mạnh, không thể có nhận định, đánh giá chính xác, ngay cả với công tác điều tra, thăm dò thật tỷ mỉ bằng các công cụ thăm dò hiện đại nhất hiện nay đang được triển khai trên thế giới. Cho đến nay đã có nhiều loại mô hình được phát triển phục vụ công tác

\*Tác giả liên hệ: Email: ngphich@yahoo.com

dự báo tai biến địa chất hay đánh giá mức độ ổn định các không gian ngầm, bao gồm các phương pháp hay mô hình kinh nghiệm bán giải tích, các mô hình toán học (xây dựng trên cơ sở đo đạc, phân tích thống kê tại các vùng mỏ đã và đang tiến hành hoạt động khai thác, tại các công trình ngầm đã và đang được thi công), các mô hình vật lý (mô hình vật liệu tương đương) và mô hình lý thuyết (bao gồm mô hình giải tích và mô hình số). Các phương pháp lý thuyết được xây dựng trên cơ sở các lập luận vật lý, cơ học chặt chẽ. Các phương pháp số cho phép có thể chú ý được nhiều yếu tố ảnh hưởng khác nhau, cũng như các đặc điểm cấu trúc địa chất phức tạp [1].

Trong khối đá luôn tồn tại các mặt phân cách (mặt phân lớp, phân phiến, các khe nứt, đứt gãy...) ở các mức độ khác nhau. Sự tồn tại của các mặt phân cách có ảnh hưởng rất lớn đến các tính chất cơ học của khối đá: các biểu hiện cơ học của khối đá mang dấu hiệu không liên tục, không đồng nhất, dị hướng và phụ thuộc nhiều vào kích thước miền nghiên cứu cũng như các yếu tố cấu trúc [2].

Trong thực tế, dự báo tai biến địa chất dựa trên cơ sở hiểu biết về các trạng thái ứng suất và quy luật biến dạng, dịch chuyển và phá hủy trong khối đá sau khi khai đào. Để giải quyết vấn đề này, đến nay phần lớn vẫn sử dụng các phương pháp tính toán theo lý thuyết cơ học các môi trường liên tục, kể cả phương pháp giải tích và phương pháp số. Đương nhiên, thực tế đã chứng tỏ rằng, khi khối đá thực sự là tập hợp từ các khối nứt với những mối liên kết phức tạp giữa chúng thì các lời giải theo lý thuyết cơ học môi trường liên tục cũng không cho kết quả định tính hợp lý. Một loạt các phương pháp số đã được phát triển nhằm tiệm cận vấn đề này.

Yêu cầu chung với mọi mô hình mô phỏng số là phải phản ánh được hai loại biểu hiện cơ học trong hệ thống không liên tục: biểu hiện của yếu tố gây ra tính không liên tục; biểu hiện của các phần tử vật liệu rắn.

Như vậy, mô hình phải vừa chú ý được các biểu hiện của các phần tử cơ bản cấu thành khối đá là đá và đồng thời phải chú ý được biểu hiện cơ học của các mối liên kết giữa các phần tử rời rạc, các khối nứt.

Các biểu hiện cơ học của vật liệu rắn (các khối nứt hay đá liên khối) được xây dựng trên cơ sở các kết quả thực nghiệm, được tiến hành ở các mẫu đá, với các mô hình lưu biến đa dạng, có chú ý đến tính

hoá cứng, giảm bền theo biến dạng. Khi mô hình hoá biểu hiện cơ học của các mặt phân cách tồn tại hai quan điểm là: coi tiếp xúc giữa các phần tử là mềm hay cứng. Trong phương pháp phần tử hữu hạn, sai phân hữu hạn, phần tử biên thường sử dụng các phần tử khe nứt, đường trượt với biểu hiện nhất định, chưa phản ánh hết được đặc điểm của các mối tiếp xúc, liên kết phức tạp và trong tính toán chỉ dừng lại ở biến dạng và chuyển động xoay nhỏ. Các chương trình phần tử rời rạc (discrete element) cho phép chú ý được các chuyển động xoay, biến dạng của các vị trí tiếp xúc, liên kết và tự động nhận biết được các vị trí tiếp xúc mới trong quá trình tính toán.

Phương pháp phần tử rời rạc có thể phân ra năm nhóm phương pháp với các đặc trưng sau:

- Các chương trình phần tử riêng rẽ (distinct element programs) sử dụng sơ đồ tính tường minh theo thời gian để giải trực tiếp các phương trình chuyển động. Các khối nứt được xem là cứng hoặc có thể biến dạng, bằng cách chia thành các phần tử hữu hạn. Các vị trí tiếp xúc được mô phỏng có thể biến dạng được. Các chương trình đại diện cho nhóm này là: TRUBAL (Cundall and Strack, 1979) [3], UDEC (Cundall, 1980) [4]; Cundall and Hart, 1985) [5]; 3DEC (Cundall and Hart, 1992) [6]; DIBS (Walton, 1980) [7]; 3DSHEAR (Walton, et al, 1988) [8] và PFC (Itasca, 1995) [9].

- Các phương pháp thể thức (modal methods) tương tự như phương pháp phần tử riêng rẽ mô phỏng vị trí tiếp xúc là cứng, còn với các phần tử biến dạng thì sử dụng nguyên lý xếp chồng theo thể thức (Williams and Mustoe, 1987) [10]. Phương pháp này có thể thích hợp hơn cho môi trường không liên tục cấu thành từ các vật thể rời, không liên kết. Một chương trình đại diện là CICE (Hocking, et al, 1985) [11].

- Phương pháp phân tích biến dạng không liên tục (Discontinuous Deformation Analysis) cho rằng các vị trí tiếp xúc có biểu hiện cứng, còn các phần tử là cứng hoặc biến dạng được. Điều kiện không xâm nhập được thực hiện theo sơ đồ tính lặp; tính biến dạng được chú ý theo nguyên lý xếp chồng. Chương trình quan trọng hiện nay là DDA (Shi and Goodman, 1992) [12].

- Phương pháp trao đổi động lượng (Momentum-Exchange methods) coi cả vị trí tiếp xúc và các phần tử đều là cứng, động lượng được trao đổi giữa hai phần tử tiếp xúc trong khi va đập trực tiếp. Trượt có ma sát được chú ý đến trong chương trình này (Hahn, 1988) [13].

- Phương pháp động học tiếp xúc không trơn (non-smooth contact dynamics NSCD) được phát triển trong phần mềm LMGC90 (M. Jean and J.J. Moreau, 1992) [14], thích hợp cho môi trường bị phân cắt, như khối đá, các kết cấu xây dựng, cấu thành từ các khối.

Trong [15] đã tổng hợp và phân tích các quan điểm và kinh nghiệm sử dụng phương pháp mô phỏng số để giải quyết bài toán dự báo tai biến địa chất có chú ý đến cấu trúc địa chất của khối đá và cho thấy, chương trình hay phần mềm UDEC (Universal Distinct Element Code) là một trong các chương trình hữu hiệu. Bài viết này giới thiệu hai kết quả nghiên cứu dự báo tai biến địa chất khi đào lò qua đứt gãy và khai thác vỉa quặng dày, cấm dốc đứng bằng mô phỏng số, sử dụng chương trình UDEC.

### Nội dung nghiên cứu

Bằng phần mềm UDEC, các bài toán dự báo tai biến địa chất được lập trình với ngôn ngữ điều hành FISH.

Một loạt các bài toán khác nhau, có thể gặp trong thực tế, đã được xây dựng và khảo sát để phân tích các khả năng có thể dẫn đến tai biến địa chất, có chú ý đến các đặc điểm về cấu trúc địa chất của khối đá, sự có mặt của các đứt gãy, hang hốc karst, các đới chứa nước (“túi nước”), chứa khí (“túi khí”), các yếu tố công nghệ và các rung chấn do động đất và động đất kích thích. Mỗi mô hình tính toán gồm có mô hình hình học hay sơ đồ tính, các điều kiện biên, các mô hình cơ học của các loại đá, các mặt phân cách, các đứt gãy...

Các dữ liệu vào bao gồm các tham số mô hình về các tính chất cơ học của các loại đá, các đặc điểm và tính chất cơ học của các mặt phân cách (các khe nứt, các mặt phân lớp). Các đứt gãy được mô phỏng bởi miền có kích thước hình học, mật độ nứt nẻ và các tham số cơ học thích hợp. Kết quả thăm dò địa chất, địa kỹ thuật và địa cơ học là cơ sở cho phép đánh giá, lựa chọn các dữ liệu đầu vào. Tuy nhiên, cũng phải lưu ý rằng, công tác điều tra, thăm dò, đánh giá địa kỹ thuật và địa cơ học ở nước ta còn khá lạc hậu, chưa cung cấp đủ các dữ liệu đầu vào theo yêu cầu của các phần mềm nói chung và UDEC nói riêng. Vì vậy, một số tham số phải lựa chọn theo kinh nghiệm trong các tài liệu tham khảo.

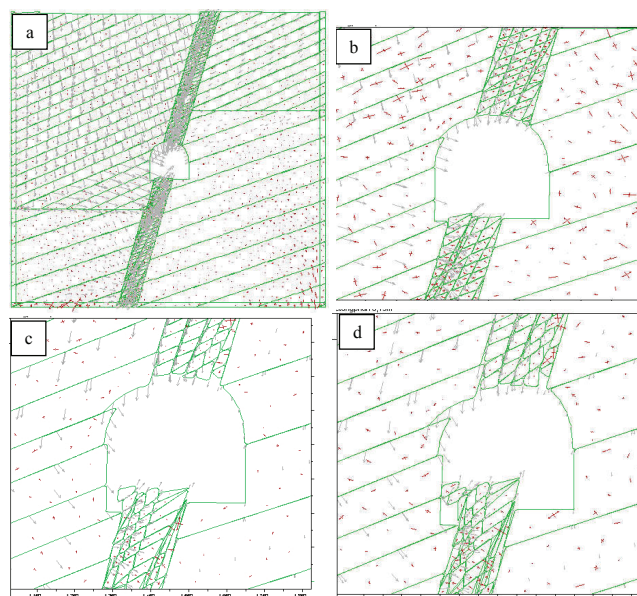
### Kết quả nghiên cứu

#### *Dự báo vùng phá hủy khi đào lò qua đứt gãy kiến tạo*

Vùng khai thác than Quảng Ninh có đặc điểm địa chất rất phức tạp. Các đứt gãy kiến tạo (còn gọi là phay) là dạng cấu trúc địa chất đặc biệt trong khối đá, tiềm ẩn khả năng gây ra các tai biến địa chất nghiêm trọng. Thực tế đào lò cho thấy, khi đào các đường lò gần phay, qua phay đã xảy ra các biến đổi cơ học phức tạp, không chỉ gây ra các sự cố trong quá trình thi công, mà còn phá hoại các đường lò trong quá trình sử dụng, ngay cả khi đã sử dụng các kết cấu chống, tổ hợp kết cấu chống “đủ khỏe”. Mặc dù vậy, không phải lúc nào cũng có thể thiết kế các đường lò tránh các phay. Thực tế này đòi hỏi phải phân tích, đánh giá thận trọng các cơ chế hình thành phá hủy khi đào qua phay, gần phay, từ đó đề xuất được các giải pháp gia cố, chống giữ hợp lý hơn.

Ba ví dụ mô phỏng sau đây sẽ cho thấy các mức độ phức tạp của quá trình phát triển vùng phá hủy khi đào lò qua phay, trong khối đá trầm tích phân lớp.

*Trường hợp thứ nhất:* đường lò đào qua một phay nhỏ, có bề rộng nhỏ hơn chiều rộng đường lò, trong vùng khối đá có hai lớp đá là bột kết (phía trên) và cát kết (phía dưới) nứt nẻ thưa, như trên hình 1.



Hình 1: hình thành và phát triển vùng phá hủy khi đào lò qua phay, trong khối đá phân lớp

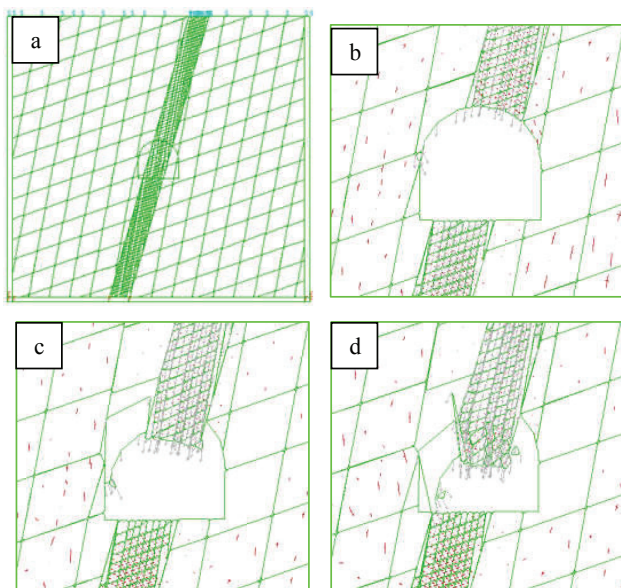
Hình 1a phản ánh quy luật chung về phân bố ứng suất (gạch chéo màu đỏ) và véc tơ dịch chuyển (mũi tên màu trắng xám) trong toàn vùng khảo sát. Dịch

chuyển ban đầu chủ yếu xảy ra mạnh trong lớp bột kết phía bên trái, hướng về phía đường lò sau khi đào, do lớp bột kết mềm yếu hơn so với lớp cát kết.

Trên các hình 1b, c và d phản ánh sự phát triển tiếp theo của quá trình dịch chuyển và phá hủy khối đá, nếu đường lò không được chống giữ, gia cố. Trong trường hợp này, đới phá hủy (đứt gãy, phay) bị nén ép từ hai bên, nên xu thế dịch chuyển tụt vào khoảng trống giảm dần. Nhưng ngược lại, lớp bột kết bị nén ép mạnh về phía nền và đẩy các tầng đá trong đới phá hủy trôi lên từ phía nền. Đây là một dạng tai biến bùng nổ do tác động phá hủy và nén ép. Cũng từ kết quả mô phỏng này cho thấy, phía sườn bên phải là lớp cát kết nứt nẻ thưa không hề bị phá hủy và dịch chuyển khá ít về phía đường lò. Điều đó cũng có nghĩa là không nhất thiết các lớp đá đều bị dịch chuyển nhiều theo hướng cấm, như một số nhận định trong cơ học đá, mà còn tùy thuộc vào phân bố của chúng trong khối đá, liên quan với các lớp đá khác.

Với các kết quả mô phỏng nhận được cho thấy, để giữ cho đường lò ổn định, cần đặc biệt chú ý phía sườn trái và nền lò, cụ thể cần gia cố khối đá, kết hợp với sử dụng kết cấu linh hoạt cho phía sườn trái và nền lò. Kết cấu có tính đối xứng trong trường hợp này chắc chắn sẽ bị vỡ, phá hủy do áp lực lệch.

*Trường hợp thứ hai:* đường lò được đào qua đứt gãy, nhưng nằm gọn trong lớp đá cát kết có hai hệ khe nứt, như trên hình 2.

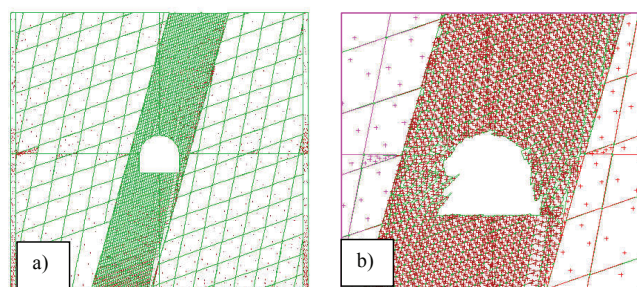


Hình 2: dịch chuyển và phá hủy xung quanh đường lò, trong khối đá cát kết có hai hệ khe

Hình 2a là sơ đồ tính, các hình 2b, c và d cho thấy sự biến đổi của quy luật phân bố ứng suất (gạch chéo màu đỏ) và dịch chuyển (mũi tên màu xám trắng) ở vùng lân cận đường lò. Có thể nhận thấy, phần đất đá trong đới phá hủy phía nóc lò và khối nêm bên vai trái dịch chuyển với xu thế sập lở vào đường lò rất rõ rệt. Ứng suất tập trung lan truyền ra xa biên lò, phía bên sườn phải, với hai khối nêm có thành phần ứng suất tác dụng lên khá nhỏ.

Do khả năng nhận tải hay độ bền của lớp cát kết cao, nên ứng suất tập trung phân bố chủ yếu tại đây. Phía nền lò và phần sườn phải khá ổn định khi không chống. Trong trường hợp này, các biện pháp gia cố trước cho phần nóc hầm (ví dụ khoan cắm cọc, chèn nhói, hoặc khoan phụt) và neo chốt vai vòm trái cần được chuẩn bị thận trọng. Ở đây không đi sâu phân tích các phương án gia cố và chống giữ, nhưng bằng UDEC hoàn toàn có thể mô phỏng các phương án khác nhau, để có thể chọn giải pháp hợp lý.

*Trường hợp thứ ba:* đới phá hủy có chiều rộng lớn hơn chiều rộng đường lò, còn mọi thông số khác đều giống như ở trường hợp thứ 2. Sơ đồ tính và kết quả mô phỏng cuối cùng thể hiện lần lượt trên hình 3a và 3b.



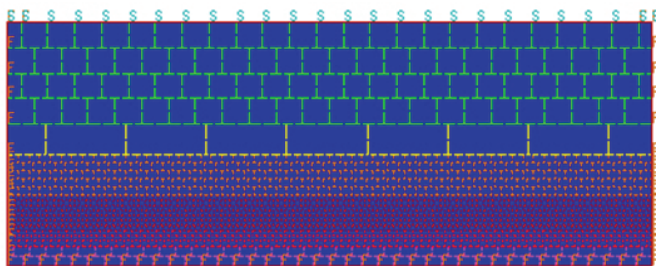
Hình 3: đường lò đào qua đới phá hủy rộng: sơ đồ mô phỏng (a) và kết quả (b)

Kết quả mô phỏng cho thấy, khi đứt gãy hay đới phá hủy đủ lớn so với kích thước của đường lò, vùng lân cận đường lò ít nhiều có thể coi là môi trường giả đồng nhất, nên dịch chuyển xuất hiện khá đều từ phía nóc và hai bên sườn về phía khoảng trống. Kết cấu chống bằng khung thép linh hoạt kích thước có thể là phương án khả dĩ, tuy nhiên, mức độ linh hoạt, khoảng cách giữa các khung cần phải được mô phỏng, phân tích, thiết kế thận trọng.

### Dự báo tai biến địa chất trong khai thác than

Ví dụ được giới thiệu là trường hợp khai thác than

bằng hệ thống khai thác lò chợ dài. Lớp than có chiều dày 7 m được khai thác toàn bộ, nằm cách mặt đất 334 m, tính đến tâm lò khai thác là 337,5 m (chiều sâu khai thác). Nghiên cứu các quá trình biến đổi địa cơ học trong khối đá xung quanh lò chợ theo tiến trình khai thác được triển khai trên miền khảo sát có kích thước 120x48 m (mô hình tính). Lò khai thác (lò chợ) cách mặt biên trên 34 m. Như vậy biên trên của miền khảo sát cách mặt đất 300 m (chiều dày lớp phủ), được thay thế bởi áp lực theo phương thẳng đứng bằng 7,5 MPa, tính với khối lượng trung bình của các lớp đá phía trên bằng 2,5 g/cm<sup>3</sup>. Khối đá trong miền khảo sát bao gồm 5 lớp đá khác nhau và một lớp than. Các biên phải và biên trái có điều kiện biên là dịch chuyển theo phương ngang bằng 0; mặt đáy có điều kiện biên là dịch chuyển theo phương thẳng đứng bằng 0. Bài toán có sơ đồ giải như trên hình 4.



Hình 4: sơ đồ phân tích, dự báo tại biên địa chất xung quanh lò khai thác

Trên hình 5, lần lượt từ trái qua phải là các kết quả về dịch chuyển toàn phần, dịch chuyển theo phương thẳng đứng và các vị trí khối đá bị phá hủy (gạch chéo màu đỏ), sau khi khai thác 10 m đầu, tính từ biên phải của miền khảo sát.

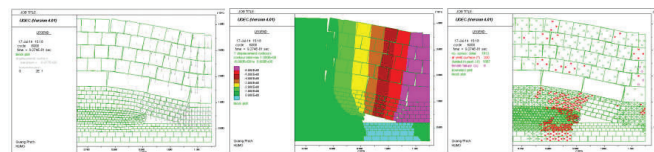
Bảng 1: các tham số cơ học của các loại đá

| TT | Chiều dày (m) | Mật độ $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> ) | Mô đun nén thể tích K (GPa) | Mô đun trượt G (GPa) | Góc ma sát $\varphi$ (độ) | Lực dính kết C (MPa) | Độ bền kéo $s_k$ (MPa) |
|----|---------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|
| 1  | 4             | 2,55                               | 14,2                        | 7,0                  | 29                        | 2,6                  | 4,6                    |
| 2  | 3             | 2,50                               | 10,0                        | 5,2                  | 26                        | 2,2                  | 3,6                    |
| 3  | 7             | 1,40                               | 4,3                         | 2,3                  | 22                        | 1,5                  | 1,4                    |
| 4  | 8             | 2,55                               | 9,2                         | 4,81                 | 26                        | 2,6                  | 3,6                    |
| 5  | 6             | 2,70                               | 20,9                        | 10,9                 | 33                        | 4,6                  | 8,6                    |
| 6  | 20            | 2,50                               | 10,0                        | 5,0                  | 27                        | 2,3                  | 3,7                    |

Bảng 2: các tham số cơ học của các hệ khe nứt

| STT | Hệ số độ cứng pháp tuyến $k_n$ (10 <sup>9</sup> Pa/m) | Hệ số độ cứng tiếp tuyến $k_s$ (10 <sup>9</sup> Pa/m) | Lực dính kết C (Pa) | Góc ma sát $\varphi$ (Độ) | Độ bền kéo $s_k$ (Pa) |
|-----|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|
| 1   | 9,0                                                   | 3,0                                                   | 0                   | 20                        | 0                     |
| 2   | 7,0                                                   | 2,2                                                   | 0                   | 18                        | 0                     |
| 3   | 3,0                                                   | 1,2                                                   | 0                   | 12                        | 0                     |
| 4   | 6,0                                                   | 2,0                                                   | 0                   | 16                        | 0                     |
| 5   | 12,0                                                  | 4,0                                                   | 0                   | 28                        | 0                     |
| 6   | 7,0                                                   | 2,2                                                   | 0                   | 20                        | 0                     |

Trong bảng 1 tập hợp các dữ liệu hình học và cơ học của các lớp đá tính từ dưới lên. Các lớp đá có một hệ khe nứt cắt vuông góc với mặt phân lớp. Các tham số cơ học của các hệ khe nứt trong 6 lớp đá được tổng hợp trong bảng 2.



Hình 5: dịch chuyển toàn phần, dịch chuyển theo phương thẳng đứng và vùng phá hủy xung quanh lò chợ (từ trái sang phải)

Từ các kết quả trên hình 5 cho thấy, các quy luật xảy ra phù hợp với các kết quả nghiên cứu trên mô hình vật lý và mô tả thực tế, vẫn được đề cập trong các tài liệu chuyên môn. Các hiện tượng uốn võng, tách lớp, trượt và bùng nổ có thể nhận biết rất rõ ràng. Điều quan trọng là, bằng mô hình số có thể có được các nhận định phân tích và dự báo ngay từ ban đầu, trước khi khai thác, không phải chuẩn bị như các mô hình vật lý và có thể sử dụng lại chương trình tính, cũng như phân tích tham số (thay đổi các tham số cơ học và hình học), tùy thuộc vào từng điều kiện cụ thể.

## Kết luận

UDEC là chương trình số, cho phép mô tả khối đá là tập hợp từ các khối nứt (các tầng đá, lớp đá, được bao bọc bởi các mặt phân cách hay khe nứt), cho phép xây dựng được các mô hình tính, hay mô phỏng, sát thực hơn khi khối đá là phân lớp, nứt nẻ. Các khối nứt có thể dịch chuyển, quay hoặc xoay, tùy theo tác động cơ học và giữa các khối nứt hình thành các điểm hay cạnh tiếp xúc mới, mà tại đó điều kiện cân bằng mới lại được thỏa mãn yêu cầu. Với giả thiết các khối nứt là môi trường biến dạng, có thể áp dụng mọi mô hình cơ học khác nhau cho môi trường biến dạng liên tục vào các khối nứt. Biểu hiện cơ học của các hệ khe nứt được mô phỏng thông qua các định luật khác nhau, liên quan với độ co, giãn và trượt trên khe nứt.

Nghiên cứu sử dụng UDEC để mô phỏng các quá trình biến đổi cơ học, không chỉ chú ý được các biểu hiện cơ học của khối đá, mà còn chú ý được đặc điểm cấu trúc địa chất phức tạp của khối đá, cho các kết quả mô phỏng gần gũi với thực tế, đặc biệt là các hiện tượng phá hủy.

Các kết quả nhận được từ bài toán mô phỏng đào lò

qua đứt gãy, khai thác than bằng lò chợ dài cho thấy, các quy luật tai biến xảy ra là phù hợp với các kết quả gặp phải trong thực tế. Quy luật phân bố ứng suất, dịch chuyển chịu ảnh hưởng nhiều bởi thể nằm, mức độ nứt nẻ của khối đá, cũng như vị trí tương đối giữa đường lò và đứt gãy trong khối đá. Đương nhiên, nếu dự báo được các dạng tai biến địa chất này ngay từ giai đoạn thiết kế sẽ chuẩn bị được các giải pháp ngăn chặn hoặc hạn chế được các sự cố, tai nạn đáng tiếc vẫn hay xảy ra trong khai thác mỏ hầm lò.

### Lời cảm ơn

Công trình được hoàn thành với sự tài trợ của Bộ KH&CN thông qua đề tài nghiên cứu mã số ĐT.NCCB-ĐHƯD.2011-G/13. Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh, Đỗ Ngọc Anh (2007), *Phương pháp số*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [2] Nguyễn Quang Phích (2000), *Lý thuyết cơ học khối đá nguyên khối và nứt nẻ - Bài giảng cao học ngành Địa chất công trình*, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
- [3] P.A. Cudall and O.D.L. Strack (1979), "A Discrete Numerical Model for Granular Assemblies", *Geotechnique*, **29**, pp.47-65.
- [4] P.A. Cudall (1980), *UDEC-A Generalized Distict Element Program for Modelling Jointed Rock*, Peter Cudall Associates, report PCAR-1-80; European Research Office, U.S Army, Contract DAJA37-79-C-0548.
- [5] P.A. Cudall and R.D. Hart (1985), *Development of Generalized 2-D and 3-D Disyict Element Programs for Modeling Jointed Rock*, Itasca Cosulting Group; USArmy Corps of Engineers, Misc.
- [6] P.A. Cudall and R.D. Hart (1992), "Numerical Modeling of Discontinua", *Engr.Com*, **9(2)**, pp.101-113.
- [7] O.R. Walton (1980), *Parcticle Dynamic Modeling of Geological Materials*, Lawrence Livermore National Laboratory, Report UCRL-52915.
- [8] O.R. Walton, et al (1988), *Particle-Dynamics Calculations of Gravity Flows of Inelastic, Friction Spheres*, Micromechanics of Granular Material. Amsterdam, pp.153-161.
- [9] Itasca Cosulting Group, Inc (1995), *Particle Flow Code in 2 Dimension and Particle Flow Code in 3 Dimensions, Version 1.1*, Minneapolis, Icg.
- [10] J.R. Williams and G.G.W. Mustoe (1987), "Modal Methods for the Analysis of Discrete Systems", *Computer&Geotechnics*, **4**, pp.1-19.
- [11] G. Hocking, G.G. Mustoe and J.R. Williams (1985), *CICE Discrete Element code. Theoretical Manual*, Lakewood, Colorado.
- [12] Genhua Shi and Richard E. Goodman (1988), *Discontinuous Deformation Analysis - A New Method Forcomputing Stress, Strain And Sliding Of Block Systems*, The 29th U.S. Symposium on Rock Mechanics (USRMS), 13-15 June, Minneapolis, Minnesota, ARMA-88-0381.
- [13] j.K. Hahn (1988), "Realistic Antimation of Rigid Bodies", *Computer Graphics*, **24(4)**, pp.299-308.
- [14] M. Jean and J.J. Moreau (1992), *Unilaterality and dry friction in the dynamic of rigid body collections*, Proc. Contact Mechanics Int. Symp., Edt A. Curnier, pp.31-48.
- [15] Nguyễn Quang Phích và nnk (2013), "Vấn đề mô hình hóa khối đá nứt nẻ, phân lớp và nghiên cứu tai biến địa chất", *Tạp chí Địa chất, loạt A*, số **334**, tr.82-90.

# Tế bào tua trong điều trị ung thư và cơ chế sinh học phân tử

Nguyễn Thị Xuân\*, Nguyễn Huy Hoàng

*Viện Nghiên cứu hệ gen, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

Ngày nhận bài 1/6/2016, ngày chuyển phản biện 9/6/2016, ngày nhận phản biện 12/7/2016, ngày chấp nhận đăng 20/7/2016

Tế bào tua (TBT) là tế bào trình diện kháng nguyên chuyên nghiệp nhất tới các tế bào lympho T trong quá trình đáp ứng miễn dịch. Ung thư (UT) là bệnh được gây ra bởi sự phân chia không kiểm soát được của tế bào do chúng lẫn tránh được sự kiểm soát của tế bào T gây độc. Để kiểm soát được bệnh UT, bên cạnh phương pháp điều trị bằng phẫu thuật, hóa trị và xạ trị thì liệu pháp miễn dịch đang được áp dụng rộng rãi. Một trong các liệu pháp miễn dịch được quan tâm nhất hiện nay là việc sử dụng TBT đã được hoạt hóa có chức năng như một vắc-xin chống lại bệnh UT. Liệu pháp này, trong một số trường hợp, khi áp dụng cho bệnh nhân UT giai đoạn cuối đã di căn có thể kéo dài thời gian sống được đến 10-15 năm. Hiện nay, trên thế giới (trong đó có Việt Nam), các nhà khoa học đã và đang tập trung xác định cơ chế phân tử và các gen chuyên biệt gây ra bệnh UT để định hướng điều trị bệnh hiệu quả. Một trong các nguyên nhân chính gây bệnh UT được công bố hiện nay đó là mức độ biểu hiện của phân tử cytotoxic T-lymphocyte-associated antigen 4 (CTLA4) và phân tử programmed cell death protein 1 (PD-1) tăng cao để thu hút tế bào T điều hòa xuất hiện với số lượng lớn, đồng thời ức chế sự xuất hiện của tế bào T gây độc tại vị trí ung bướu, tạo ra hệ miễn dịch đối kháng trong cơ thể người bệnh. Ngoài ra, hoạt động bất thường của nhân tố phiên mã nuclear factor- $\kappa$ B (NF- $\kappa$ B) cũng là một trong những nguyên nhân gây ra UT do nó ảnh hưởng đến sự dịch mã hình thành các gen tham gia điều hòa quá trình sinh lý tế bào. Tín hiệu phân tử NF- $\kappa$ B này được kích hoạt bởi sự tương tác giữa hầu hết các thụ thể trên bề mặt tế bào bạch cầu và yếu tố ligand đặc hiệu. Chính vì vậy, nghiên cứu phát hiện tín hiệu phân tử trong TBT cũng như các loại tế bào bạch cầu khác có vai trò kiểm soát sự phát triển của tế bào UT để xác định phương pháp chữa bệnh UT đạt hiệu quả đang là một thử thách với các nhà khoa học trong và ngoài nước.

**Từ khóa:** cytokine, liệu pháp tế bào tua, tế bào tua, trình diện kháng nguyên, ung thư.

**Chỉ số phân loại 1.6**

## Đặt vấn đề

Trong nhiều trường hợp UT, các tế bào miễn dịch, đặc biệt là các loại tế bào trình diện kháng nguyên không phát huy được vai trò chủ đạo của nó, vì thế kháng nguyên ung bướu không được trình diện tới các tế bào lympho T và lympho B. Sự xuất hiện của các nhân tố khóa trên bề mặt của tế bào UT gây ra ức chế sự trả lời hệ miễn dịch dẫn tới sự phân chia không kiểm soát được của các tế bào UT. Hiện nay, một số nghiên cứu sử dụng liệu pháp tế bào diệt tự nhiên, TBT, đại thực bào và một số tế bào miễn dịch khác trong điều trị UT. Mặc dù vậy, liệu pháp TBT vẫn chiếm ưu thế hơn trong điều trị UT vì một số ưu điểm nổi trội mà các tế bào trình diện kháng nguyên khác không có. TBT là tế bào có khả năng trình diện kháng nguyên UT mạnh nhất tới tế bào lympho T. Các tế bào này khi thuần thực có khả năng giải phóng các cytokine và chemokine gây viêm để thúc đẩy hoạt hóa tế bào lympho T và lympho B thành tế bào hiệu quả. Khác với đại thực bào hay tế bào B, đặc điểm quan trọng nhất là TBT qua homing

receptor, có khả năng di chuyển lên tuyến yên, trung tâm đào tạo hàng loạt tế bào T gây độc để tiêu diệt các tế bào UT. Nghiên cứu điều trị UT bằng liệu pháp TBT là phương pháp kích hoạt hệ miễn dịch hoạt động trở lại trong cơ thể người bệnh. Các TBT tự thân được hoạt hóa bằng kháng nguyên UT và truyền trở lại cho người bệnh đã đạt được một số thành quả tốt đẹp trong điều trị bệnh UT. TBT bên cạnh khả năng “tìm, diệt” tế bào UT ác tính, kể cả tế bào gốc (TBG) UT, thì TBT còn có khả năng kích thích miễn dịch như một vắc-xin để ngăn chặn nguy cơ tái phát và di căn của tế bào ác tính trên cơ thể. Bên cạnh đó, nghiên cứu về cơ chế sinh học phân tử liên quan đến bệnh UT cũng rất cần thiết để xác định chính xác nguyên nhân gây ra bệnh UT đang là vấn đề cấp bách cần được giải quyết hiện nay.

## Giới thiệu về TBT

TBT là tế bào trình diện kháng nguyên chuyên nghiệp nhất tới tế bào lympho T để hoạt hóa chúng trong đáp ứng miễn dịch và giúp duy trì bộ nhớ miễn dịch của tế bào này [1]. Các TBT có mặt trong các cơ

\*Tác giả liên hệ: Email: xuannt@jgr.ac.vn

## Dendritic cell therapy for cancer and underlying mechanism involved in cancer development

### Summary

Dendritic cells (DCs) are the most potent antigen-presenting cells to prime naïve T cell for proper immune responses. The uncontrolled growth of cancer cells results from their successful invasion of the regulation of cytotoxic T lymphocytes. In addition to the most common types of cancer treatments such as surgery, chemotherapy, and radiation therapy, immunotherapy has been considered a promising treatment. Currently, DC therapy is one of the most popular immunotherapies by using tumor antigen-pulsed DC vaccines against cancers. Patients with end-stage cancer treated with DC therapy may extend survival from 10 to 15 years. Researchers in the world, including Vietnam, have been focusing on determining the etiology of cancer with aim to control it. One of the major causes of cancer is the increased expression of cytotoxic T-lymphocyte-associated antigen 4 (CTLA4) and programmed cell death protein 1 (PD-1) affecting recruitment of a large number of regulatory T cells as well as abolishing the presence of cytotoxic T lymphocytes migrating to the tumor sites, resulting in an immune tolerance. In addition, the abnormal activation of nuclear factor- $\kappa$ B (NF- $\kappa$ B) is also an important risk factor for cancer, because its activation leads to the transcription of nuclear genes involved in regulating the cell physiological processes. This NF- $\kappa$ B signaling is modulated by bindings between most receptors on immune cell surfaces and a specific ligands. Therefore, investigations of the precise molecular mechanism associated with the regulation of cancer development by DCs and other leukocytes and the efficiency in cancer therapy both have been major challenges for scientists worldwide.

**Keywords:** antigen presentation, cancer, cytokine, dendritic cell, dendritic cell therapy.

**Classification number** 1.6

quan lympho như lá lách và hạch bạch huyết, biểu mô da, các ống tiêu hóa, ống hô hấp và trong tế bào kẽ của hầu hết các cơ quan nhu mô, chính vì thế chúng dễ dàng tiếp xúc với nhiều loại kháng nguyên ngoại sinh. Tại các cơ quan ngoại biên này, TBT xử lý kháng nguyên thông qua khả năng thực bào để trở nên thuần thực với các đặc điểm như: (a) tăng biểu hiện các dấu ấn bề mặt như: phân tử phức hợp tương thích mô chính (MHC), các phân tử đồng kích thích như CD80, CD86, CD40 và CD54; (b) tăng sự giải phóng các cytokine và các chemokine gây viêm như các interleukin (IL)-12, IL-6, tumor necrosis factors (TNF)- $\alpha$  và C-C chemokine receptor type 7 (CCR-7). TBT thuần thực có đặc điểm mất khả năng kết dính và dễ dàng bị thu hút đến cơ quan lympho ngoại vi để trình diện kháng nguyên tới tế bào T và thúc đẩy hoạt hóa tế bào lympho T và B thành các tế bào hiệu quả trong đáp ứng miễn dịch [1].

Mặt khác, TBT cũng là yếu tố quyết định điều hòa miễn dịch đối kháng nếu chúng nhận diện và xử lý kháng nguyên như một kháng nguyên nội sinh. Tương tự như xử lý kháng nguyên ngoại sinh, các TBT cũng tiếp xúc với kháng nguyên thông qua khả năng thực bào và mất đi khả năng kết dính. Tuy nhiên, biểu hiện của các phân tử bề mặt trên TBT gần như bị ức chế và sự giải phóng các cytokine kháng viêm (IL-10 và transforming growth factor beta (TGF- $\beta$ )) tăng lên để thúc đẩy hoạt hóa tế bào T điều hòa (T regulatory) gây hiệu ứng miễn dịch đối kháng [1, 2]. Các tế bào UT áp dụng một trong những cách này gây ức chế sự trả lời hệ miễn dịch để lẩn tránh và phân chia nhanh trong cơ thể.

Có nhiều loại TBT khác nhau như TBT dòng tủy xuất thân từ tế bào tiền thân trong tủy xương, TBT lympho xuất thân từ tế bào tiền thân trong cơ quan lympho và TBT dạng viêm xuất phát từ tế bào bạch cầu đơn nhân (monocyte-derived inflammatory DC). Các TBT dòng lympho thường chỉ có mặt ở các cơ quan bạch huyết và xuất hiện rất ít ở các cơ quan khác. Khi các cơ quan này bị viêm, chúng được thu hút đến những nơi này [3]. Vai trò của các TBT dòng lympho với chức năng trình diện kháng nguyên và thúc đẩy hoạt hóa tế bào T tạo ra đáp ứng miễn dịch vẫn đang là vấn đề gây tranh cãi, chưa được công nhận. Các loại TBT có nhiều đặc điểm chung như khả năng kết dính, hoạt động trình diện kháng nguyên, khả năng thực bào và tính di động cao, tuy nhiên sự trả lời miễn dịch của chúng khi tiếp xúc với các yếu tố kháng nguyên là đặc hiệu đối với từng loại TBT [1]. TBT dòng lympho khi

tiếp xúc với virus sẽ giải phóng nhiều interferon (IFN) type 1 như IFN- $\alpha$ , IFN- $\beta$  và TBT dòng tủy khi nhận ra các kháng nguyên lạ từ vi khuẩn sẽ giải phóng ra cytokine viêm TNF- $\alpha$  và tổng hợp nitric oxide (NO). Sự có mặt đa dạng của các cytokine và chemokine ảnh hưởng khác nhau đến quá trình thúc đẩy hoạt hóa tế bào lympho T và B tạo ra đáp ứng miễn dịch đặc hiệu riêng của chúng [1].

## Nghiên cứu về TBT trong điều trị UT

Tế bào UT là các tế bào tự thân, vì thế các tế bào miễn dịch nhận diện chúng như là một kháng nguyên nội sinh dẫn tới kích hoạt sự trả lời của hệ miễn dịch đối kháng. Chúng có đặc điểm tăng sinh và phát triển mạnh trong cơ thể theo một vài hướng có chọn lọc như sau: (a) trong khối u tồn tại tế bào T điều hòa có khả năng ức chế tế bào T gây độc, do vậy các tế bào UT có thể lẩn tránh sự trả lời miễn dịch với kháng nguyên lạ; (b) tế bào UT xuất hiện các nhân tố có vai trò khóa các thụ thể trên bề mặt các tế bào trình diện kháng nguyên, vì thế các tế bào này không trình diện được kháng nguyên cho tế bào T; (c) các tế bào UT có khả năng giải phóng ra cytokine kháng viêm như IL-10 và TGF- $\beta$  để ức chế sự hoạt hóa tế bào lympho T và giải phóng ra protein Fas Ligand (FasL) để kích hoạt tín hiệu phân tử Fas/FasL trong các tế bào bạch cầu gây ra sự chết theo chương trình của các loại tế bào này nhằm ngăn chặn sự trả lời của hệ miễn dịch [4] (hình 1).

tế bào UT và ngăn chặn nguy cơ tái phát/di căn của tế bào ác tính trong cơ thể [1]. Liệu pháp miễn dịch TBT chống lại bệnh UT đang được thử nghiệm lâm sàng ở nhiều trung tâm y tế trên thế giới. Các nghiên cứu tập trung xác định kháng nguyên đặc hiệu từ tế bào UT để tạo ra đáp ứng miễn dịch UT hiệu quả nhất bằng liệu pháp miễn dịch TBT, tiếp đó xác định các cơ chế phân tử liên quan đến quá trình gây bệnh và định hướng cách điều trị bệnh UT đạt hiệu quả.

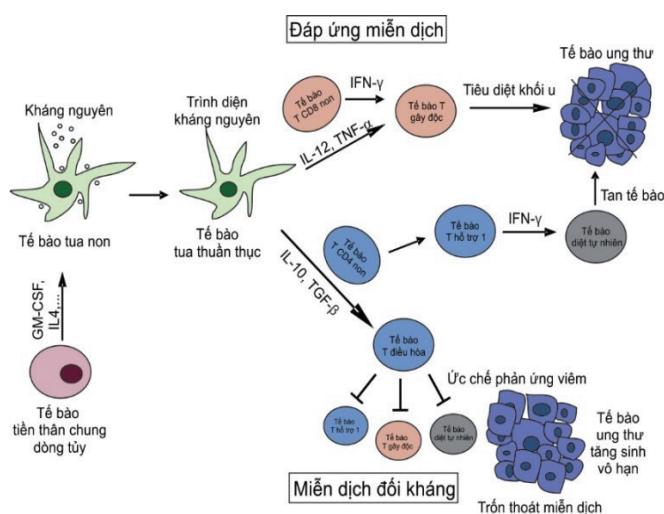
Có 2 phương pháp sử dụng TBT trong điều trị UT, đó là phương pháp ngoại vi (ex-vivo) và phương pháp nội vi (in-vivo). Cả 2 phương pháp đều có khả năng làm giảm kích thước khối u và tăng trả lời hệ miễn dịch trong bệnh nhân UT.

*Phương pháp ngoại vi:* tế bào bạch cầu đơn nhân tách từ máu ngoại vi của bệnh nhân được phân lập, biệt hóa và nhân lên thành TBT bằng cách sử dụng các loại hoóc-môn sinh trưởng khác nhau như: granulocyte-macrophage colony-stimulating factor (GM-CSF), IL-4, TNF- $\alpha$ , và FMS-like tyrosine kinase 3 ligand (Flt3L). Các TBT sau đó được xử lý với kháng nguyên là các peptide từ tế bào UT để hoạt hóa chúng và cuối cùng các tế bào này được truyền trở lại cho bệnh nhân để tạo ra hiệu ứng miễn dịch trị liệu. Đây là một trong những phương pháp được áp dụng phổ biến trong điều trị UT hiện nay.

*Phương pháp nội vi:* TBT sẽ không được lấy ra ngoài cơ thể, mà dùng các kháng thể chuyên biệt của TBT mang kháng nguyên ung bướu để truyền thẳng cho bệnh nhân.

### *Các nghiên cứu trên thế giới*

Từ năm 1967, giáo sư Okamoto và cộng sự (Nhật Bản) đã sử dụng kháng nguyên OK-432 từ liên cầu khuẩn streptococcus để hoạt hóa TBT trong điều trị bệnh UT [5]. Đến năm 1995, liệu pháp TBT được sử dụng để chữa bệnh cho bệnh nhân UT tế bào hắc tố [6]. Hiện nay, các bác sĩ đã sử dụng liệu pháp miễn dịch TBT cho điều trị một số bệnh UT như: UT tuyến tụy [7], UT tuyến mật [8], UT phổi [9] và UT buồng trứng [10] đã đạt được thành công nhất định. Kết quả cho thấy rằng, các bệnh nhân UT giai đoạn cuối hoặc đã di căn sau khi hóa trị hoặc xạ trị được chữa bệnh bằng liệu pháp TBT sẽ kéo dài thời gian sống thêm khoảng 10-15 năm. Ngoài ra, các nghiên cứu khác còn cho thấy, những bệnh nhân được điều trị bằng TBT trình diện kháng nguyên qua phức hợp peptide MHC loại I tạo ra hiệu ứng miễn dịch chống UT thông qua



Hình 1: TBT kiểm soát hệ miễn dịch chống lại UT

Trong các nghiên cứu sử dụng TBT như một vắc-xin, các tế bào này cần được hoạt hóa bằng một kháng nguyên cụ thể từ tế bào ung bướu trước khi ghép vào cơ thể bệnh nhân gây hiệu ứng miễn dịch tiêu diệt các

tế bào T gây độc thì kéo dài thêm được thời gian sống lâu hơn nữa [11, 12].

Bên cạnh việc sử dụng kháng nguyên ung bướu để hoạt hóa TBT, các nghiên cứu khác còn sử dụng các tế bào UT đã bị bất hoạt để hoạt hóa TBT sử dụng trong điều trị bệnh trên những con chuột mang khối u dị ghép cũng đạt được những kết quả khả quan. Các tế bào UT này được xử lý bằng phương pháp chiếu tia UV gây tổn thương đến cấu trúc của DNA trong nhân tế bào và các tế bào sau đó sẽ bị hoại tử hoặc bị chết theo chương trình. Phương pháp sử dụng các chỉ thị phân tử đó là kháng thể Annexin V để phát hiện protein phosphatidylserine trên bề mặt tế bào và chỉ thị 7AAD để nhuộm nhân tế bào đã bị tổn thương, kết quả sẽ xác định được các tế bào UT này bất hoạt ở trạng thái hoại tử hay trạng thái chết theo chương trình. Một số công bố cho thấy, gây tổn thương DNA các loại tế bào UT da và UT tế bào lympho B để tạo ra những tế bào UT chết theo chương trình, sau đó chúng được phối trộn với TBT và ghép vào bệnh nhân UT sẽ tạo ra hiệu ứng miễn dịch thông qua tế bào T gây độc đã đạt được thành công lớn [13, 14]. Năm 1998, ở Mỹ một nghiên cứu sử dụng TBT được hoạt hóa bằng tế bào UT đã bị bất hoạt đó là tế bào UT vú dòng MT-901 hoặc UT mô mềm (sarcoma) dòng MCA-207 để ghép trên chuột mang khối u dị ghép, kết quả tạo miễn dịch đặc hiệu với thử thách UT lần kế tiếp và làm giảm sự di căn của UT phổi [15]. Hiện nay, phương pháp sử dụng TBT được hoạt hóa bằng tế bào UT mất hoạt tính gây độc để ghép cho chuột dị ghép mang ung bướu như UT tế bào hắc tố [16], UT vú [17], UT hạch [18] và nhiều loại UT khác đã đạt được hiệu quả rõ rệt. Tuy nhiên, chưa có công bố nào phân tích sử dụng nguồn TBT này để ghép trên bệnh nhân UT.

### **Các nghiên cứu ở Việt Nam**

Ở Việt Nam, Phòng thí nghiệm nghiên cứu và ứng dụng TBG (Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh) đã và đang triển khai nghiên cứu sử dụng liệu pháp TBT trong điều trị UT vú từ năm 2010 cho đến nay. Các tế bào bạch cầu từ máu ngoại vi được phân lập và nuôi cấy để biệt hóa và nhân lên thành TBT sử dụng hoặc-môn sinh trưởng trong điều kiện sạch phòng thí nghiệm. Sau đó, các TBT khỏe mạnh được hoạt hóa bằng kháng nguyên ung bướu và sau đó ghép vào chuột mang khối u vú. Kết quả cho thấy, khi không kết hợp với các phương pháp điều trị khác như phẫu thuật, hóa trị hay xạ trị, việc ghép TBT đã làm khối u vú của chuột giảm kích thước

đến hơn 80% so với ban đầu [19, 20]. Tuy nhiên, việc sử dụng TBT trong điều trị UT chỉ là bước thử nghiệm trong phòng thí nghiệm, chưa thể áp dụng vào thực tế chữa bệnh trên bệnh nhân UT vú. Trong tương lai, cần có nhiều nghiên cứu sâu hơn để xác định nguyên nhân và các cơ chế phân tử liên quan gây bệnh UT. Từ đó xác định hướng nghiên cứu cụ thể nhằm tìm ra thuốc điều trị bệnh UT đạt hiệu quả cao.

### **Các tín hiệu phân tử liên quan đến sự phát triển của UT**

Một trong những cách để tế bào UT phân chia nhanh và lẩn tránh sự kiểm soát của hệ thống miễn dịch thành công đã được phát hiện, đó là khả năng tăng mức độ biểu hiện của phân tử cytotoxic T-lymphocyte-associated antigen 4 (CTLA4) và phân tử programmed cell death protein 1 (PD-1) trên bề mặt tế bào bạch cầu để thu hút sự xuất hiện của tế bào T điều hòa với số lượng lớn và tế bào T helper 17 cells (TH17) tới vị trí khối u tạo ra miễn dịch đối kháng, đồng thời ức chế sự phát triển của các loại tế bào T gây độc và tế bào diệt tự nhiên (NK cell) [21] với mục đích ngăn chặn hiệu ứng miễn dịch chống lại UT.

Bên cạnh đó, các nghiên cứu khác đã chỉ ra rằng, hoạt động của một số thụ thể như toll-like receptor (TLR), nucleotide oligomerization domain (NOD)-like receptor (NLRs) và TGF- $\beta$  receptor (TGF- $\beta$ R) có mặt trên bề mặt tế bào bạch cầu có liên quan đến bệnh UT [22]. Nghiên cứu trên bệnh nhân UT tuyến tiền liệt đã liệt kê những biến đổi trên các gen như: TLR4, TLR1, TLR6 và TLR10 là các yếu tố rủi ro với bệnh [23, 24]. Tương tự, biến đổi trên gen TLR2 cũng là yếu tố rủi ro với bệnh UT kết trực tràng trên chuột [25]. Nghiên cứu về phân tử tín hiệu dòng dưới của TLR là MyD88 cho thấy, bất hoạt phân tử này làm giảm nguy cơ UT kết trực tràng, UT da và UT gan trên chuột [26, 27]. Với phương pháp sử dụng liệu pháp miễn dịch trong điều trị UT bạch cầu thể tùy dạng cấp, kháng nguyên ung bướu hoạt hóa TBT thông qua thụ thể TLR đã đạt hiệu quả cao trong điều trị bệnh [28]. Phân tích trên tín hiệu phân tử NLRs bao gồm điểm đa hình gen Nod2 là yếu tố rủi ro với bệnh UT kết trực tràng [29] và nghiên cứu trên chuột bị loại bỏ gen NLR family, pyrin containing 3 gene (NLRP3) mắc cảm với bệnh UT ruột già và UT kết trực tràng thông qua sự giải phóng cytokine IFN- $\gamma$  và hoạt động của tín hiệu phân tử signal transducer and activator of transcription (STAT)-1 [30]. Ngoài ra, protein TGF- $\beta$  được sản xuất bởi tế bào bạch cầu, khi tương tác với thụ thể TGF- $\beta$ R

sẽ kích hoạt tín hiệu này để ngăn chặn sự phát triển của UT giai đoạn đầu, nhưng ở giai đoạn muộn hơn thì hoạt động của tín hiệu này lại có ảnh hưởng gián tiếp làm cho tế bào UT phát triển thuận lợi hơn do khả năng kích hoạt và thu hút các loại tế bào T điều hòa tới vị trí ung bướu [31]. Hoạt động của phân tử tín hiệu dòng dưới của TGF- $\beta$ R là protein Smad khi được kích hoạt sẽ ức chế sự tăng trưởng của tế bào UT. Chính vì thế, biểu hiện bất thường của protein Smad là nhân tố rủi ro cao với các bệnh như: UT ruột kết, UT tuyến tụy và UT vùng đầu và cổ [32].

Các thụ thể trên bề mặt tế bào bạch cầu tương tác với các ligand phù hợp sẽ kích hoạt các phân tử tín hiệu dòng dưới như: tín hiệu mitogen-activated protein kinases (MAPK) và nhân tố phiên mã nuclear factor- $\kappa$ B (NF- $\kappa$ B) dẫn tới sự phiên mã các loại gen điều hòa các quá trình sinh lý trong tế bào [33, 34]. Do đó, khoảng 20% các bệnh viêm nhiễm ở thể mạn tính gây ra UT trên người do hoạt động bất thường của nhân tố phiên mã NF- $\kappa$ B gây ra và hoạt động của tín hiệu phân tử MAPK trong các tế bào bạch cầu, đặc biệt là TBT, làm tăng đáp ứng miễn dịch chống UT.

## Kết luận

Hiện nay, việc sử dụng các liệu pháp miễn dịch trong điều trị UT đang nhận được sự quan tâm rất lớn của các nhà khoa học trên thế giới bởi tính hiệu quả, an toàn và không gây đau đớn cho người bệnh. Phương pháp sử dụng TBT như một vắc-xin trong điều trị UT được áp dụng rộng rãi do chúng có một số ưu điểm so với các tế bào miễn dịch khác như: khả năng xử lý và trình diện kháng nguyên hiệu quả nhất tới tế bào T và đặc tính sản xuất một số cytokine gây viêm với số lượng lớn hơn rất nhiều so với các loại tế bào trình diện kháng nguyên khác như: đại thực bào và tế bào diệt tự nhiên. Chính vì thế, hoạt động của TBT gây hoạt hóa tế bào lympho T và lympho B thành các tế bào hiệu quả gây hiệu ứng miễn dịch tốt nhất. Liệu pháp sử dụng TBT trong điều trị UT sau khi phẫu thuật, xạ trị và hóa trị đã và đang được thử nghiệm lâm sàng nhằm tiến tới áp dụng trị liệu thường quy để tiêu diệt tế bào UT ác tính và kích thích tạo ra hệ thống miễn dịch cho người bệnh, nhằm ngăn chặn nguy cơ tái phát và di căn của tế bào ác tính và kéo dài sự sống cho người bệnh UT giai đoạn cuối thêm được 10-15 năm. Tuy nhiên, khoa học cần có những nghiên cứu sâu hơn nữa để có thể tìm ra phương pháp chữa bệnh UT một cách triệt để và liệu pháp TBT là một hướng đi đúng đắn nhất hiện nay.

## Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) thông qua đề tài mã số 106-YS.06-2013.21. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

## Tài liệu tham khảo

- [1] J. Banchereau, F. Briere, C. Caux, J. Davoust, S. Lebecque, Y.J. Liu, B. Pulendran, K. Palucka (2000), "Immunobiology of dendritic cells", *Annu Rev Immunol*, **18**, pp.767-811.
- [2] I. Volovitz, S. Melzer, S. Amar, J. Bocsi, M. Bloch, S. Efroni, Z. Ram, A. Tarnok (2016), "Dendritic Cells in the Context of Human Tumors: Biology and Experimental Tools", *Int Rev Immunol*, **35**, pp.116-135.
- [3] H. Yoneyama, K. Matsuno, Y. Zhang, T. Nishiwaki, M. Kitabatake, S. Ueha, S. Narumi, S. Morikawa, T. Ezaki, B. Lu, C. Gerard, S. Ishikawa, K. Matsushima (2004), "Evidence for recruitment of plasmacytoid dendritic cell precursors to inflamed lymph nodes through high endothelial venules", *Int Immunol*, **16**, pp.915-928.
- [4] X. Yu, Y. Li, Y. Yu, J. Lei, G. Wan, F. Cao (2016), "Associations between FAS rs2234767 and FASL rs763110 polymorphisms and the risk of lung cancer: a meta-analysis of 39,736 subjects", *Onco Targets Ther*, **9**, pp.2049-2056.
- [5] H. Okamoto, S. Shoin, S. Koshimura, R. Shimizu (1967), "Studies on the anticancer and streptolysin S-forming abilities of hemolytic streptococci", *Jpn J Microbiol*, **11**, pp.323-326.
- [6] A.B. Bakker, G. Marland, A.J. de Boer, R.J. Huijbens, E.H. Danen, G.J. Adema, C.G. Figdor (1995), "Generation of antimelanoma cytotoxic T lymphocytes from healthy donors after presentation of melanoma-associated antigen-derived epitopes by dendritic cells in vitro", *Cancer Res*, **55**, pp.5330-5334.
- [7] M. Okamoto, M. Kobayashi, Y. Yonemitsu, S. Koido, S. Homma (2016), "Dendritic cell-based vaccine for pancreatic cancer in Japan", *World J Gastrointest Pharmacol Ther*, **7**, pp.133-138.
- [8] M. Kobayashi, T. Sakabe, H. Abe, M. Tanii, H. Takahashi, A. Chiba, E. Yanagida, Y. Shibamoto, M. Ogasawara, S. Tsujitani, S. Koido, K. Nagai, S. Shimodaira, M. Okamoto, Y. Yonemitsu, N. Suzuki, M. Nagaya (2013), "Dendritic cell-based immunotherapy targeting synthesized peptides for advanced biliary tract cancer", *J Gastrointest Surg*, **17**, pp.1609-1617.
- [9] H. Takahashi, M. Okamoto, S. Shimodaira, S. Tsujitani, M. Nagaya, T. Ishidao, J. Kishimoto, Y. Yonemitsu (2013), "Impact of dendritic cell vaccines pulsed with Wilms' tumour-1 peptide antigen on the survival of patients with advanced non-small cell lung cancers", *Eur J Cancer*, **49**, pp.852-859.
- [10] M. Kobayashi, A. Chiba, H. Izawa, E. Yanagida, M. Okamoto, S. Shimodaira, Y. Yonemitsu, Y. Shibamoto, N. Suzuki, M. Nagaya (2014), "The feasibility and clinical effects of dendritic cell-based immunotherapy targeting synthesized peptides for recurrent ovarian cancer", *J Ovarian Res*, **7**, pp.48.
- [11] E. Sato, S.H. Olson, J. Ahn, B. Bundy, H. Nishikawa, F. Qian, A.A. Jungbluth, D. Frosina, S. Gnajatic, C. Ambrosone, J. Kepner, T. Odunsi, G. Ritter, S. Lele, Y.T. Chen, H. Ohtani, L.J.

- Old, K. Odunsi (2005), "Intraepithelial CD8+ tumor-infiltrating lymphocytes and a high CD8+/regulatory T cell ratio are associated with favorable prognosis in ovarian cancer", *Proc Natl Acad Sci U S A*, **102**, pp.18538-18543.
- [12] J. Tel, G. Schreiber, S.P. Sittig, T.S. Mathan, S.I. Buschow, L.J. Cruz, A.J. Lambeck, C.G. Figdor, I.J. de Vries (2013), "Human plasmacytoid dendritic cells efficiently cross-present exogenous Ags to CD8+ T cells despite lower Ag uptake than myeloid dendritic cell subsets", *Blood*, **121**, pp.459-467.
- [13] O. Manches, G. Lui, J.P. Molens, J.J. Sotto, L. Chaperot, J. Plumas (2008), "Whole lymphoma B cells allow efficient cross-presentation of antigens by dendritic cells", *Cytotherapy*, **10**, pp.642-649.
- [14] G. Pietra, R. Mortarini, G. Parmiani, A. Anichini (2001), "Phases of apoptosis of melanoma cells, but not of normal melanocytes, differently affect maturation of myeloid dendritic cells", *Cancer Res*, **61**, pp.8218-8226.
- [15] R.C. Fields, K. Shimizu, J.J. Mule (1998), "Murine dendritic cells pulsed with whole tumor lysates mediate potent antitumor immune responses in vitro and in vivo", *Proc Natl Acad Sci USA*, **95**, pp.9482-9487.
- [16] N. Werthmoller, B. Frey, R. Wunderlich, R. Fietkau, U.S. Gaip (2015), "Modulation of radiochemoimmunotherapy-induced B16 melanoma cell death by the pan-caspase inhibitor zVAD-fmk induces anti-tumor immunity in a HMGB1-, nucleotide- and T-cell-dependent manner", *Cell Death Dis*, **6**, pp.e1761.
- [17] I.M. Meraz, D.J. Savage, V. Segura-Ibarra, J. Li, J. Rhudy, J. Gu, R.E. Serda (2014), "Adjuvant cationic liposomes presenting MPL and IL-12 induce cell death, suppress tumor growth, and alter the cellular phenotype of tumors in a murine model of breast cancer", *Mol Pharm*, **11**, pp.3484-3491.
- [18] S.K. Hira, I. Mondal, P.P. Manna (2015), "Combined immunotherapy with whole tumor lysate-pulsed interleukin-15-activated dendritic cells and cucurbitacin I promotes strong CD8(+) T-cell responses and cures highly aggressive lymphoma", *Cytotherapy*, **17**, pp.647-664.
- [19] S.T. Nguyen, H.L. Nguyen, V.Q. Pham, G.T. Nguyen, C.D. Tran, N.K. Phan, P.V. Pham (2015), "Targeting specificity of dendritic cells on breast cancer stem cells: in vitro and in vivo evaluations", *Onco Targets Ther*, **8**, pp.323-334.
- [20] P.V. Pham, N.T. Nguyen, H.M. Nguyen, L.T. Khuat, P.M. Le, V.Q. Pham, S.T. Nguyen, N.K. Phan (2014), "A simple in vitro method for evaluating dendritic cell-based vaccinations", *Onco Targets Ther*, **7**, pp.1455-1464.
- [21] T. Kitamura, B.Z. Qian, J.W. Pollard (2015), "Immune cell promotion of metastasis", *Nat Rev Immunol*, **15**, pp.73-86.
- [22] H. Clevers (2004), "At the crossroads of inflammation and cancer", *Cell*, **118**, pp.671-674.
- [23] E.M. El-Omar, M.T. Ng, G.L. Hold (2008), "Polymorphisms in Toll-like receptor genes and risk of cancer", *Oncogene*, **27**, pp.244-252.
- [24] J. Sun, F. Wiklund, S.L. Zheng, B. Chang, K. Balter, L. Li, J.E. Johansson, G. Li, H.O. Adami, W. Liu, A. Tolin, A.R. Turner, D.A. Meyers, W.B. Isaacs, J. Xu, H. Gronberg (2005), "Sequence variants in Toll-like receptor gene cluster (TLR6-TLR1-TLR10) and prostate cancer risk", *J Natl Cancer Inst*, **97**, pp.525-532.
- [25] H. Yang, H. Zhou, P. Feng, X. Zhou, H. Wen, X. Xie, H. Shen, X. Zhu (2010), "Reduced expression of Toll-like receptor 4 inhibits human breast cancer cells proliferation and inflammatory cytokines secretion", *J Exp Clin Cancer Res*, **29**, p.92.
- [26] W.E. Naugler, T. Sakurai, S. Kim, S. Maeda, K. Kim, A.M. Elsharkawy, M. Karin (2007), "Gender disparity in liver cancer due to sex differences in MyD88-dependent IL-6 production", *Science*, **317**, pp.121-124.
- [27] S. Rakoff-Nahoum, R. Medzhitov (2007), "Regulation of spontaneous intestinal tumorigenesis through the adaptor protein MyD88", *Science*, **317**, pp.124-127.
- [28] M. Subklewe, C. Geiger, F.S. Lichtenegger, M. Javorovic, G. Kvalheim, D.J. Schendel, I. Bigalke (2014), "New generation dendritic cell vaccine for immunotherapy of acute myeloid leukemia", *Cancer Immunol Immunother*, **63**, pp.1093-1103.
- [29] J.H. Cho (2008), "The genetics and immunopathogenesis of inflammatory bowel disease", *Nat Rev Immunol*, **8**, pp.458-466.
- [30] M.H. Zaki, K.L. Boyd, P. Vogel, M.B. Kastan, M. Lamkanfi, T.D. Kanneganti (2010), "The NLRP3 inflammasome protects against loss of epithelial integrity and mortality during experimental colitis", *Immunity*, **32**, pp.379-391.
- [31] M. Saitoh (2015), "Epithelial-mesenchymal transition is regulated at post-transcriptional levels by transforming growth factor-beta signaling during tumor progression", *Cancer Sci*, **106**, pp.481-488.
- [32] J. Fang, H. Xu, C. Yang, S. Kayarthodi, R. Matthews, V.N. Rao, E.S. Reddy (2014), "Molecular Mechanism of Activation of Transforming Growth Factor Beta/Smads Signaling Pathway in Ets Related Gene-Positive Prostate Cancers", *J Pharm Sci Pharmacol*, **1**, pp.82-85.
- [33] F. Arce, G. Kochan, K. Breckpot, H. Stephenson, D. Escors (2012), "Selective activation of intracellular signalling pathways in dendritic cells for cancer immunotherapy", *Anticancer Agents Med Chem*, **12**, pp.29-39.
- [34] L.M. Coussens, Z. Werb (2002), "Inflammation and cancer", *Nature*, **420**, pp.860-867.

# Phân tích công nghệ và phương pháp tính toán định lượng nguyên liệu trong sản xuất phân bón NPK (15:15:15)

Khổng Quốc Anh, Vũ Hồng Thái\*

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Ngày nhận bài 6/5/2016, ngày chuyển phản biện 9/5/2016, ngày nhận phản biện 6/6/2016, ngày chấp nhận đăng 10/6/2016

Đối với ngành trồng trọt, phân bón đóng vai trò rất quan trọng, đặc biệt là các loại phân bón đa thành phần dinh dưỡng như NPK. Có nhiều phương pháp để sản xuất phân bón NPK, trong đó phương pháp hóa học cho sản phẩm NPK có chất lượng tốt nhất, với các tính chất vật lý tối ưu. Tuy nhiên phương pháp này rất phức tạp, đòi hỏi phải nắm vững về công nghệ sản xuất, vốn đầu tư cao và phải sản xuất với quy mô lớn mới có hiệu quả kinh tế. Nghiên cứu này sẽ phân tích công nghệ và trình bày phương pháp tính toán cân bằng vật chất của quá trình sản xuất phân bón NPK bằng phương pháp hóa học.

**Từ khóa:** bọc áo, chai đất, NPK, phân bón, phân phức hợp, thiết bị phản ứng ống.

**Chỉ số phân loại 2.4**

## Analysis of technology and computational methodology of material balance in the production of NPK fertilizer

Summary

Fertilizers play an important role in agriculture, especially multi-component fertilizers. One of important multi-component fertilizers is the so-called NPK fertilizers. There are many methods to manufacture NPK fertilizers. By using chemical methods, NPK fertilizers have the best quality with optimum physical properties. However, these methods are very complex, requires mastery of manufacturing technology and high investment, and are only profitable in large-scale production. In this contribution, the authors present the description of the technology and computational methodology required in the production of NPK fertilizers by using chemical methods.

**Keywords:** coating, complex fertilizers, depleted soils, fertilizer, NPK, pipe reactor.

**Classification number 2.4**

## Giới thiệu

Công nghệ sản xuất phân bón bằng phương pháp hóa học bản chất là phương pháp vôi viên tạo hạt có kèm theo các phản ứng hóa học (phân phức hợp). Đây là một trong những quy trình phức tạp nhưng cũng khá phổ biến để sản xuất các loại phân bón đa dinh dưỡng dạng hạt ngày nay. Phương pháp tạo hạt bằng hóa học có thể được áp dụng để sản xuất trực tiếp các loại phân phức hợp, các bậc sản phẩm phân NPK (thường được áp dụng ở Tây Âu), hoặc sản xuất các hợp chất trung gian mà sau đó sẽ tiếp tục được kết hợp qua các kênh phân phối để tạo thành các loại sản phẩm NPK (thường được áp dụng ở Mỹ). Phương pháp tạo hạt bằng con đường hóa học đã được bắt đầu áp dụng từ thập niên 30 của thế kỷ trước và đã phát triển như một phương pháp kết hợp hai hay nhiều chất dinh dưỡng vào một sản phẩm dễ thao tác, vận chuyển, với chất lượng và hàm lượng các chất dinh dưỡng ổn định [1]. Mục đích ban đầu của phương pháp này là ngăn ngừa sự đóng bánh của phân bón trong bao khi lưu kho hoặc vận chuyển, sao cho sản phẩm ở dạng thích hợp cho việc bón phân trên đồng ruộng khi đến tay nông dân. Ngày nay, hơn 80% phân bón dạng rắn được vận chuyển ở dạng hàng rời. Công nghệ tạo hạt bằng phương pháp hóa học đảm bảo cho sản phẩm không bị kết dính để có thể bốc xếp dễ dàng, giảm tỷ lệ vón cục trong quá trình vận chuyển và lưu kho xuống mức

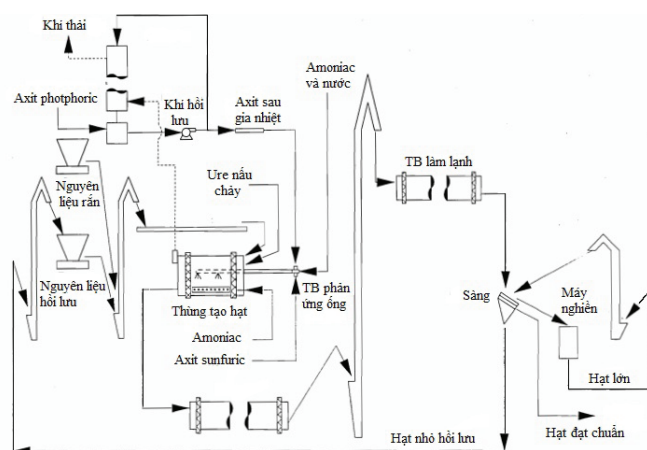
\*Tác giả liên hệ: Email: thaivuhong@gmail.com

tối thiểu, các hạt phân bón đủ chắc để có thể chịu được thao tác cơ học mà không bị vỡ. Tạo hạt bằng phương pháp hóa học được thực hiện bằng cách kết hợp các chất rắn, chất lỏng và chất khí để tạo ra các phản ứng hóa học nhằm đạt đến trạng thái kết tụ tương đối ổn định và tăng cỡ hạt trên cơ sở có kiểm soát. Lượng và kiểu của các loại chất rắn, chất lỏng và chất khí cũng như phạm vi của các phản ứng hóa học khác nhau tùy theo quy trình, nguyên liệu được sử dụng và yêu cầu về sản phẩm. Nhưng mục đích cuối cùng là tạo ra các hạt phân bón ổn định và hàm lượng dinh dưỡng đồng đều. Khi tạo hạt, nói chung các chất rắn, chất lỏng và chất khí cùng được đưa vào thiết bị phản ứng kiểu ống đặt bên trong thiết bị sấy thùng quay. Ngoài tác động sấy, bên trong máy sấy còn xảy ra các tác động kết tụ và hình thành các hạt. Sự bay hơi nước làm tăng cường liên kết trong các hạt phân bón. Sau đó, sản phẩm được sàng, làm nguội và đưa vào kho.

Phần lớn các phương pháp tạo hạt NPK tại Mỹ đều dựa trên hàm lượng chất rắn cao với một phần nguyên liệu dạng lỏng (thường là ammoniac -  $\text{NH}_3$ , dung dịch muối, axit và hơi nước). Các cơ sở, thiết bị lưu kho, thao tác về thiết bị và kỹ thuật không quá cao. Trình độ công nghệ thích hợp với những mà máy có công suất 100-200 nghìn tấn/năm. Các cơ sở tạo hạt tại châu Âu nhìn chung đã phát triển thành các nhà máy tổ hợp (kết hợp với sản xuất  $\text{NH}_3$  và axit photphoric -  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) công suất lớn. Các nhà máy này thường sản xuất phân NPK chất lượng cao. Trên toàn thế giới, các quá trình tạo hạt bằng phương pháp hóa học được áp dụng để sản xuất phần lớn các loại phân bón một thành phần hoặc hỗn hợp đa thành phần, như: ure, supephotphat, DAP và NPK. Nhìn từ góc độ kỹ thuật, phương pháp tạo hạt bằng con đường hóa học tạo ra các sản phẩm phân bón đa thành phần với chất lượng tốt nhất, vì vậy từng hạt là các hạt phân bón riêng rẽ đều chứa đầy đủ các chất dinh dưỡng theo tỷ lệ định trước. Đây là các hạt phân bón chất lượng cao, với những tính chất vật lý (cỡ hạt, độ cứng chịu nghiền, khả năng chảy tự do...) rất tốt. Những tính chất này có thể được kiểm soát bằng cách lựa chọn cẩn thận nguyên liệu đầu vào và các thao tác trong quá trình tạo hạt. Tất nhiên công nghệ này đòi hỏi các xưởng tạo hạt phải nằm trong những tổ hợp hóa chất lớn với chi phí đầu tư xây dựng cao. Các tổ hợp này phải nằm cạnh nguồn nguyên liệu để tăng hiệu quả và giảm chi phí [2-3].

## Mô tả công nghệ

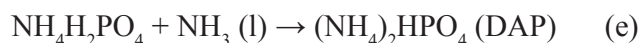
Công nghệ sản xuất phân bón NPK bằng phương pháp hóa học có thể phân loại thành hai phương pháp chính sau: phương pháp tổng hợp thông qua quá trình sơ chế quặng photpho thô và phương pháp tổng hợp dựa trên  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Trong giới hạn của bài báo sẽ trình bày về phương pháp thứ hai. Dây chuyền công nghệ của phương pháp này được mô tả trong hình 1.



Hình 1: dây chuyền công nghệ sản xuất phân bón NPK bằng phương pháp hóa học [4]

Phương pháp tổng hợp dựa trên  $\text{H}_3\text{PO}_4$  là công nghệ sử dụng trực tiếp  $\text{H}_3\text{PO}_4$  mà không qua giai đoạn chế biến photpho thô. Sự khác nhau chủ yếu của các công nghệ trong phân nhóm này là cách thức phối trộn các thành phần nguyên liệu và chuẩn bị sản phẩm trước khi đưa vào máy tạo hạt (hỗn hợp đặt sệt, dung dịch nóng chảy...). Trong phân nhóm này, công nghệ phối trộn bằng thiết bị phản ứng ống là công nghệ có nhiều cải tiến nhất. Nguyên liệu chính của quá trình:  $\text{NH}_3$  (dạng lỏng hoặc khí),  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , axit sunfuric -  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , ure (dạng bột hoặc lỏng), muối kali. Phương pháp tạo hạt được thực hiện bằng cách kết hợp các chất rắn, chất lỏng, chất khí để tạo ra các phản ứng hóa học nhằm đến trạng thái kết dính tương đối ổn định và tăng kích thước hạt trên cơ sở có khả năng kiểm soát. Hàm lượng, tính chất của các loại chất rắn, chất lỏng và chất khí cũng như phạm vi của các phản ứng hóa học khác nhau tùy theo quy trình, nguyên liệu được sử dụng và yêu cầu của sản phẩm đầu ra. Mục đích cuối cùng là tạo ra sản phẩm phân bón có sự ổn định, đồng đều về kích thước cũng như hàm lượng chất dinh dưỡng. Có thể mô tả sơ lược quá trình như sau: hỗn hợp axit được

phản ứng với  $\text{NH}_3$ , phân bón kali rồi đưa vào máy tạo hạt. Sau đó, sản phẩm được làm khô, sàng lọc, làm nguội.



Phản ứng hóa học chính là sự trung hòa giữa  $\text{NH}_3$  với  $\text{H}_3\text{PO}_4$  và một lượng nhỏ  $\text{H}_2\text{SO}_4$ : phản ứng (a) có thể xảy ra trong máy tạo hạt và trong thiết bị phản ứng ống, phản ứng (b) chủ yếu xảy ra trong thùng phản ứng trung hòa và hệ thống rửa khí. Phản ứng (c) thường xảy ra trong thiết bị phản ứng ống, nhưng khi  $\text{NH}_3$  ở thể hơi thì phản ứng (d) xảy ra trong hệ thống rửa và thùng phản ứng trung hòa. Phản ứng (e) xuất hiện trong thiết bị phản ứng ống và máy tạo hạt thùng quay. Phản ứng (a) và (b) mạnh hơn các phản ứng khác, vì vậy  $\text{NH}_3$  sẽ có khuynh hướng phản ứng với  $\text{H}_2\text{SO}_4$  trước, sau đó sẽ xuất hiện phản ứng tiếp theo. Bên cạnh những phản ứng chính đã được nêu trên còn có những phản ứng khác xảy ra, chủ yếu là các phản ứng giữa  $\text{NH}_3$  với  $\text{H}_3\text{PO}_4$  và một số tạp chất của nó. Tuy nhiên, trong tính toán cân bằng vật chất cho quy mô sản xuất công nghiệp, tác giả đưa ra giả thiết quá trình sản xuất chỉ gồm 5 phản ứng trên để tính toán và được trình bày cụ thể trong phần sau.

Công nghệ sản xuất NPK bằng phương pháp hóa học phát triển khá mạnh ở châu Âu do có các ưu điểm: kích thước thiết bị nhỏ gọn, tận dụng được nhiệt do phản ứng sinh ra làm bay hơi nước có trong axit  $\text{H}_3\text{PO}_4$  mang đến và sản phẩm ra khỏi thiết bị khô hơn, tỷ lệ tuần hoàn bán sản phẩm ít, chi phí vận hành thấp (năng lượng sấy sản phẩm thấp, tiêu hao điện thấp, hiệu quả sử dụng  $\text{NH}_3$  cao), thích ứng với các loại axit  $\text{H}_3\text{PO}_4$  có nồng độ khác nhau, chế độ vận hành linh hoạt, có thể sản xuất nhiều loại sản phẩm.

### Quy cách sản phẩm

Tại Việt Nam hiện nay, công nghệ sản xuất phân bón NPK chủ yếu vẫn sử dụng phương pháp phối trộn, vì vậy chất lượng sản phẩm còn chưa đáp ứng được với nhu cầu sử dụng. So sánh về chất lượng thì sản phẩm sản xuất bằng phương pháp hóa học có những ưu việt

sau:

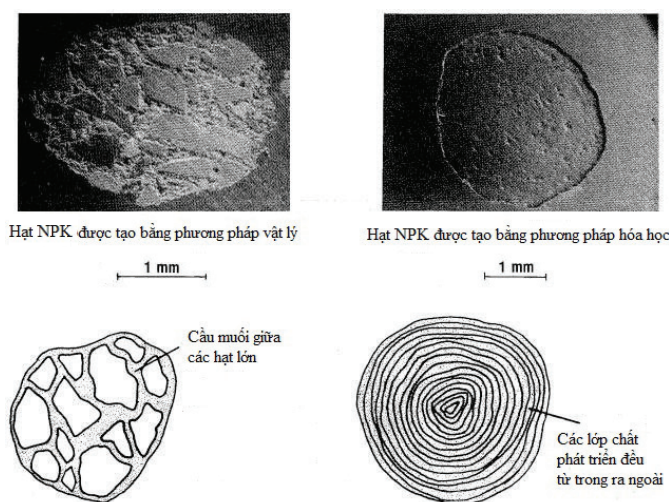
- Trong sản phẩm không có chứa các tạp chất như trong phân trộn nên không có chất thải ra môi trường, hơn nữa trong sản phẩm còn có thể bổ sung thêm nguyên tố Ca, vì Ca không chỉ là nguyên tố dinh dưỡng trung lượng rất cần cho cây mà nó còn là nguyên tố góp phần cân bằng môi trường của dung dịch đất - nâng cao pH của đất.

- Lượng  $\text{P}_2\text{O}_5$  không tan trong xytrat thấp, mỗi hạt phân NPK sản xuất theo phương pháp hóa học đều có chứa các thành phần giàu chất dinh dưỡng, dễ hòa tan trong đất, cây trồng dễ hấp thụ.

- Chất lượng sản phẩm: cường độ chịu nén của sản phẩm tạo thành cao ( $>30 \text{ N}$ ), hạt liên kết chặt chẽ, do vậy, không xảy ra hiện tượng kết khối khi lưu trữ và rất thuận lợi cho quá trình vận chuyển. Quy cách của sản phẩm NPK (15:15:15) như sau: N tổng: 15%;  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 15%;  $\text{K}_2\text{O}$ : 15%; độ ẩm: 1%; cỡ hạt 2-4 mm: 95% (tính theo trọng lượng); lực nén trung bình của hạt  $>30 \text{ N}$ ; dạng hạt: trong, nhẵn (phù hợp với Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5815: 2011 về phân hỗn hợp NPK).

- Về công nghệ, phân bón NPK sản xuất theo phương pháp hóa học sử dụng thiết bị phản ứng ống, là công nghệ tiên tiến có nhiều ưu điểm: kích thước thiết bị nhỏ gọn, tận dụng được nhiệt do phản ứng sinh ra để làm bay hơi nước có trong  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; tỷ lệ tuần hoàn bán sản phẩm thấp, chi phí vận hành thấp, ít gây ảnh hưởng đến môi trường.

Hình ảnh hạt NPK được tạo thành từ hai phương pháp vật lý và hóa học được mô tả trong hình 2. Tạo hạt bằng phương pháp hóa học có phản ứng xảy ra giữa các axit và một số muối ở dạng rắn. Trong khi đó, tạo hạt bằng phương pháp vật lý không có sự xảy ra phản ứng và các nguyên liệu đều ở thể rắn. Tạo hạt bằng phương pháp vật lý dựa theo nguyên tắc tích tụ, các lớp được gắn với nhau theo nguyên tắc dính ướt bề mặt. Sau khi được sấy, nước sẽ bay hơi để lại khối liên kết rắn chắc. Vì vậy, các lớp và các mao quản không được đồng đều. Ngược lại, tạo hạt bằng phương pháp hóa học cho chất lượng hạt đồng đều hơn nhiều do xảy ra phản ứng dị thể giữa các chất, hạt được hình thành theo nguyên tắc bồi tụ lớn dần theo từng lớp, vì vậy hạt tạo ra có kích thước đồng đều, liên kết chặt chẽ.



Hình 2: so sánh hai phương pháp tạo hạt: phương pháp vật lý và phương pháp hóa học [5]

### Tính toán cân bằng vật chất

Vấn đề cần tính toán: xác định khối lượng các nguyên liệu Ure (46% N), SA (21% N), KCl (60% K<sub>2</sub>O), NH<sub>3</sub> (99,8%); H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (50%); H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (98%) cần để cung cấp cho dây chuyền sản xuất phân bón phức hợp NPK tỷ lệ (15:15:15) tính cho một tấn sản phẩm bằng phương pháp hóa học, theo công nghệ trung hòa NH<sub>3</sub> và H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; trong thiết bị phản ứng ống, sau đó phối trộn với Ure, SA, KCl trong thiết bị tạo hạt theo những tỷ lệ nhất định để được sản phẩm NPK có [N]:[P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>]:[K<sub>2</sub>O] = 15:15:15.

**Xác định lượng DAP, Ure, SA, KCl, tạo ra 100 kg NPK 15:15:15:** DAP là bán thành phẩm tạo ra do phản ứng trung hòa giữa NH<sub>3</sub> và H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, do vậy muốn xác định lượng NH<sub>3</sub> và H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> phải xác định lượng để tạo ra 100 kg sản phẩm NPK có thành phần dinh dưỡng N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O là 15:15:15. Ta dùng phương pháp giải tích để tính toán, đặt các ẩn số khối lượng (kg) chứa trong 100 kg NPK như sau: gọi x, y, z, t lần lượt là khối lượng DAP, ure, SA và KCl. Gọi a, b, c lần lượt là hàm lượng N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O có trong sản phẩm NPK. Ta có hệ phương trình sau:

$$a = (a_1 \cdot x + a_2 \cdot y + a_3 \cdot z + a_4 \cdot t): 100 \quad (1)$$

$$b = (b_1 \cdot x + b_2 \cdot y + b_3 \cdot z + b_4 \cdot t): 100 \quad (2)$$

$$c = (c_1 \cdot x + c_2 \cdot y + c_3 \cdot z + c_4 \cdot t): 100 \quad (3)$$

$$a : b : c = 15 : 15 : 15 \quad (4)$$

Trong đó: a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>, a<sub>4</sub> là hàm lượng N có trong DAP, Ure, SA, KCl; b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub> là hàm lượng P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> có trong DAP, Ure, SA, KCl; c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>, c<sub>3</sub>, c<sub>4</sub> là hàm lượng K<sub>2</sub>O có trong DAP, Ure, SA, KCl.

Theo thực tế tại Nhà máy sản xuất NPK của Công ty cổ phần Supe photphat và hóa chất Lâm Thao, trong 100 kg sản phẩm bao gồm: 2 kg là chất chống kết dính, chất chống vón cục và các phụ gia, 98 kg còn lại là khối lượng các chất dinh dưỡng. Tương tự, ta có hệ phương trình:

$$a = 0,16x + 0,46y + 0,21z + 0 \cdot t = 15 \quad (5)$$

$$b = 0,48x + 0 \cdot y + 0 \cdot z + 0 \cdot t = 15 \quad (6)$$

$$c = 0 \cdot x + 0 \cdot y + 0 \cdot z + 0,60t = 15 \quad (7)$$

$$x + y + z + t = 98 \quad (8)$$

Theo (7) ta có  $t = 15:0,60 = 25$

Theo (6) ta có  $x = 15:0,48 = 31,25$

Thay các kết quả vào (5) và (8), ta có hệ phương trình:

$$0,46y + 0,21z = 10 \quad (9)$$

$$y + z = 41,75 \quad (10)$$

Vậy  $y = 4,93$  và  $z = 36,82$ .

Kết quả tính toán:

DAP:  $x = 31,25$  kg; ure:  $y = 4,93$  kg; SA:  $z = 36,82$  kg; KCl:  $t = 25,0$  kg.

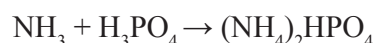
**Xác định lượng NH<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tạo ra 100 kg NPK 15:15:15:** DAP là bán thành phẩm tạo ra do phản ứng trung hòa giữa NH<sub>3</sub> và H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, phần tính toán trên đã cho ta kết quả cần 31,25 kg DAP 16% N, 48% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> để tạo ra 100 kg sản phẩm NPK có thành phần dinh dưỡng N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 15:15:15.

**Xác định lượng H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:** trong quá trình tạo DAP để tăng khả năng hòa tan của P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> và N đến tối hạn và rửa khí ở tháp cuối, ta đưa vào lượng H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> để điều chỉnh (theo thực tế tại Nhà máy DAP Đình Vũ, lượng axit này chiếm 10% lượng DAP tạo thành). Do vậy, lượng H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> cần thiết là 3,13kg.

Các phản ứng hóa học xảy ra trong quá trình tạo thành DAP:



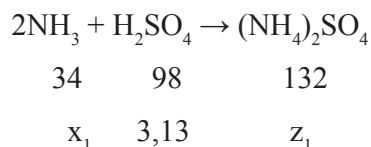
Cộng gộp 2 phản ứng trên ta có:



|    |    |       |
|----|----|-------|
| 34 | 98 | 132   |
| y  | z  | 31,25 |

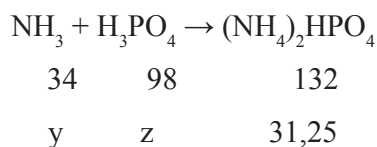
Suy ra:  $y = 8,05$ , khi tham gia phản ứng lượng dư  $\text{NH}_3$  là 15%, lượng  $\text{NH}_3$  cần là  $y' = 9,26$ . Lượng  $\text{NH}_3$  (99,8%) cần thiết là 9,28 kg.

Xác định lượng  $\text{NH}_3$  phản ứng với 3,13 kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$  để rửa khí và điều chỉnh thành phần DAP. Ta có phản ứng:



Vậy  $x_1 = 1,09$ ;  $z_1 = 4,22$ . Lượng  $\text{NH}_3$  (99,8%): 1,09. Tổng lượng  $\text{NH}_3$  cần thiết là:  $9,28 + 1,09 = 10,37$  kg và lượng SA còn tương ứng là  $z_1 = 36,82 - 4,22 = 32,6$  kg.

Xác định lượng  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (50%): theo phương trình phản ứng:



Suy ra  $z = 23,2$ . Vậy lượng  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (50%) là 46,4 kg.

Các kết quả tính toán được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1: tiêu hao nguyên vật liệu cho 1 tấn sản phẩm NPK (15:15:15)

| Nguyên vật liệu                 | Tiêu hao (kg) |
|---------------------------------|---------------|
| $\text{NH}_3$ (99,8%)           | 103,7         |
| $\text{H}_3\text{PO}_4$ (50%)   | 464           |
| $\text{H}_2\text{SO}_4$ (98%)   | 31,3          |
| Ure (46% N)                     | 49,3          |
| SA (21% N)                      | 326           |
| KCl (60% $\text{K}_2\text{O}$ ) | 250           |

## Kết luận

Hiện nay, tại Việt Nam công nghệ sản xuất phân bón NPK vẫn chủ yếu sử dụng phương pháp phối trộn vật lý hoặc tiên tiến hơn là phương pháp ure nấu chảy, nhưng nhìn chung chất lượng sản phẩm chưa cao, chưa đáp ứng được nhu cầu lưu trữ và sử dụng. Do vậy, việc nghiên cứu quy trình công nghệ sản xuất phân bón đa thành phần dinh dưỡng nói chung và phân bón NPK nói riêng theo phương pháp hóa học là rất cần thiết nhằm đáp ứng nhu cầu cho sản xuất nông nghiệp. Trong giới hạn của nghiên cứu này, chúng tôi đã đưa ra mô hình dây chuyền công nghệ và tính toán cân bằng vật chất để sản xuất phân bón NPK (15:15:15).

## Tài liệu tham khảo

- [1] Vasant Gowariker, V.N. Krishnamurthy, Sudha Gowariker, Manik Dhanorkar, Kalyani Paranjape (2009), *The Fertilizer Encyclopaedia*, A John Wiley & Son, Inc., Publication, pp.250-255.
- [2] Margaret Ojone Ogundare, Labunmi Lajide (2013), "Physico-chemical and mineral analysis of composts fortified with NPK fertilizer, ammonium chloride and kaolin", *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, pp.27-33.
- [3] James J. Schultz (1989), *Production of Granular NPKs in Ammonium Phosphate Plants: Some Important Differences*, International Fertilizer Development Center, pp.2-20.
- [4] James J. Schultz, George Hoffmeister (1991), *Urea-Based NPK Plant Design and Operating Alternatives*, International Fertilizer Development Center, pp.51-60.
- [5] Phosphates 2014 Conference (2014), "NPK production processes", *Fertilizer International*, **Issue 459**, Southbank House, England., pp.13-31.

# Phân tích khả năng chẩn đoán các bệnh tim mạch bằng ảnh pha thông qua mô hình tín hiệu điện tim nhân tạo

Phạm Văn Thuận<sup>1\*</sup>, Vương Trí Tiếp<sup>1</sup>, Phạm Xuân Năng<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Học viện Kỹ thuật quân sự

<sup>2</sup>Học viện Quân y

Ngày nhận bài 16/9/2015, ngày chuyển phản biện 21/9/2015, ngày nhận phản biện 20/10/2015, ngày chấp nhận đăng 29/10/2015

Bài báo nghiên cứu một cách tiếp cận mới về phân tích tín hiệu điện tim trong không gian pha, giúp tham số hóa các đặc tính của ảnh pha tín hiệu làm cơ sở cho việc xây dựng hệ tự động chẩn đoán bằng ảnh pha tín hiệu điện tim. Các kết quả khảo sát, mô phỏng tín hiệu điện tim nhân tạo trên mô hình tổng các hàm Gaus đã chứng minh được hiệu quả của phương pháp được đề xuất.

**Từ khóa:** cơ sở dữ liệu MIT-BIH, điện tim nhân tạo, hàm Gaus, không gian pha, ST-T.

**Chỉ số phân loại 2.6**

## Analyzing the diagnostic ability of heart diseases using phase diagram of artificial ECG signal model

### Summary

The paper presents a new approach in analyzing ECG (Electrocardiogram) signal in phase domain, which can parameterize the features of signal phase image. The selected features will be used for building an ECG diagnostic automation system. The experimental results based on Gaus function have shown that the proposed method can be an useful approach.

**Keywords:** artificial ECG signal, european ST-T database, Gaus function, MIT-BIH database, phase domain.

**Classification number 2.6**

## Đặt vấn đề

Cho đến nay, ghi điện tâm đồ vẫn là một trong những phương pháp thông dụng để chẩn đoán chức năng các bệnh lý tim mạch. Nhưng theo nhận định của nhiều chuyên gia tim mạch thì các công cụ máy tính hiện có trong phân tích và phiên giải tín hiệu điện tim không đủ để đảm bảo độ tin cậy đạt yêu cầu cho kết quả chẩn đoán bởi các nguyên nhân sau: *Thứ nhất*, trên các bản ghi tín hiệu điện tim ở miền thời gian không có ranh giới rõ ràng giữa các phân đoạn mang thông tin, gây khó khăn trong việc tự động nhận dạng. *Thứ hai*, các tín hiệu điện tim quan sát trong môi trường có nhiều dạng nhiễu loạn khác nhau mà không thể chắc chắn đưa về được thành nhiễu cộng tính. *Thứ ba*, khi sử dụng phương pháp lấy trung bình chuỗi các chu trình tim (tín hiệu điện tim) ở miền thời gian dẫn đến các phân đoạn mang thông tin sẽ bị nhòe đi do sự thay đổi không đều độ dài các chu trình (từ chu trình này đến chu trình khác), hậu quả là dẫn đến sai số khi đo các giá trị chẩn đoán tập trung ở các phân đoạn này.

Trong những năm gần đây, điện tim số được sử dụng rộng rãi để chẩn đoán các bệnh hệ thống tim mạch cũng như để theo dõi, giám sát trạng thái của hệ thống này. Tuy nhiên, theo nhận định của các chuyên gia y tế thì các phương pháp phân tích và diễn giải truyền thống vẫn chưa đảm bảo tính xác thực các kết quả chẩn đoán. Vì vậy, các chuyên gia không ngừng hoàn thiện các thuật toán, tập trung vào các phương pháp tách các thông tin chẩn đoán từ tín hiệu thực trong điều kiện nhiễu loạn. Mặc dù vậy, trong y học, chứng cứ trước khi khuyến nghị áp dụng một phương pháp nào đó vào thực tế cần kiểm chứng một cách kỹ lưỡng trên tín hiệu test, mà đôi khi rất ít gặp trong thực tế. Một trong những cách kiểm tra đó là thử nghiệm trên tín hiệu nhân tạo, bằng việc tạo giả các tín hiệu điện tim bình thường hay bệnh lý khác nhau.

\*Tác giả liên hệ: Email: thuanysinh@gmail.com

## Nội dung nghiên cứu

### *Ảnh pha tín hiệu điện tim và khả năng chẩn đoán các bệnh lý tim mạch bằng ảnh pha*

Một trong những cách tiếp cận đối ngược lại các phương pháp truyền thống và đã khẳng định được hiệu quả trong các thí nghiệm lâm sàng là phương pháp phân tích tín hiệu điện tim trong không gian pha (mặt phẳng pha). Cơ sở của phương pháp là nghiên cứu hệ động học được mô tả bằng tập hợp  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$  các tham số trạng thái, khi phân tích được tiến hành trong không gian N chiều với các tọa độ  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$ . Không gian như thế gọi là không gian pha, các tọa độ của nó được gọi là tọa độ pha, còn họ các quỹ đạo pha biểu diễn sự thay đổi trạng thái của hệ gọi là pha ảnh pha.

Để khảo sát các tín hiệu phản ánh trạng thái của hệ động học, thông thường người ta sử dụng phương pháp giữ chậm (phương pháp trễ). Trong trường hợp này, tọa độ trên mặt phẳng pha là biên độ tín hiệu thời gian  $y(t)$  tại các thời điểm  $t$  và  $y(t-\tau)$ , trong đó  $\tau$  là thời gian trễ.

Một cách tiếp cận khác khi phân tích tín hiệu điện tim trong mặt phẳng pha đó là đánh giá các chỉ số vận tốc tín hiệu tâm thanh đồ. Cách tiếp cận này có nguồn gốc xuất hiện từ lâu. Amoxop và các cộng sự trong các nghiên cứu của mình đã chỉ ra khả năng khảo sát chức năng co bóp cơ tim trong không gian pha mà tọa độ của chúng là biên độ  $y(t)$  và đạo hàm theo thời gian của quá trình đang quan sát  $\dot{y}(t)$  [1].

Giá trị chẩn đoán của phương pháp nằm ở chỗ sử dụng các thông tin phụ có trong đặc trưng vận tốc của quá trình khảo sát, đã được khẳng định trong các nghiên cứu của các chuyên gia tim mạch. Như sẽ chỉ ra dưới đây, ảnh pha tín hiệu điện tâm đồ trong hệ tọa độ  $y(t), \dot{y}(t)$  cho ra khả năng đánh giá hình dạng các trích đoạn riêng lẻ tín hiệu điện tim với độ chính xác cao và phát hiện những sai lệch kích hoạt, dẫn truyền mà các bác sĩ không thể tìm ra với phương pháp phân tích truyền thống trong miền thời gian [2, 3].

Biểu diễn tín hiệu điện tim trong hệ tọa độ  $y(t), \dot{y}(t)$  là phương pháp phân tích đồ họa khảo sát hệ thống mà trạng thái của nó được mô tả bởi các phương trình vi phân sau:

$$\dot{x}_1 = x_2 \quad (1)$$

$$\dot{x}_2 = F(x_1, x_2) \quad (2)$$

Trong đó  $x_1 = y(t)$  là tọa độ đầu ra của hệ thống (biên độ tín hiệu điện tim tại thời điểm  $t$ ),  $x_2 = \dot{y}(t)$  là đạo hàm bậc nhất của nó,  $F(x_1, x_2)$  là một hàm phi tuyến nào đó. Chia (2) cho (1) ta nhận được phương trình không còn  $t$  ở dạng tường minh:

$$\frac{dx_2}{dx_1} = \frac{F(x_1, x_2)}{x_2} \quad (3)$$

$$\text{Nghiệm của phương trình (3) là } x_2 = \psi(x_1) \quad (4)$$

Với ký hiệu  $x_1 = y(t)$ ,  $x_2 = \dot{y}(t)$  có thể biểu diễn dưới dạng:  $\dot{y}(t) = \psi(y(t))$  và xác định quỹ đạo pha trong mặt phẳng  $y(t), \dot{y}(t)$ .

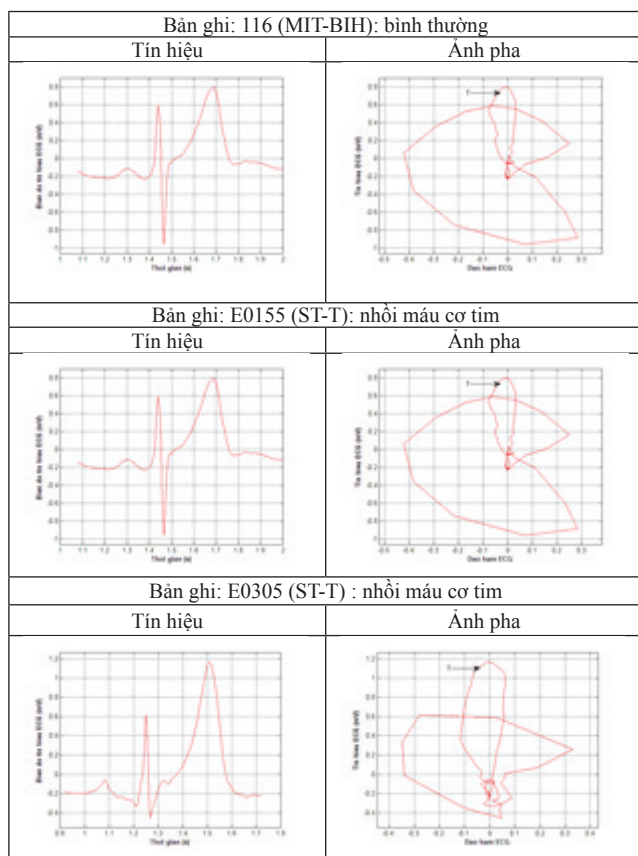
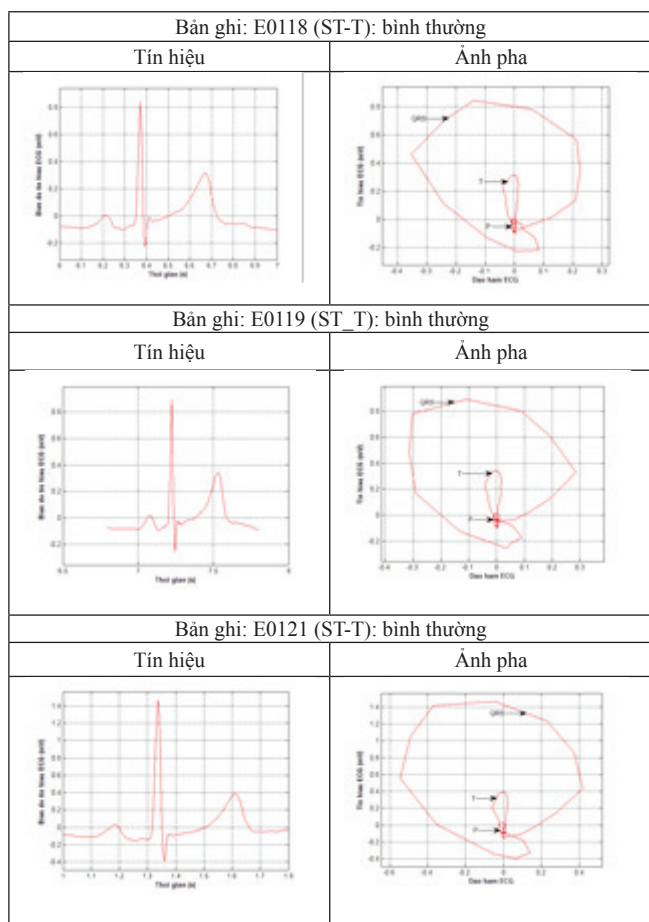
Ảnh pha của tín hiệu điện tâm đồ trong mặt phẳng  $y(t), \dot{y}(t)$  được xây dựng như sau: tín hiệu điện tim ban đầu được số hoá và được biểu diễn bởi chuỗi hữu hạn các giá trị  $y(t_k)$  tại các khoảng thời gian rời rạc  $t_k = t \cdot \Delta$ , với  $k = 0, 1, 2, 3, \dots, K-1$ ;  $\Delta$  là bước lấy mẫu và được xác định bởi tần số lấy mẫu  $F_d$ . Ví dụ, với  $F_d = 500$  Hz thì bước  $\Delta = 2$  s. Tiếp đến là thực hiện khử trôi đường đẳng điện và lọc số bằng bộ lọc cắt và kỹ thuật san bằng thích nghi. Sau đó, lấy vi phân tương ứng với việc đều đặn hoá tín hiệu để nhận được giá trị đạo hàm phù hợp  $\dot{y}(t_k)$  tại các thời điểm rời rạc  $t_k$ . Kết quả là tạo được một chuỗi vectơ 2 chiều nằm trên quỹ đạo pha trong mặt phẳng  $y(t), \dot{y}(t)$ :

$$(y(t_0), \dot{y}(t_0)), \dots, (y(t_{K-1}), \dot{y}(t_{K-1})) \quad (5)$$

Hiện nay, với sự phát triển nhanh của công nghệ thông tin, đã giúp khảo sát các thuật toán mới xử lý dữ liệu y sinh trên các bản ghi tín hiệu thực được lưu trữ trong các cơ sở dữ liệu chuyên dụng. Lợi thế của các nghiên cứu này là, với các bản ghi tín hiệu điện tim khác nhau thì trong cơ sở dữ liệu còn lưu trữ các file chuyên dụng trong đó có chứa các kết quả phiên giải của các chuyên gia kinh nghiệm (các bác sĩ, các chuyên gia tim mạch).

Bằng việc sử dụng công cụ Matlab để xử lý các bản ghi tín hiệu ECG trong các cơ sở dữ liệu chuẩn, ta thu được tập các ảnh pha của chúng [4].

Tín hiệu và ảnh pha của một số tín hiệu trong cơ sở dữ liệu: ST-T và MIT-BIH.



Kết quả khảo sát trên các bộ cơ sở dữ liệu cho thấy, mỗi đoạn mang thông tin (các sóng P, Q, R, S, ST, T...) của tín hiệu điện tim sẽ tạo ra các thành phần tương ứng trên ảnh pha của nó dưới dạng các hình có hình dạng đặc trưng (các nút, nhánh). Mỗi thay đổi tham số tín hiệu ECG ở miền thời gian mang thông tin về bệnh này hay bệnh khác hoặc sự biến loạn nào đó sẽ có những thay đổi của nhánh trên ảnh pha tín hiệu. Những thay đổi này dễ dàng quan sát hơn ở miền thời gian. Khi xuất hiện những biến cố (bệnh lý), các đường nhánh trên ảnh pha tín hiệu cũng thay đổi đồng bộ với các thay đổi các phân đoạn trong miền thời gian.

Các nghiên cứu khảo sát đã chỉ ra rằng, ảnh pha của tín hiệu ECG rất đa dạng và sự khác biệt giữa chúng thể hiện rõ ràng hơn ở miền thời gian. Hơn nữa, khi xuất hiện các biến loạn có ý nghĩa chẩn đoán ở miền thời gian thì trên ảnh pha cũng xuất hiện những thay đổi, chúng dễ dàng quan sát hoặc phát hiện bằng các thuật toán xử lý.

Ngoài ra, khi xử lý tín hiệu điện tim trong không gian pha có thể sử dụng các dấu hiệu chẩn đoán phụ mà các dấu hiệu ấy không thể nhận biết nếu sử dụng phương pháp phân tích trong miền thời gian: các dấu hiệu đó là góc định hướng ảnh pha  $\varphi$ , chỉ số chẩn đoán  $\beta_T$ .

### Mô hình tạo tín hiệu điện tim nhân tạo

Có nhiều cách tiếp cận khác nhau khi xây dựng mô hình để tạo tín hiệu điện tim. Có thể dùng mô hình mà trong đó các thành phần điện tâm đồ được mô tả bằng các hàm tuyến tính và hàm bậc 2. Song các mô hình này không cho phép tổng hợp được tín hiệu điện tim có hình dạng giống tín hiệu điện tim thực và mô phỏng trên đó các biểu hiện bệnh lý của hệ thống tim mạch. Mô hình dưới dạng tổng các hàm Gaus cho hình dạng chu trình tim gần giống tín hiệu thực hơn, tuy nhiên với mô hình này cũng không thể tạo ra tính chu kỳ của các chu trình tim nên cũng ít được sử dụng. Mô hình dựa trên tái tạo toán học hệ động học phi tuyến cũng được dùng để tạo tín hiệu điện tim, tuy nhiên để mô phỏng các biểu hiện bệnh lý thì mô hình sẽ phức tạp hơn đáng kể do phải thêm vào các tham số. Một mô

hình tương đối thông dụng đó là mô hình động học dựa trên việc giải hệ 3 phương trình vi phân trong hệ tọa độ không gian 3 chiều (x, y, z). Tính chu kỳ được mô tả bởi chuyển động của chất điểm trong mặt phẳng (x, y), còn các phân đoạn mang thông tin của mỗi chu trình thì mô tả bằng chuyển động của điểm ảnh xạ theo hướng z [5, 6].

*Mô hình Generative tạo tín hiệu điện tim nhân tạo:*

Với mô hình này, tín hiệu điện tim mẫu được tạo ra dưới dạng tổng các hàm Gauss không đối xứng.

$$y_0(t) = \sum_{i \in \{P, Q, R, S, ST, T\}} A_i \cdot \exp \left[ -\frac{(t - \mu_i)^2}{2[b_i(t)]^2} \right] \quad (6)$$

Trong đó,  $A_i$ ,  $\mu_i$  là các tham số xác định biên độ và thời gian khi phân đoạn nào đó đạt cực đại ( $A_i > 0$ ) hay cực tiểu ( $A_i < 0$ )

$$b_i(t) = \begin{cases} b_i^{(1)} \\ b_i^{(2)} \end{cases} \quad (7)$$

Với  $b_i^{(1)}$ ,  $b_i^{(2)}$  là các tham số xác định tính đối xứng của phân đoạn. Do hàm Gauss tập trung trong khoảng  $3\sigma$  nên có thể giả thiết rằng, các thời điểm bắt đầu  $t_i^{(1)}$  và thời điểm kết thúc  $t_i^{(2)}$  của mỗi phân đoạn  $i$  trong đó  $i \in \{P, Q, R, S, ST, T\}$  liên hệ với các tham số  $b_i^{(1)}$ ,  $b_i^{(2)}$  và  $\mu_i$  bằng công thức sau:

$$t_i^{(1)} = \mu_i - 3b_i^{(1)} \quad (8)$$

$$t_i^{(2)} = \mu_i + 3b_i^{(2)} \quad (9)$$

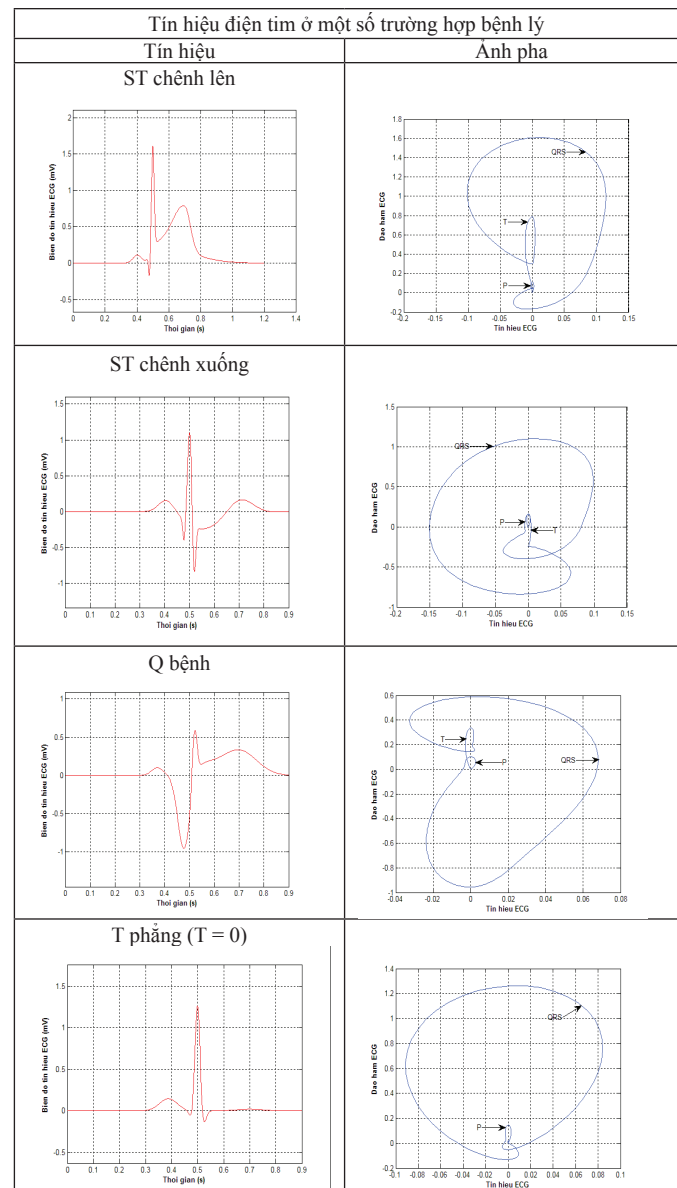
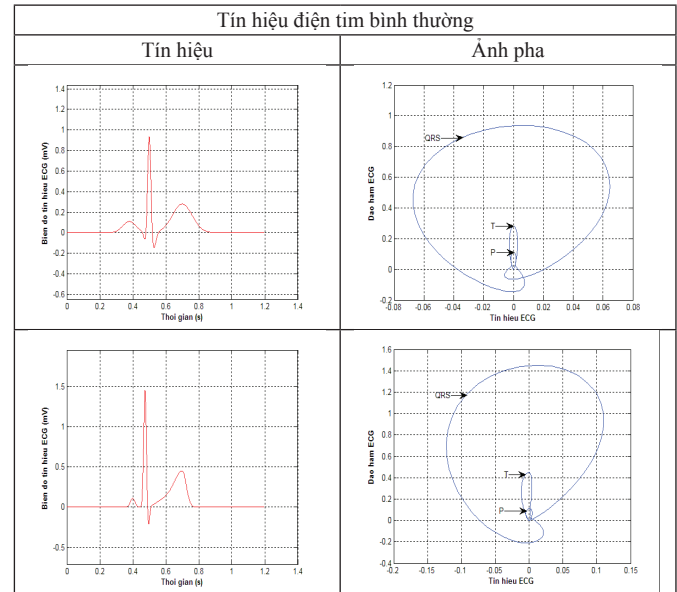
Mỗi chu trình mẫu có giới hạn thời gian của các phân đoạn như sau:

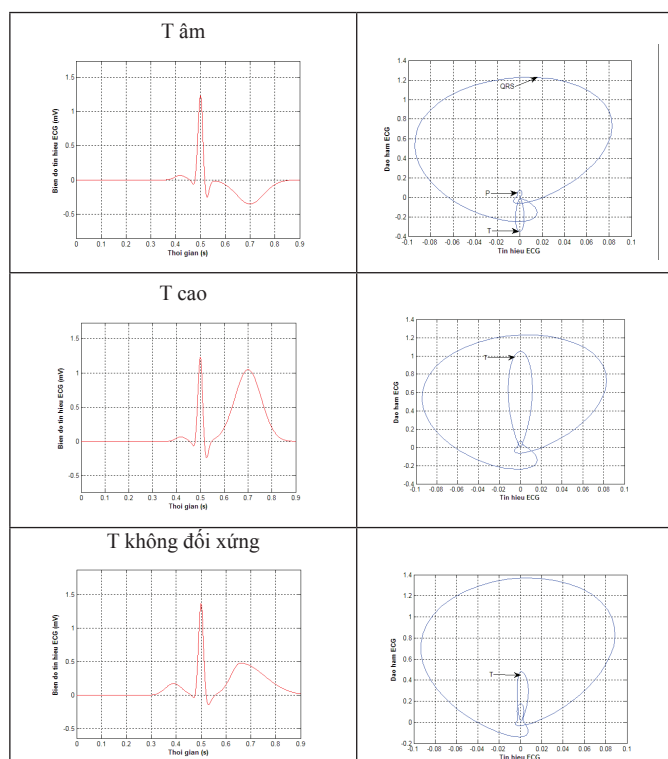
$$0 \leq t_P^1 \leq t_P^2 \leq t_Q^1 \leq t_Q^2 = t_R^1 \leq t_R^2 = t_S^1 \leq t_S^2 = t_{ST}^1 \leq t_{ST}^2 \leq t_T^1 \leq t_T^2 \leq T_0 \quad (10)$$

$T_0$ : độ dài mẫu,  $y_0(t)$ : độ dài một chu trình tim. Giá trị của  $T_0$  được chọn tính theo công thức sau:

$$T_0 = \frac{60.1000}{F_t} \quad (11)$$

Với  $F_t$  là tần số cơ bản của tim được tính bằng số lần đập/phút. Kết quả mô phỏng như sau:





Kết quả mô phỏng cho thấy, mô hình tín hiệu được đề cập là hợp lý và sát thực. Tín hiệu điện tim mô phỏng theo mô hình cho hình dạng các sóng và các tham số gần giống với tín hiệu điện tim thực tế; bằng cách thay đổi các tham số mô hình ta có thể nhận được các tín hiệu đặc trưng cho các trường hợp bệnh lý; ảnh pha của tín hiệu điện tim nhân tạo (tín hiệu mô phỏng) cũng có hình dạng như tín hiệu điện tim thật.

Như vậy, dựa trên kết quả mô phỏng tín hiệu điện tim, vẽ quỹ đạo ảnh pha và xác định các dấu hiệu chẩn đoán phụ ta có thể xây dựng được mô hình và thuật toán tự động chẩn đoán các bệnh tim mạch.

## Kết luận

Bài báo đã đề cập đến một hướng nghiên cứu mới biểu diễn tín hiệu điện tim trong không gian pha. Ảnh pha tín hiệu điện tim cho ta dễ dàng quan sát được

những biến loạn trong các chu trình tim mà nếu ở miền thời gian bằng các phương pháp phân tích truyền thống ta khó hoặc không thể phát hiện được. Để khảo sát tính trung thực của cách tiếp cận biểu diễn tín hiệu trong không gian pha, bài báo đã tập trung nghiên cứu mô phỏng tín hiệu điện tim trên mô hình tổng các hàm Gaus thành phần. Kết quả mô phỏng cho thấy, tín hiệu điện tim nhân tạo và ảnh pha hoàn toàn giống với tín hiệu thực. Hướng nghiên cứu tiếp theo là sẽ mô phỏng nhiều và tham số hoá các chỉ số chẩn đoán bệnh trên các tham số ảnh pha, ứng dụng trong nghiên cứu bệnh nhồi máu cơ tim, xây dựng hệ thống tự động chẩn đoán dựa trên các tham số ảnh pha.

## Tài liệu tham khảo

- [1] H.M. Амосов, Б.Т. Агапов, Ю.В. Паничкин (1972), *Исследование сократительной функции миокарда методом фазовых координат* // Доклады АН СССР, Т.202, №1, С.245-247.
- [2] Л.С. Файнзильберг (2004), *Компьютерный анализ и интерпретация электрокардиограмм в фазовом пространстве* // Системні дослідження та інформаційні технології, №1, С.32-46.
- [3] Л.С. Файнзильберг, Т.Ю. Беклер (2011), *Применение математического моделирования в исследовании нового метода медицинской диагностики* // Вестник Национального технического университета "Харьковский политехнический институт", Тематический выпуск: Информатика и моделирование. - Харьков: НТУ "ХПИ", №17, С.183-188.
- [4] Nguyễn Hải, Nguyễn Việt Anh, Phạm Minh Toàn, Hà Trần Đức (2005), *Công cụ phân tích Wavelet và ứng dụng trong MATLAB*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
- [5] М.В. Абрамов (2010), *Аппроксимации экспонентами временного кардиологического ряда на основе ЭКГ* // Вестник кибернетики. - Тюмень: ИПОС СО РАН, №9, С.85-91.
- [6] Л.С. Файнзильберг (2012), *Технология построения телемедицинской системы на основе генеративной модели порождения искусственной ЭКГ реалистической формы* Клин, Информат. и Телемед, Т.8, Выпуск 9, С.89-98.

# Nghiên cứu chế tạo thiết bị tổng hợp tự động dược chất phóng xạ $^{18}\text{F}$ -FDG dùng cho PET/CT

Vũ Thanh Quang<sup>1\*</sup>, Bùi Thanh Rin<sup>1</sup>, Nguyễn Mạnh Cường<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trung tâm Máy gia tốc 30MeV, Bệnh viện Trung ương Quân đội 108

<sup>2</sup>Học viện Kỹ thuật Quân sự

Ngày nhận bài 22/3/2016, ngày chuyển phản biện 25/3/2016, ngày nhận phản biện 20/4/2016, ngày chấp nhận đăng 23/5/2016

2-fluorine-2-deoxy-d-glucose ( $^{18}\text{F}$ -FDG) là dược chất phóng xạ được sử dụng cho kỹ thuật chụp hình cắt lớp bức xạ positron (Positron Emission Tomography/Computed Tomography - PET/CT). Hình ảnh PET/CT thu được cho phép chẩn đoán sớm các bệnh lý liên quan đến ung thư, tim mạch, thần kinh. Để phục vụ việc chẩn đoán sớm các bệnh lý nêu trên, nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu thiết kế, chế tạo module tổng hợp tự động  $^{18}\text{F}$ -FDG với các đặc tính: dễ tháo lắp, hoàn toàn tự động trong cả quá trình tổng hợp và tinh chế; sản phẩm cuối cùng đạt tiêu chuẩn thuốc tiêm theo Dược điển Anh 2005.

**Từ khóa:**  $^{18}\text{F}$ -FDG, module, PET/CT, tổng hợp tự động.

**Chỉ số phân loại** 2.6

## Manufacturing an automated module of synthesising $^{18}\text{F}$ -FDG radiopharmaceutical for PET/CT

Summary

2-fluorine-2-deoxy-d-glucose ( $^{18}\text{F}$ -FDG) is a radiopharmaceutical used for Positron Emission Tomography/Computed Tomography - PET/CT imaging. The obtained PET/CT imaging helps for early diagnosis of diseases related to cancer, cardiovascular, nervous. In this study, the authors have researched and constructed a full automatic  $^{18}\text{F}$ -FDG synthesis module with characteristics as: easy setup, full automation during synthesis and purification, and the final product satisfying the standard of injection drugs under British Pharmacopoeia 2005.

**Keywords:** automated module,  $^{18}\text{F}$ -FDG, PET/CT, synthesis.

**Classification number** 2.6

## Đặt vấn đề

2-fluorine-2-deoxy-d-glucose ( $^{18}\text{F}$ -FDG) là dược chất phóng xạ được sử dụng cho kỹ thuật chụp hình cắt lớp bức xạ positron (Positron Emission Tomography - PET). Hình ảnh PET thu được cho phép chẩn đoán sớm các bệnh lý liên quan đến ung thư, tim mạch, thần kinh, giúp nâng cao khả năng cứu chữa người bệnh [1]. Quá trình sản xuất  $^{18}\text{F}$ -FDG bao gồm các giai đoạn chính: chiếu xạ bia nước giàu oxygen-18 bằng chùm proton đã được gia tốc tạo ra  $^{18}\text{F}$ ; tổng hợp  $^{18}\text{F}$ -FDG từ tiền chất Manotriplate; kiểm nghiệm dược chất  $^{18}\text{F}$ -FDG theo yêu cầu của Dược điển. Việc tổng hợp  $^{18}\text{F}$ -FDG được thực hiện bởi các module điều khiển tự động. Mỗi hãng thiết kế, chế tạo một loại module riêng, khác nhau về phần cứng và phần mềm. Hiện tại, ở Việt Nam đang sử dụng các module tổng hợp của các hãng nước ngoài như: Synthera (IBA, Bỉ), GE MS TraceLab FX (GE, Mỹ), Explora (Siemens Healthcare), Synthera-KIRAMS (Hàn Quốc). Để sản xuất thường quy  $^{18}\text{F}$ -FDG được thuận lợi, chủ động hơn, chúng tôi tiến hành nghiên cứu thiết kế, chế tạo module tổng hợp tự động  $^{18}\text{F}$ -FDG với các đặc tính: dễ tháo lắp, hoàn toàn tự động trong cả quá trình tổng hợp và tinh chế, hiệu suất cao, sản phẩm cuối cùng đạt tiêu chuẩn thuốc tiêm theo Dược điển Anh 2005.

## Nội dung nghiên cứu

### Nguyên lý tổng hợp $^{18}\text{F}$ -FDG bằng phương pháp ái nhân

Quá trình tổng hợp  $^{18}\text{F}$ -FDG gồm 4 bước như sau:

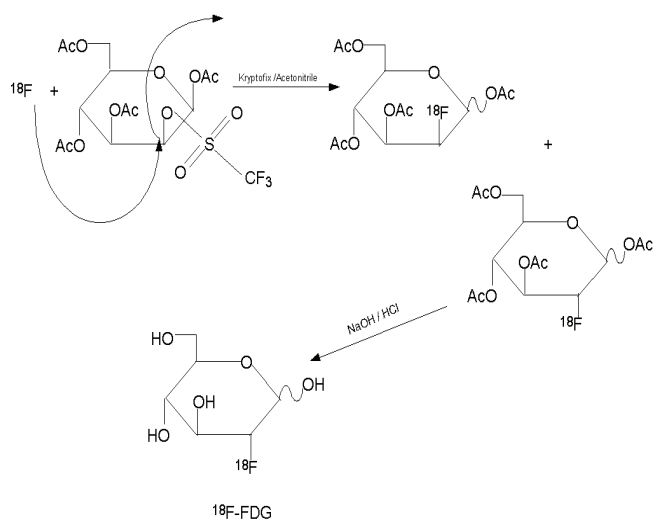
Bước 1: bắn bia nước giàu oxygen-18 bằng chùm proton đã được gia tốc để tạo ra  $^{18}\text{F}$  theo phản ứng:  $^{18}\text{O}(\text{p},\text{n})^{18}\text{F}$ .

\*Tác giả liên hệ: Tel: 0982931360

Bước 2: tách  $^{18}\text{F}$  khỏi nước giàu oxygen-18 chưa phản ứng và các nhân kim loại phóng xạ khác nhờ cột trao đổi anion QMA (Quaternary Ammonium Anion). Tại đây,  $^{18}\text{F}$  được giữ lại trên cột,  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  và các cation đi tự do qua cột vào bình thu hồi. Sau đó,  $^{18}\text{F}$  được rửa giải khỏi cột QMA bằng dung dịch acetonitrile + Kryptopix 2.2.2 +  $\text{K}_2\text{CO}_3$  và được đưa vào bình phản ứng.

Bước 3: tổng hợp  $^{18}\text{F}$ -FDG được thực hiện khi làm khan hóa dung dịch chứa  $^{18}\text{F} + \text{H}_2^{18}\text{O} + \text{Kryptofix 2.2.2}$  bởi sự đun bay hơi acetonitrile và thổi khí He. Sau đó thêm tiền chất manotriflate và thủy phân nhóm acetyl của hợp chất trung gian. Trong giai đoạn này, nhân  $^{18}\text{F}$  tấn công và thay thế nhóm triflate ở vị trí carbon số 2 của manotriflate không được bảo vệ bởi các nhóm acetyl như các vị trí 1, 3, 4, 6. Liên kết este của các nhóm acetyl tại các vị trí này dễ dàng bị bẻ gãy ở pH quá cao hoặc quá thấp khi sử dụng tác nhân thủy phân là NaOH hoặc HCl (hình 1). Tổng hợp  $^{18}\text{F}$ -FDG theo phương pháp thế ái nhân từ tiền chất manotriflate.

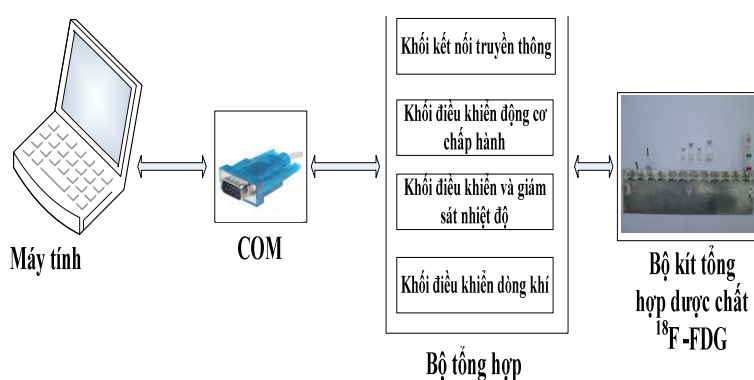
Bước 4: tinh chế  $^{18}\text{F}$ -FDG là khâu cuối cùng quyết định chất lượng của sản phẩm. Khâu này được thực hiện bởi một dãy 3 cột trao đổi anion là SCX, alumina và C-18. Cột thứ nhất giữ lại NaOH dư, cột alumina giữ lại  $^{18}\text{F}$  và cột C-18 giữ lại sản phẩm chứa nhóm acetyl chưa thủy phân.  $^{18}\text{F}$ -FDG tinh khiết hóa học  $\geq 95\%$  là sản phẩm cuối cùng. Hiệu suất của toàn bộ quá trình tổng hợp đạt 55-65%.



Hình 1: tổng hợp  $^{18}\text{F}$ -FDG theo phương pháp thế ái nhân từ manotriflate [2]

### Module tổng hợp tự động $^{18}\text{F}$ -FDG

Module tổng hợp tự động  $^{18}\text{F}$ -FDG được trình bày ở hình 2.

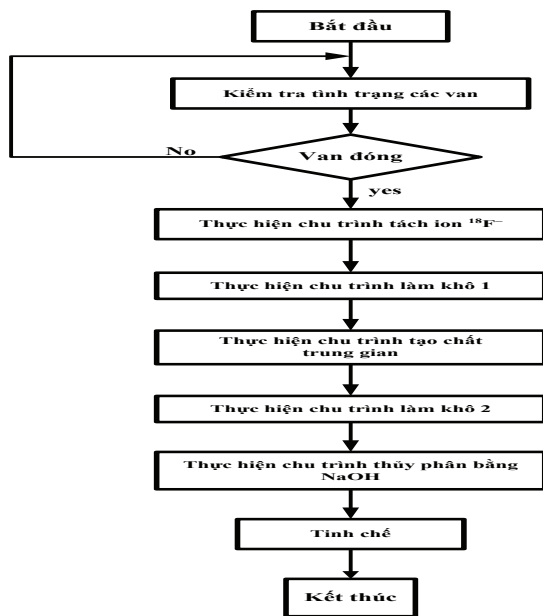


Hình 2: sơ đồ khối thiết bị tổng hợp tự động  $^{18}\text{F}$ -FDG

Theo đó máy tính được cài đặt phần mềm lập trình bằng công cụ Labview điều khiển bộ tổng hợp thông qua chuẩn truyền thông RS232-COM [3]. Bộ tổng hợp bao gồm các mạch truyền thông với máy tính, các mạch điều khiển các động cơ chấp hành để đóng - mở các van, điều khiển các bơm hút chân không, các mạch điều khiển và giám sát nhiệt độ của quá trình phản ứng, mạch điều khiển các dòng khí He, khí nén. Bộ kit dùng trong tổng hợp  $^{18}\text{F}$ -FDG được thiết kế chuyên biệt, thành phần chủ yếu là ống nhựa PE, các van 2, 3 chiều, màng lọc 0,22  $\mu\text{m}$  và Sep-Pak® Light Accell Plus QMA cartridge, cột sắc ký SCX,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , và C18. Bộ kit được vô trùng và dùng một lần để đảm bảo cho sản phẩm cuối cùng đạt các tiêu chuẩn của thuốc tiêm. Các hóa chất dùng cho tổng hợp  $^{18}\text{F}$ -FDG gồm: nước giàu oxy  $\text{H}_2^{18}\text{O}$ , tiền chất mannose triflate (1,3,4,6-Tetra-O-acetyl-2-O-trifluoromethanesulfonyl-beta-D-mannopyranose), Kryptofix<sup>(R)</sup> 2.2.2 (aminopolyether), acetonitrile, ethanol, dung dịch sodium bicarbonate, dung dịch NaOH 1N, nước cất..., tất cả các hóa chất đều đạt độ tinh khiết cho sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC), khí He 999999,  $\text{H}_2$  và khí nén.

### Kết quả và thảo luận

Việc tổng hợp  $^{18}\text{F}$ -FDG được thực hiện trên module chế tạo theo sơ đồ hình 4 và điều khiển tự động theo sơ đồ thuật toán hình 3.



Hình 3: lưu đồ thuật toán điều khiển tổng hợp tự động  $^{18}\text{F}$ -FDG

### Lưu đồ thuật toán điều khiển module tổng hợp $^{18}\text{F}$ -FDG

Hình 3 cho thấy, khi bắt đầu vào hoạt động, hệ thống sẽ kiểm tra tình trạng các van, các van có đóng đúng vị trí hay không. Van đóng không đúng sẽ thực hiện kiểm tra lại. Van đóng đúng sẽ thực hiện các chu trình tiếp theo. Các chu trình sẽ thực hiện tuần tự và trong một thời gian nhất định.

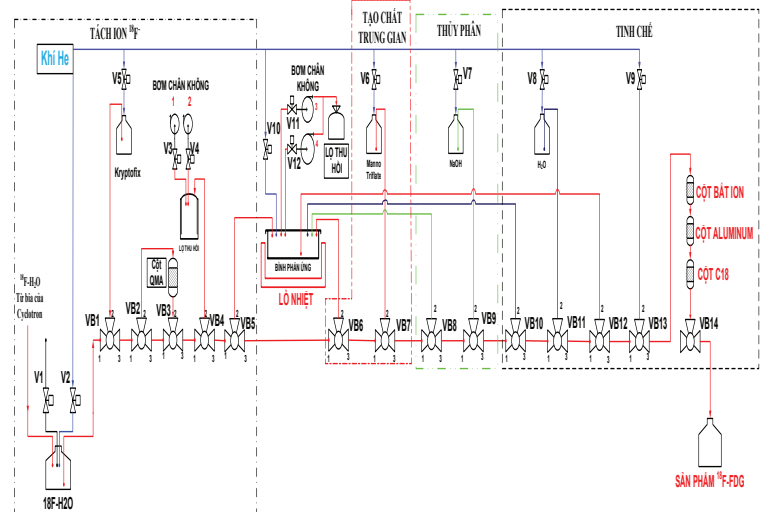
#### Quá trình điều khiển tổng hợp tự động $^{18}\text{F}$ -FDG

Hình 4 là sơ đồ cấu tạo module tổng hợp tự động  $^{18}\text{F}$ -FDG gồm 4 khối nối tiếp, thực hiện 6 bước theo thuật toán điều khiển quá trình tổng hợp.

##### Bước 1: thực hiện chu trình tách ion $^{18}\text{F}$

$^{18}\text{F}$  được tạo thành từ phản ứng  $^{18}\text{O}(\text{p},\text{n})^{18}\text{F}$  sẽ được đẩy vào bình chứa  $^{18}\text{F}\text{-H}_2\text{O}$ . Dung dịch này được đẩy qua cột QMA khi: các van V1, V2 đóng; van VB1 nối thông vị trí 1 với 3; van VB2 nối thông vị trí 1 với 2; van VB3 nối thông vị trí 2 với 3; van VB4 nối thông vị trí 1 với 2; van V3, V4 mở. Dòng khí He được đưa qua van V2 để đẩy dung dịch trong bình chứa  $^{18}\text{F}\text{-H}_2\text{O}$ , đồng thời bơm hút chân không 1 và 2 được bật để tạo ra dòng đi qua cột QMA. Nước giàu oxygen-18 sau khi qua cột QMA sẽ được chứa ở lọ thu hồi. Rửa giải ion  $^{18}\text{F}^-$  từ cột QMA đưa vào bình phản ứng khi: các van V1, V2 đóng, bơm hút chân không 1 và 2 được tắt; van VB1 nối thông vị trí 2 với 3; van VB2 nối thông vị

trí 1 với 2; van VB3 nối thông vị trí 2 với 3; van VB4 nối thông vị trí 1 với 3; van VB5 nối thông vị trí 1 với 2; van V5 được mở để dòng khí He đẩy dung dịch kryptofix đi vào QMA tới bình phản ứng, đồng thời bơm hút chân không 3 và 4 tại bình phản ứng được bật để cân bằng áp suất trong bình phản ứng.



Hình 4: sơ đồ cấu tạo thiết bị tổng hợp tự động  $^{18}\text{F}$ -FDG

##### Bước 2: thực hiện chu trình làm khan hóa 1

Bật bếp đốt nóng bình phản ứng, duy trì nhiệt độ khoảng  $95\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Sục khí He vào bình phản ứng bằng cách mở van V9, van VB13 nối thông vị trí 1 với 2, van VB12 nối thông vị trí 2 với 3; van V11 và V12 mở, đồng thời bật bơm hút khí. Thời gian của bước này là  $12\pm 0,1$  phút.

##### Bước 3: thực hiện chu trình tạo chất trung gian bằng phản ứng thế ái nhân

Tạo chất trung gian bằng cách cho dung dịch mannose triflate vào bình phản ứng. Van V6 mở, van VB6 nối thông vị trí 2 với 3, van VB7 nối thông vị trí 1 với 2 để dòng khí He đẩy dung dịch vào bình phản ứng, đồng thời bật bơm hút chân không 3 và 4, mở các van V11 và V12. Sau khi dung dịch đã vào hết bình phản ứng van V6 đóng, VB6, VB7 đóng về vị trí cách ly với bình phản ứng. Bình phản ứng được duy trì nhiệt độ khoảng  $85\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Thời gian của bước này khoảng  $3\pm 0,1$  phút.

##### Bước 4: thực hiện chu trình làm khan hóa 2

Tiến hành sục khí He qua van V9 mở, van VB12 nối thông vị trí 2 với 3, van VB13 nối thông vị trí 1 với 2, van V11 và V12 mở, đồng thời bật bơm hút chân

không 3 và 4. Nhiệt độ bình phản ứng được duy trì khoảng  $75 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . Thời gian cần cho bước này khoảng  $5 \pm 0,1$  phút.

*Bước 5: thực hiện chu trình thủy phân bằng NaOH*

Cho dung dịch NaOH vào bình phản ứng bằng cách mở van V7, V11 và đẩy dung dịch bằng khí He. Khi dung dịch đã vào bình phản ứng van V7, van VB8 nối thông vị trí 2 với 3, van VB9 nối thông vị trí 1 với 2, van V11 và V12 mở, đồng thời bật bơm hút chân không 3 và 4. Mở van V9, van VB12 nối thông vị trí 2 và 3, van VB13 nối thông vị trí 1 và 2 để sục khí He trộn đều dung dịch. Nhiệt độ duy trì tại bình phản ứng khoảng  $50 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . Thời gian của bước này khoảng  $4 \pm 0,1$  phút.

*Bước 6: tinh chế sản phẩm cuối cùng*

Đây là bước lấy sản phẩm  $^{18}\text{F}$ -FDG từ bình phản ứng. Mở van V8, van VB10 nối thông vị trí 2 với 3, van VB11 nối thông vị trí 1 với 2 để dòng khí He đẩy nước tinh khiết vào bình phản ứng, đồng thời bật bơm hút chân không 3 và 4. Khi nước tinh khiết đã vào hết trong bình phản ứng thì đóng van V8, van VB11 và VB12 chuyển về vị trí cách ly với bình phản ứng, tắt bơm hút chân không 3 và 4. Sau đó, van VB12 mở nối thông vị trí 2 với 3, van VB13 mở nối thông vị trí 1 với 3. Van V10 mở cho dòng khí He vào bình phản ứng để đẩy dung dịch trong bình phản ứng qua các cột tinh chế. Sản phẩm sau khi đi qua các cột tinh chế là  $^{18}\text{F}$ -FDG tinh khiết.

**Đặc tính của thiết bị và chất lượng sản phẩm  $^{18}\text{F}$ -FDG**

Module này đã được thử nghiệm và cho kết quả ổn định như sau: tổng thời gian tổng hợp  $28 \pm 0,1$  phút; hiệu suất tổng hợp  $55 \pm 5\%$ . Sản phẩm  $^{18}\text{F}$ -FDG được kiểm nghiệm thỏa mãn yêu cầu của Dược điển Anh 2005 như sau:

Độ tinh khiết hóa phóng xạ được thực hiện trên HPLC, peak chính trên phổ phóng xạ của mẫu  $^{18}\text{F}$ -FDG có thời gian lưu tương ứng với  $^{18}\text{F}$ -FDG chuẩn và có hoạt độ phóng xạ chiếm 97,2% liên quan tới đỉnh  $^{18}\text{F}$ . Độ tinh khiết hạt nhân được đo trên phổ kế gamma. Thời gian bán rã được đo bằng máy Curimenter 4, kết quả trung bình trên mẫu là 108,7 phút, các tiêu chí này đều đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn của Dược điển Anh 2005.

Bảng 1: kết quả kiểm nghiệm mẫu  $^{18}\text{F}$ -FDG

| Test                                                   | Tiêu chuẩn của Dược điển Anh 2005 | Kết quả trung bình              |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Cảm quan                                               | Dung dịch trong suốt, không màu   | Dung dịch trong suốt, không màu |
| pH                                                     | 5-8,5                             | $7,5 \pm 0,5$                   |
| Nhận diện hạt nhân phóng xạ                            | 511 keV và có thể 1022 keV        | $511 \pm 5$ keV                 |
| Độ tinh khiết hóa phóng xạ                             | $\geq 95,0\%$                     | $97,2 \pm 0,6\%$                |
| Độ tinh khiết nhân phóng xạ ( $T_{1/2}$ ) <sup>B</sup> | $105 \div 115'$                   | $108,7 \pm 0,9$ phút            |
| Độ tinh khiết nhân phóng xạ <sup>A</sup>               | $\geq 95\%$                       | $\geq 98,3\%$                   |
| Độ vô khuẩn                                            | Vô khuẩn                          | Vô khuẩn                        |
| Kryptofix 222                                          | Âm tính                           | Âm tính                         |
| Dư lượng dung môi ethanol dư                           | $\leq 5$ mg/ml                    | $0,685$ mg/ml $\pm 5\%$         |

## Kết luận

Module tổng hợp tự động  $^{18}\text{F}$ -FDG được thiết kế, chế tạo dựa trên nguyên lý tổng hợp  $^{18}\text{F}$ -FDG theo phương pháp ái nhân. Module bao gồm phần mềm được lập trình bằng công cụ Labview điều khiển phần cứng qua chuẩn truyền thông RS232-COM. Phần cứng gồm hộp module chứa bo mạch điều khiển truyền thông, động cơ, nhiệt độ và khí nén. Bộ kit được thiết kế 1 hàng gồm các phần tử nối tiếp nhau, thực hiện lần lượt các lệnh điều khiển quá trình tổng hợp  $^{18}\text{F}$ -FDG. Kết quả thực nghiệm chỉ ra rằng, module dễ lắp đặt, thao tác, hoạt động ổn định; các lệnh điều khiển dòng lỏng, khí nén, nhiệt độ được thực hiện chính xác. Sai số điều khiển nhiệt độ là  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ; sai số thời gian lưu là  $\pm 0,1$  phút; thời gian tổng hợp 1 mẻ  $^{18}\text{F}$ -FDG là  $28 \pm 0,1$  phút; hiệu suất tổng hợp  $55 \pm 5\%$  đã căn chỉnh bán rã. Sản phẩm  $^{18}\text{F}$ -FDG đạt các tiêu chuẩn kiểm nghiệm của Dược điển Anh 2005.

## Tài liệu tham khảo

[1] R.L. Wahl (2002), *Principles of cancer imaging with fluorodeoxyglucose*. In: R.L. Wahl and J.W. Buchanan, Editors, Principles and Practice of Positron Emission Tomography, Williams & Wilkins, Lippincott.

[2] S. Yu (2006), *Review of  $^{18}\text{F}$ -FDG Synthesis and Quality Control*, Biomed Imaging Interv J.

[3] Lab VIEW Basics II Course Manual. Aped ulpa solestis

# Nghiên cứu chế tạo vật liệu hydrogel bằng phương pháp chiếu xạ ứng dụng xử lý chất thải trong chăn nuôi

Lê Quang Luân\*

Trung tâm Công nghệ Sinh học Tp Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 10/12/2015, ngày chuyển phản biện 14/12/2015, ngày nhận phản biện 29/2/2016, ngày chấp nhận đăng 4/3/2016

Vật liệu hydrogel siêu hấp thụ nước đã được nghiên cứu chế tạo bằng phương pháp ghép mạch bức xạ từ hỗn hợp các polymer: tinh bột, CMC và alginate với acid acrylic (AAc) theo tỷ lệ 10% polymer và 20% AAc trong nước (w/v). Vật liệu hydrogel chế tạo từ tinh bột/AAc bằng phương pháp chiếu xạ tại liều xạ 4 kGy với hàm lượng gel ~65,4% và độ trương nước ~234 lần là loại vật liệu phù hợp cho hấp thụ chất lỏng từ phân gia súc. Bổ sung hydrogel chế tạo được vào phân bò có xử lý nấm *Tricoderma* đã làm gia tăng ~5% hiệu quả phân hủy cellulose sau 45 ngày ủ. Phương thức bổ sung có hiệu quả nhất được xác định là trộn hydrogel với tỷ lệ 1% (w/w) vào khối phân. Sản phẩm phân hữu cơ sau khi lên men từ phân bò có bổ sung hydrogel đã có tác dụng tăng trưởng tốt khi bón cho cây rau cải thảo (*Brassica Pe-tsai Bailey L.*).

**Từ khóa:** acid acrylic, chiếu xạ, hydrogel, phân hữu cơ, tinh bột sắn.

**Chỉ số phân loại** 2.7

## Study on preparation of hydrogel by radiation processing for applying in treatment of livestock waste

Summary

The super water-adsorption hydrogels were prepared by radiation grafting of the polymer mixture of starch, CMC and alginate with acrylic acid (AAc) in ratio of 10% polymer and 20% AAc in water (w/v). The hydrogel with a gel fraction of ~65.4% and a water swelling degree of ~234 (g H<sub>2</sub>O/g gel) prepared by radiation grafting of AAc onto starch at 4 kGy was suitable for adsorption of liquid part in cattle waste. The supplementation of the above hydrogel into the cow manure treated with *Tricoderma* increased the degradation yield of cellulose by ~5% after 45 days incubation. The optimum condition for supplementation of the hydrogel was determined by mixing 1% dried hydrogel with cattle waste. The fermented product using the hydrogel showed a better effect on the growth and development of the tested Chinese cabbage (*Brassica Pe-tsai Bailey L.*).

**Keywords:** acrylic acid, cassava starch, hydrogel, organic fertilizer, radiation.

**Classification number** 2.7

## Đặt vấn đề

Là một nước nông nghiệp, chăn nuôi đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế nước ta. Bên cạnh những lợi nhuận mà ngành chăn nuôi mang lại thì vấn đề xử lý chất thải chăn nuôi, đặc biệt là chất thải lỏng đang là mối quan tâm lớn hiện nay. Mặt khác, vấn đề phát triển chăn nuôi gia súc bền vững nhằm gia tăng lợi ích kinh tế cho người nông dân và bảo vệ môi trường sống cũng đang được quan tâm. Hiện nay, việc xử lý loại chất thải này chủ yếu theo các phương pháp truyền thống và hầu như chưa có phương án nào xử lý một cách triệt để nhằm tận dụng hết nguồn dinh dưỡng dạng lỏng vốn rất dễ thất thoát và gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng [1]. Mặt khác, vật liệu hydrogel được biết đến như là một chất siêu hấp thụ nước được chế tạo một cách đơn giản bằng kỹ thuật bức xạ từ nhiều loại polymer và các monomer có nhóm chức khác nhau [2-7]. Cho đến nay, vật liệu này đã được nghiên cứu và ứng dụng cho nhiều mục đích khác nhau như: cố định vi sinh vật, dinh dưỡng và hoạt chất sinh học, làm màng chữa bỏng, giữ ẩm trong nông nghiệp... [6-7]. Tuy nhiên, hiện nay vẫn chưa có công trình nào ứng dụng hydrogel cho mục đích xử lý chất thải trong chăn nuôi. Chính vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là ứng dụng hydrogel có khả năng hấp thụ nước cao nhằm điều hòa độ ẩm và gia tăng hiệu suất phân hủy cellulose trong chất

\*Email: lequangluan@gmail.com

thải chăn nuôi, đồng thời giảm thiểu quá trình thất thoát chất thải lỏng vốn là tác nhân gây ô nhiễm môi trường.

## Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

### Vật liệu

Vật liệu sử dụng để chế tạo hydrogel là alginate, carboxymethyl cellulose (CMC) (Daicel Co., Nhật Bản); acid acrylic (AAc) (Merck, Đức); tinh bột sắn (sản xuất tại Việt Nam); dung dịch nấm *Tricoderma* và phân bò tươi có độ ẩm ban đầu ~ 85% do Bộ môn Công nghệ sinh học, Trường Đại học Nông lâm Tp Hồ Chí Minh cung cấp. Hạt giống cải thảo có tên khoa học là *Brassica Pe-tsai* Bailey L. do Công ty Trang Nông cung cấp. Đất sạch Tribat do Công ty TNHH Công nghệ sinh học Sài Gòn Xanh cung cấp.

### Chuẩn bị mẫu và chiếu xạ để chế tạo các mẫu hydrogel

Bột alginate và CMC được ngâm trương hoàn toàn trong nước cất qua đêm, tinh bột được hồ hóa bằng dung dịch KOH. Phối trộn hỗn hợp bột đã chuẩn bị với dung dịch AAc để đạt nồng độ cuối cùng là 10% polymer (w/v), 20% AAc (w/v) trong nước. Hỗn hợp trên được cho vào túi polyethylene rồi tiến hành chiếu xạ trên nguồn gamma Co-60 tại Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ ở khoảng liều 4-25 kGy. Sấy khô mẫu ở nhiệt độ 50°C để thu nhận hydrogel khô.

### Xác định các đặc trưng của hydrogel chế tạo được

Lấy một lượng mẫu hydrogel khô ( $M_0$ ) ngâm trương hoàn toàn trong nước cất, cân xác định khối lượng trương ( $M_1$ ). Sau đó lọc qua lưới thép không gỉ có kích thước 100 mesh nhằm loại nước tự do và phần gel tan, sấy khô, xác định khối lượng phần gel không tan ( $M_2$ ). Hàm lượng gel và độ trương nước bão hòa được xác định theo các công thức sau:

$$\text{Hàm lượng gel (\%)} = \frac{M_2}{M_0} \times 100\%$$

$$\text{Độ trương} \left( \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{g gel}} \right) = \frac{(M_1 - M_0)}{M_0}$$

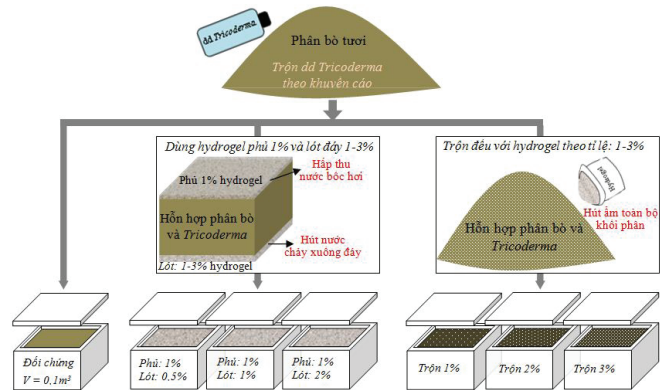
### Khảo sát hiệu suất phân hủy cellulose trong phân

Hỗn hợp phân bò lên men sử dụng nấm *Tricoderma* được bổ sung hydrogel bằng cách phủ 1% (w/w) trên bề mặt, lót 1-3% (w/w) dưới đáy thùng và trộn đều 1-3% vào khối phân (hình 1). Hiệu suất phân hủy cellulose được xác định sau 15, 30 và 45 ngày ủ theo nguyên tắc

hòa tan bằng acid và kiềm [8]. Tỷ lệ cellulose bị phân hủy được tính theo công thức sau:

$$H\% = \frac{m_0 \times a - m}{m_0 \times a} \times 100\%$$

Trong đó: H là tỷ lệ cellulose bị phân hủy, m là khối lượng cellulose còn lại,  $m_0$  là khối lượng mẫu ban đầu, a là tỷ lệ chất khô.



Hình 1: mô hình thí nghiệm khảo sát hiệu suất xử lý phân bón sử dụng hydrogel

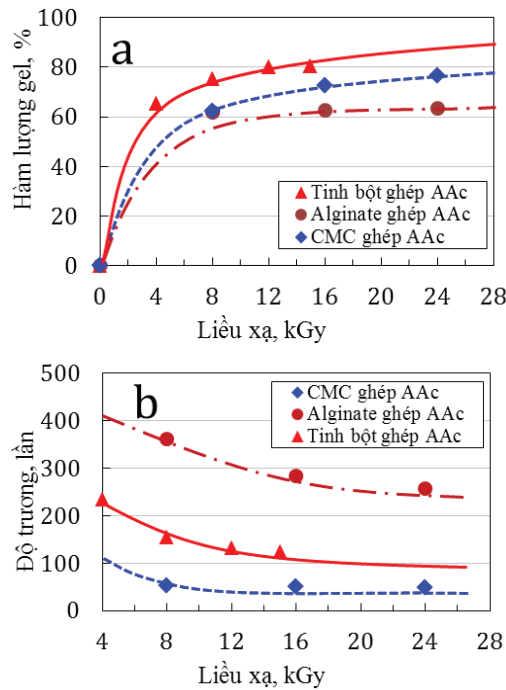
### Khảo sát hiệu ứng của phân đã xử lý lên sự sinh trưởng và phát triển của cây rau

Cây cải thảo 4 ngày tuổi được trồng trong chậu sử dụng giá thể xơ dừa trộn 50% phân lên men. Đối chứng là cây rau trồng trong đất sạch Tribat. Các chỉ tiêu về chiều cao cây, chiều dài rễ, sinh khối tươi và hàm lượng chất khô của cây rau thí nghiệm được xác định sau 14 ngày trồng.

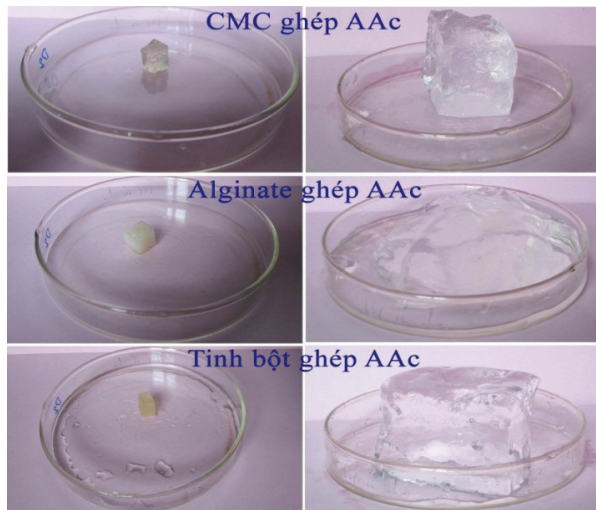
### Kết quả và thảo luận

#### Chế tạo và xác định các đặc trưng của hydrogel chế tạo được

Nhiều nghiên cứu trước đây về quá trình ghép AAc lên tinh bột đã chỉ ra rằng, hàm lượng ghép giữa tinh bột và AAc phụ thuộc và tỷ lệ phối trộn và đạt giá trị tối ưu ở tỷ lệ tinh bột/AAc là 1/2 (w/v) [2-4]. Bên cạnh đó, các nghiên cứu khác cũng chỉ ra rằng, đối với quá trình ghép mạch bức xạ thì trong khoảng liều 5-10 kGy, hàm lượng ghép của mẫu tăng mạnh, sau đó gần như không đổi ở các liều xạ cao hơn [3, 5-7]. Chính vì vậy, tỷ lệ tinh bột/AAc là 1/2 (w/v) và liều xạ là 4-16 kGy được lựa chọn để chế tạo hydrogel trong nghiên cứu này. Bên cạnh đó, CMC và alginate cũng được phối trộn với tỷ lệ như đối với tinh bột và được chiếu xạ ở dải liều 8-25 kGy. Kết quả về hàm lượng gel và độ trương của các loại hydrogel chế tạo ở các liều xạ khác nhau được trình bày ở hình 2.



Hình 2: hàm lượng gel (a) và độ trương (b) của các hydrogel ghép mạch bức xạ ở các liều xạ khác nhau



Hình 3: các mẫu hydrogel trước (bên trái) và sau khi trương nước (bên phải)

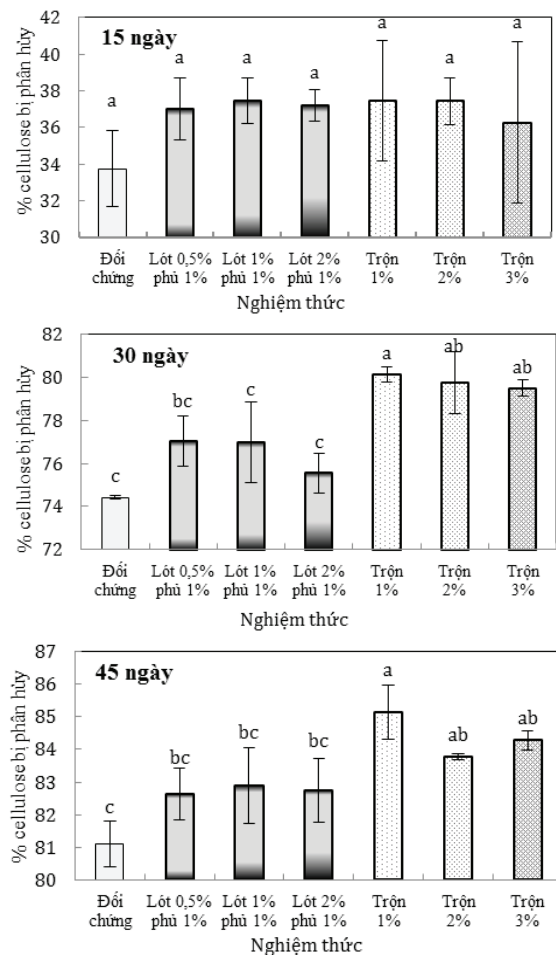
Kết quả về hàm lượng gel trên hình 2a đối với 3 loại hydrogel đã chế tạo được cho thấy, hàm lượng gel của mẫu tăng mạnh ở liều thấp dưới 8 kGy và tăng nhẹ ở khoảng liều cao hơn. Điều này được giải thích là do sự cản trở khả năng khuếch tán của các phân tử AAc lên mạch chính bởi phản ứng đặc dần, đồng thời xảy ra phản ứng khâu mạch giữa các đoạn AAc hình thành các polyAAc có trọng lượng phân tử lớn khi chiếu xạ ở liều cao. Hàm lượng gel của mẫu hydrogel chế tạo từ tinh bột ở dải liều 4-16 kGy tăng từ 64,4-80,6% và cao hơn hẳn so với các mẫu hydrogel chế tạo ở dải liều 8-25 kGy từ CMC (62,1-76,5%) và alginate (61,8-

63,5%).

Cũng từ kết quả ở hình 2b và hình 3 cho thấy, độ trương của hydrogel chế tạo từ CMC là thấp nhất, trong khi đó độ trương của hydrogel chế tạo từ alginate là cao nhất. Hydrogel chế tạo từ CMC ghép AAc có độ trương từ 48 đến 52 lần, có đặc tính chắc và giòn, trong khi đó hydrogel chế tạo từ alginate lại có độ trương cao nhưng không có được kết cấu tốt, mềm và nhão. Hydrogel từ tinh bột ghép AAc ở liều xạ 4 kGy có độ trương cao (234 lần) và có khả năng giữ nước tốt, là loại vật liệu phù hợp cho mục đích điều hòa độ ẩm của phân bón trong quá trình lên men bằng *Tricoderma*.

### Hiệu suất phân hủy cellulose trong phân sử dụng hydrogel

Kết quả về hiệu suất phân hủy cellulose sau 15, 30 và 45 ngày được trình bày ở hình 4 cho thấy hydrogel đã hỗ trợ tốt cho quá trình lên men phân bón và được thể hiện qua việc gia tăng hiệu quả phân hủy cellulose, đặc biệt là ở nhóm thí nghiệm trộn đều hydrogel vào phân.



Hình 4: hiệu suất phân hủy cellulose trong phân có bổ sung hydrogel sau 15, 30 và 45 ngày. Các ký tự chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ( $P < 0,05$ )

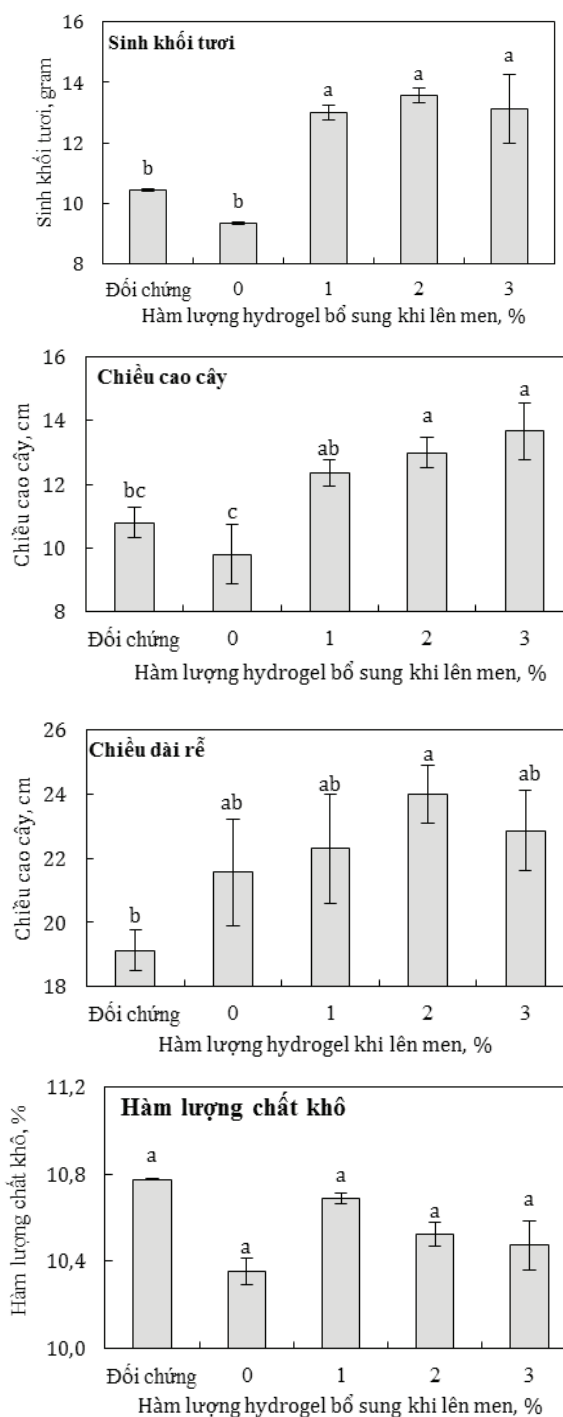
Sau 15 ngày lên men, hàm lượng cellulose bị phân hủy ở các nghiệm thức thí nghiệm là 36,4-37,5% và đều cao hơn đối chứng không bổ sung hydrogel (33,7%), tuy nhiên chưa có ý nghĩa thống kê do thời gian lên men ngắn.

Sau 30 ngày ủ, hàm lượng cellulose bị phân hủy ở các lô bổ sung hydrogel theo phương pháp lót và phủ là 75,5-77%, trong khi đó ở các lô bổ sung hydrogel theo phương pháp trộn đều là 79,5-80,1% và nghiệm thức đối chứng là 74,4%. Kết quả khác biệt có ý nghĩa thống kê nhận được là ở nhóm các nghiệm thức trộn hydrogel vào khối phân.

Sau 45 ngày lên men, lượng cellulose trong phân bò đã được phân hủy gần như hoàn toàn và đạt hơn 81% ở nghiệm thức đối chứng không sử dụng hydrogel. Hiệu suất phân hủy của các nghiệm thức ở nhóm lót và phủ cao hơn đối chứng ~2%, trong khi đó kết quả của các nghiệm thức thuộc nhóm trộn cao hơn đối chứng ~4-5%. Điều này được giải thích là việc trộn đều hydrogel vào khối phân có tác dụng điều hòa độ ẩm của toàn bộ khối cơ chất, giúp cho hoạt động lên men của *Tricoderma* đạt hiệu quả cao hơn. Như vậy, các nghiệm thức xử lý cho hiệu quả cao nhất đã xác định được ở nghiệm thức trộn đều hydrogel với khối phân. Sản phẩm của các nghiệm thức này sau 45 ngày lên men được sử dụng cho nghiên cứu tiếp theo.

#### **Hiệu ứng của phân đã xử lý lên sự sinh trưởng và phát triển của cây rau**

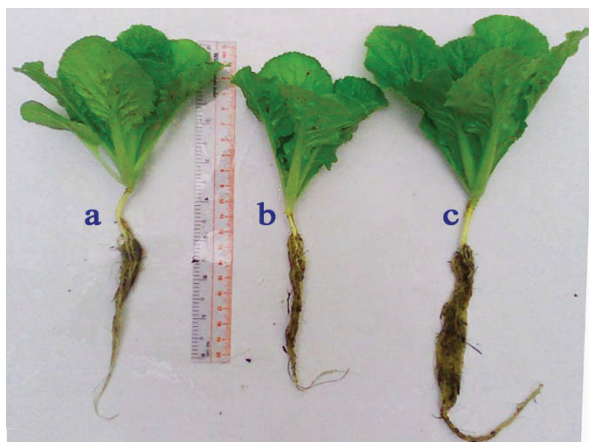
Các sản phẩm phân sau khi ủ 45 ngày có bổ sung hydrogel được sử dụng bằng cách phối trộn cùng với giá thể xơ dừa để trồng rau cải thảo và đối chứng là đất sạch Tribat. Sau 14 ngày trồng và theo dõi, các chỉ tiêu về chiều cao cây, chiều dài rễ, sinh khối tươi và hàm lượng chất khô của cây rau được trình bày trên hình 5. Kết quả nhận được từ hình 5 cho thấy, việc sử dụng phân ủ lên men bổ sung 1-3% hydrogel đã làm gia tăng 28-33% sinh khối tươi, 15-26% chiều cao cây và 16-26% chiều dài rễ so với nghiệm thức đối chứng sử dụng đất sạch Tribat, trong khi đó hàm lượng chất khô của cây rau cải thảo ở các lô thí nghiệm là hầu như không khác biệt. Cũng từ kết quả ở hình 5 cho thấy, các chỉ tiêu về sinh khối, chiều cao cây và chiều dài rễ ở các nghiệm thức trồng bổ sung phân có sử dụng hydrogel trong quá trình ủ đã có khác biệt có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức sử dụng phân không bổ sung hydrogel trong quá trình ủ.



Hình 5: Sự sinh trưởng và phát triển của cây cải thảo trong điều kiện bổ sung phân bò được xử lý bằng phương pháp trộn với hydrogel. Các ký tự chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ( $P < 0,05$ )

Ngoài ra, quan sát trên hình 6 có thể thấy cây rau cải thảo trồng trong giá thể sử dụng phân có sử dụng hydrogel trong quá trình ủ có bộ rễ khỏe mạnh, cây to khỏe hơn so với cây trồng trong giá thể xơ dừa có trộn phân không sử dụng hydrogel trong quá trình ủ và cây đối chứng trồng trên đất sạch Tribat. Điều này được giải thích là do phân có bổ sung hydrogel đã hấp thu

các chất dinh dưỡng hữu cơ dạng lỏng trong quá trình ủ phân, chính vì vậy khi bón cho cây trồng có tác dụng điều hòa độ ẩm trong cơ chất giúp cho bộ rễ phát triển tốt, dẫn đến quá trình sinh trưởng và phát triển của cây tốt hơn.



Hình 6: cây cải thảo sau 14 ngày trồng trên đất sạch (a), xơ dừa trộn với phân lên men không sử dụng hydrogel (b) và sử dụng hydrogel (c)

Kết quả nhận được cho thấy, việc bổ sung hydrogel trong quá trình xử lý phân không chỉ có tác dụng gia tăng hiệu suất phân hủy mà sản phẩm phân thu được còn có tác dụng tốt đối với sự sinh trưởng và phát triển của cây trồng, cụ thể ở đây là cây cải thảo. Như vậy, hàm lượng hydrogel sử dụng hiệu quả cho mục đích xử lý lên men tốt chất thải trong quá trình chăn nuôi và tiết kiệm chi phí được xác định là 1% hydrogel và phương thức bổ sung là trộn đều vào khối phân khi xử lý.

### Kết luận

Đã chế tạo thành công vật liệu hydrogel có hàm lượng gel là 65,4% và độ trương nước là 234 lần bằng phương pháp ghép mạch bức xạ từ tinh bột/AAC (tỷ lệ là 1/2, w/v) ở liều xạ 4 kGy. Sử dụng 1% hydrogel biến

tính ghép bức xạ trộn đều vào khối phân đã có tác dụng gia tăng ~5% hiệu suất phân hủy cellulose trong phân. Sản phẩm phân hữu cơ lên men sử dụng hydrogel có tác dụng kích thích tăng trưởng khi bón cho cây trồng. Hydrogel chế tạo được có triển vọng cho mục đích ứng dụng trong xử lý chất thải của ngành chăn nuôi để sản xuất phân bón hữu cơ đa năng chất lượng cao.

### Tài liệu tham khảo

- [1] N.T.H. Lý (2005), “Một số vấn đề liên quan đến việc xử lý nước thải chăn nuôi, lò mổ”, *Tạp chí Khoa học nông nghiệp*, số 5, tr.67-73.
- [2] Đ. Bình, P.T.T. Hồng, T.K. Ân (2006), *Sản xuất thử nghiệm gel hấp thụ nước*, Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học và công nghệ hạt nhân toàn quốc lần thứ VI, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, tr.284-288.
- [3] P. Liu, P. Zhai, J. Li, J. Peng, J. Wu (2002), “Radiation preparation and swelling behavior of sodium carboxymethyl cellulose hydrogels”, *Radiat. Phys. Chem.*, Vol.63, pp.525-528.
- [4] A.K. Bajpai, A. Giri (2003), “Water sorption behaviour of highly swelling (carboxy methylcellulose-g-polyacrylamide) hydrogels and release of potassium nitrate as agrochemical”, *Carbohydr. Polym.*, Vol.53, pp.271-279.
- [5] L. Hải, N.T. Mân, L.H. Tư, T.T. Hồng, T.T. Tâm, P.T.L. Hà, T.T. Thủy, N.T.L. Lan, N.D. Hạng, P.T. Sâm, Đ.M. Phương (2006), *Ứng dụng kỹ thuật biến tính bức xạ để tổng hợp polyme giữ nước phục vụ nông nghiệp*, Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học và công nghệ hạt nhân toàn quốc lần thứ VI, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, tr. 258-262.
- [6] N.Q. Hiền, V.T. Thiện, L. Hải, L.Q. Luân (1996), “Chế tạo vật liệu hydrogel bằng bức xạ, phần III - hydrogel trên cơ sở hydroxyethyl methacrylate (HEA), methylmethacrylate (MMA) và polyvinyl pyrrolidone (PVP)”, *Tạp chí Hoá học*, 34, tr.19-22.
- [7] T.T. Thủy, L.Q. Luân, L. Hải, P.T.L. Hà, N. Nagasawa, T. Yagi, M. Tamada, F. Yosshi (2006), *Thăm dò khả năng tạo gel alginate-Carboxymethylcellulose bằng kỹ thuật chiếu xạ để ứng dụng trong trồng trọt*, Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học và công nghệ hạt nhân toàn quốc lần thứ VI, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, tr.269-273.
- [8] Nguyễn Văn Mùi, *Thực hành hóa sinh học*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật.

# Hiệu quả của hệ thống trạm bả trong phòng chống mối *Coptotermes* (Isoptera: Rhinotermitidae) gây hại công trình xây dựng ở Việt Nam

Nguyễn Thúy Hiền<sup>1\*</sup>, Trần Thị Thu Huyền,  
Nguyễn Thành Trung, Nguyễn Tân Vương

*Viện Sinh thái và bảo vệ công trình, Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam*

Ngày nhận bài 16/8/2016, ngày chuyển phản biện 19/8/2016, ngày nhận phản biện 27/9/2016, ngày chấp nhận đăng 7/10/2016

Hệ thống trạm bả để kiểm soát các loài mối ngầm (*Coptotermes*) đã được áp dụng có hiệu quả tại nhiều nước trên thế giới, nhưng ở Việt Nam chỉ mới có những nghiên cứu, thử nghiệm của Viện Sinh thái và bảo vệ công trình, Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam. Trong thời gian 2013-2016, Viện Sinh thái và bảo vệ công trình đã thử nghiệm hệ thống trạm bả phòng chống mối để đánh giá hiệu quả kiểm soát mối *Coptotermes* gây hại công trình xây dựng tại một số vùng của Việt Nam. Kết quả cho thấy, thời gian trung bình tính đến khi công trình có trạm nhử đầu tiên ghi nhận mối xâm nhập là  $80,8 \pm 13,8$  ngày, thường sớm nhất khoảng 14 ngày (2 tuần). Lượng bả BDM10 sử dụng trung bình trên mỗi công trình là  $216,5 \pm 12,3$  (150-380 g), hiệu quả diệt mối đang gây hại công trình đạt 100% sau khoảng 36-45 ngày đánh bả.

**Từ khoá:** bả BDM10, *Coptotermes*, hệ thống trạm bả, trạm nhử.

**Chỉ số phân loại** 2.7

## Efficacy of termite baiting system for management of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) damaging the construction works in Vietnam

### Summary

Termite baiting system for control of Subterranean termites (*Coptotermes*) has been applied effectively in many countries around the world. Until now, this method, however, is still undergoing through the experimental studies in Vietnam. During 2013-2016, the termite baiting system was evaluated to determine its overall efficacy for remedial control of subterranean termite activity in some areas of Vietnam. The result showed that the mean time of termites first attacking the termite station was  $80.8 \pm 13.8$  days, in which, the soonest was 14 days (2 weeks). The average amount of BDM10 bait was  $216.5 \pm 12.3$  (150-380 g) per work. The BDM10 bait achieved the 100% efficacy in the management of *Coptotermes* after about 36-45 days.

**Keywords:** BDM10 bait, *Coptotermes*, termite baiting systems, termite station.

**Classification number** 2.7

## Đặt vấn đề

Hiện nay, ở Việt Nam đang áp dụng phổ biến phương pháp thiết kế hàng rào bằng hóa chất trong đất để ngăn mối tấn công vào công trình xây dựng. Tuy nhiên, theo Grady J. Glenn và cs [1], hàng rào chống mối bằng hóa chất là một chế độ xử lý “thụ động” và phải đưa một lượng lớn hóa chất độc vào đất nền, nên nguy cơ gây ô nhiễm môi trường cao. Còn theo R. Ripa và cs [2], phương pháp hàng rào hóa chất chỉ có tác dụng xua đuổi (repellent) hoặc giết được một ít mối của đàn mối kiếm ăn khi chúng tiếp xúc trực tiếp với hàng rào hóa chất. Như vậy, tổ mối vẫn tồn tại đâu đó trong khu vực công trình và trở thành nguy cơ tiềm ẩn cho các công trình lân cận chưa được phòng mối và kể cả chính công trình đó. Do độ bền của hóa chất chỉ có giới hạn, nên sau một khoảng thời gian, hàng rào hóa chất không còn tác dụng ngăn cản mối tấn công công trình xây dựng. Đó là lý do để các nhà khoa học nghiên cứu lựa chọn một phương pháp mới quản lý mối cho công trình xây dựng bằng hệ thống trạm bả.

Hệ thống trạm bả được lắp đặt xung quanh công trình xây dựng, giám sát định kỳ, sử dụng bả với lượng hoạt chất thấp, liên tục giám sát và tái sử dụng bả khi cần thiết. Theo Grady J. Glenn

\*Tác giả liên hệ: Email: vukythu@gmail.com

và cs [1], phương pháp này được xem là xử lý mối “chủ động”. Khác với phương pháp hàng rào hóa chất, hệ thống trạm bả không những không xua đuổi mối, ngược lại còn dẫn dụ mối (nếu có mối đang hoạt động trong không gian công trình xây dựng) và có khả năng kiểm soát mối không xâm nhiễm phá hại công trình xây dựng [2].

Từ gần 2 thập niên trước, Su và Scheffrahn [3, 4] đã đưa ra khái niệm về quản lý mối (termite management) bằng hệ thống trạm bả. Hệ thống trạm bả bao gồm các trạm bả được thiết kế thuận lợi cho việc thu hút mối đến và tiêu thụ thức ăn đã chứa sẵn độc tố, sau đó mang về lây nhiễm cho toàn bộ các cá thể khác trong tổ. Mục tiêu hướng tới là làm suy giảm hoặc loại bỏ quần tộc mối trong khu vực.

Một trong những ưu điểm chính của phương pháp hệ thống trạm bả là khả năng giảm quần tộc mối dưới lòng đất, do trạm bả có khả năng ức chế hoặc loại bỏ đàn mối [5]. Tuy nhiên, hệ thống trạm bả có nhược điểm là thời gian xử lý thường dài, luôn cần nhiều nhân công theo dõi định kỳ và thường xuyên để duy trì một khu vực không có mối [4, 6]. Hiệu quả bảo vệ công trình xây dựng của hệ thống trạm bả bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như thành phần loài mối có trong khu vực, mùa trong năm, khí hậu, thời tiết môi trường xung quanh, kích thước quần tộc mối, tính hấp dẫn của bả, số lượng và khoảng cách giữa các trạm bả đặt trong đất... [7].

Trên thế giới, tính ưu việt vượt trội của hệ thống trạm bả trong phòng chống mối đã được thừa nhận. Có rất nhiều hệ thống trạm bả đã được thương mại và ứng dụng rộng rãi như Firstline, Terminate, Exterra, Sentricon... Ở Việt Nam, Viện Sinh thái và bảo vệ công trình đã nghiên cứu và chế tạo thành công bả diệt mối BDM10 để phòng chống các loài mối thuộc giống *Coptotermes* - đối tượng gây hại chính cho công trình xây dựng ở Việt Nam [8, 9]. Bả BDM10 đã được Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn công nhận là tiến bộ kỹ thuật vào năm 2011. Thành công này đã tạo tiền đề cho rất nhiều nghiên cứu ứng dụng hệ thống trạm bả để bảo vệ công trình xây dựng ở Việt Nam. Để phòng trừ mối cho công trình xây dựng, hầu hết các phương pháp được áp dụng ở Việt Nam là sử dụng các loại thuốc độc hóa học. Trong tiêu chuẩn xây dựng 204/1998 về “Bảo vệ công trình xây dựng - Phòng chống mối cho công trình xây dựng mới” của Việt Nam, giải pháp là diệt mối trong nền và tạo hàng rào ngăn mối xung quanh công trình bằng hóa chất [10].

Kết quả nghiên cứu đánh giá hiệu quả phòng chống mối *Coptotermes* của hệ thống trạm bả tại công trình xây dựng dạng nhà ở tại một số tỉnh/thành phố của Việt Nam sẽ cung cấp những thông tin khoa học có giá trị về một phương pháp xử lý mới đối với mối gây hại công trình xây dựng.

### Thời gian, địa điểm, vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện trong 3 năm (2013-2016), tại 34 công trình xây dựng bị nhiễm mối ở Hà Nội, Hải Dương, Bắc Ninh và Quảng Nam.

#### Vật liệu

Mẫu trạm nhử do Viện Sinh thái và bảo vệ công trình thiết kế, gồm có: trạm nhử, thức ăn cho mối và nắp đậy. Trạm nhử là ống nhựa hình trụ (kích thước 23x15 cm), xung quanh thân vỏ có 8 khe dọc cách đều nhau để mối dễ dàng xâm nhập và khai thác mồi nhử hoặc bả đặt bên trong trạm. Phần miệng trạm nhử có một vành rộng 17 cm, mép trong vành có 2 rãnh khóa với rãnh khóa trên nắp đậy. Phần đáy thuôn lại và các rãnh lớn dần ở phần đáy để làm tăng tiếp cận của mối với mồi gỗ trong trạm (hình 1).



Hình 1: trạm nhử dưới mặt đất

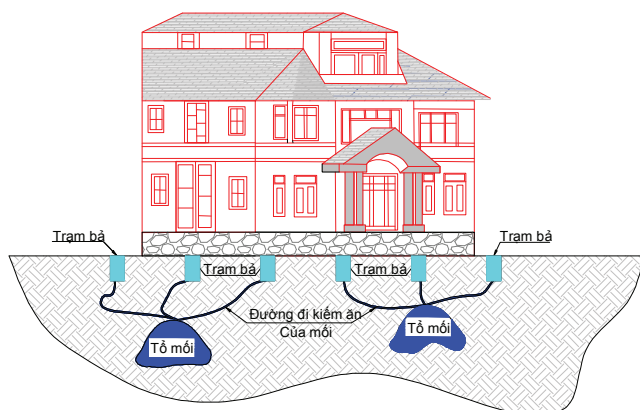
Bả diệt mối là bả BDM10 do Viện Sinh thái và bảo vệ công trình chế tạo có dạng thanh rắn (hình 2), với chất nền từ bột gỗ và hoạt chất diệt mối là Hexaflumuron (0,01%). Trạm nhử sau khi được cài đặt thêm bả diệt mối sẽ được gọi là trạm bả.



Hình 2: gói bả BDM10  
(hình trái: mặt trước gói bả; hình phải: mặt sau gói bả)

### Phương pháp nghiên cứu

Hệ thống trạm nhử được lắp đặt xung quanh các công trình xây dựng đang nhiễm mối hoặc có dấu hiệu mối hoạt động trong khuôn viên công trình. Trên mặt đất, tạo các lỗ khoan có đường kính, độ sâu phù hợp với kích thước trạm nhử, đặt các trạm nhử vào các lỗ khoan này sao cho nắp của trạm ngang bằng với mặt đất. Các trạm nhử được đặt cách nhau khoảng 3 m (hình 3).



Hình 3: trạm được chôn xung quanh công trình

Hệ thống trạm nhử được quan sát định kỳ khoảng 2 tuần/lần. Khi mối vào đầy trong trạm nhử thì tiến hành cài đặt bả. Hiệu quả diệt mối của hệ thống trạm bả được xác định theo từng thời điểm bằng sự vắng mặt của mối tại các trạm bả và trong công trình xây dựng. Ngoài ra, thời điểm mối phát hiện và xâm nhập trạm nhử cũng được ghi lại để đánh giá hiệu quả của công tác lắp đặt hệ thống trạm nhử trong công trình xây dựng. Việc sử dụng giải pháp hỗ trợ cho hệ thống trạm bả trong đất cũng được xem xét khi quá trình nhử mối diễn ra quá dài, khi đó cần bố trí thêm trạm bả trên mặt đất.

Tất cả số liệu thực nghiệm được phân tích bằng phần mềm SPSS (SPSS 1997).

### Kết quả và thảo luận

#### Thời điểm mối đến trạm nhử

Kết quả theo dõi trong khoảng thời gian 12 tháng (365 ngày, kể từ ngày thiết lập hệ thống trạm nhử trong công trình) với 34 công trình xây dựng, chỉ có 25 công trình (chiếm 73,5%) có mối xâm nhập trạm nhử. Với 9 công trình còn lại (chiếm tỷ lệ 26,5%), chúng tôi đã tiến hành đặt trạm bả phụ trợ bên trong công trình và tiến hành xử lý ngay tại vị trí mối xuất hiện trong công trình.

Kết quả theo dõi thời điểm mối bắt đầu xâm nhập trạm nhử tại các công trình rất khác nhau. Trong số 25 công trình có mối vào trạm nhử, thời gian trung bình tính đến khi công trình có trạm nhử đầu tiên ghi nhận mối xâm nhập là  $80,8 \pm 13,8$  ngày (dao động từ 14 đến 320 ngày, bảng 1).

Bảng 1: khoảng thời gian mỗi bắt đầu xâm nhập trạm bả đặt xung quanh công trình xây dựng

| TT         | Tên công trình   | Địa điểm thử nghiệm | Số trạm bả | Trạm bả lần đầu có mối |                         |
|------------|------------------|---------------------|------------|------------------------|-------------------------|
|            |                  |                     |            | Số lượng               | Khoảng thời gian (ngày) |
| 1          | BT 19C - Ciputra | Hà Nội              | 18         | 1                      | 67                      |
| 2          | BT 71C - Ciputra |                     | 16         | 1                      | 59                      |
| 3          | BT No 9-25/29 MK |                     | 10         | 1                      | 28                      |
| 4          | BT 22 ĐQ         |                     | 12         | 1                      | 81                      |
| 5          | BT 14 TY         | Bắc Ninh            | 12         | 1                      | 22                      |
| 6          | BT 28 TT         |                     | 10         | 2                      | 14                      |
| 7          | Bt T4/20         | Hải Dương           | 15         | 2                      | 34                      |
| 8          | BT B5            | Quảng Nam           | 15         | 1                      | 320                     |
| 9          | BT B6            |                     | 16         | 2                      | 173                     |
| 10         | BT B9            |                     | 15         | 2                      | 68                      |
| 11         | BT B10           |                     | 11         | 2                      | 97                      |
| 12         | BT C1            |                     | 12         | 1                      | 28                      |
| 13         | BT C2            |                     | 15         | 1                      | 28                      |
| 14         | BT C5            |                     | 15         | 2                      | 42                      |
| 15         | BT C6            |                     | 12         | 1                      | 55                      |
| 16         | BT C8            |                     | 15         | 2                      | 136                     |
| 17         | BT E1            |                     | 13         | 1                      | 44                      |
| 18         | BT E5            |                     | 15         | 1                      | 83                      |
| 19         | BT E6            |                     | 14         | 1                      | 71                      |
| 20         | BT E7            |                     | 15         | 1                      | 94                      |
| 21         | BT E17           |                     | 16         | 1                      | 45                      |
| 22         | BT E23           |                     | 15         | 1                      | 181                     |
| 23         | BT E24           |                     | 11         | 1                      | 208                     |
| 24         | BT 1             |                     | 14         | 1                      | 59                      |
| 25         | BT 3             |                     | 16         | 1                      | 43                      |
| Tổng cộng  |                  |                     | 348        | 32                     |                         |
| Trung bình |                  |                     | 14,2±2,6   | 1,27±0,09              | 80,8±13,8<br>(14-346)   |

Tổng số trạm bả đặt là 348 trạm, trung bình là  $14,2 \pm 2,6$  (10-22 trạm bả/công trình) thì tỷ lệ trạm bả có mối hoạt động là 9% (bảng 1). Số lượng trạm bả trung bình nhử được mối trên 1 công trình là  $1,27 \pm 0,09$ . Theo quan sát của chúng tôi, số lượng trạm bả có mối xâm nhập trên 1 công trình không tăng thêm quá nhiều theo thời gian, số lượng trạm bả có mối nhiều nhất tại 1 công trình là 2 trạm bả. Quan sát vị trí của các trạm bả có mối cho thấy chúng thường ở những vị trí gần với vị trí mối đang gây hại trong công trình.

#### Hiệu quả xử lý mối bằng bả BDM10

Bả BDM10 chỉ được đưa vào trạm nhử khi quan sát thấy mối hoạt động tích cực trong trạm nhử (mối đắp gần kín phần gỗ nhử trong trạm nhử, hình 4).



Hình 4: đặt bả vào những trạm nhử có mối hoạt động

Quan sát các trạm bả có mối sau khi cho bả BDM10 chúng tôi nhận thấy, mối khai thác bả rất tích cực, lượng bả dư thừa khá thấp, chỉ còn lại lượng nhỏ (khoảng 15-19%). Việc kiểm tra định kỳ 7-10 ngày/lần là để xem mối khai thác bả và bổ sung bả khi cần thiết.

Kết quả thực nghiệm ở hiện trường cho thấy, lượng bả trung bình sử dụng là  $216,5 \pm 12,3$  g ở thời điểm có dấu hiệu quần tộc mối bị suy giảm hoặc không còn mối hoạt động trong trạm bả và trong công trình. Trong số công trình đánh bả, số lượng công trình sử dụng lượng bả từ 150 đến 200 g là 7 công trình, chiếm tỷ lệ 32%. Số công trình sử dụng lượng bả từ 200 đến 300 g là 15 công trình, chiếm tỷ lệ 56% và chỉ có 3 công trình (tỷ lệ 12%) sử dụng lượng bả từ 300 đến 380 g (bảng 2).

Bảng 2: lượng bả được mối khai thác tại các trạm đánh bả

| TT | Hạng mục sử dụng bả | Số công trình/trạm xử lý bả | Lượng bả sử dụng (g) |                  |          |
|----|---------------------|-----------------------------|----------------------|------------------|----------|
|    |                     |                             | Nhỏ nhất             | Trung bình       | Lớn nhất |
| 1  | Công trình          | 25                          | 150                  | $216,5 \pm 12,3$ | 380      |
| 2  | Trạm bả             | 32                          | 100                  | $165,6 \pm 10,7$ | 220      |

Kết quả sau lần đánh bả thứ 2 đã quan sát thấy hiện tượng suy giảm quần tộc mối với các dấu hiệu như xác mối chết tại đáy trạm bả, nhiều mối lính tập trung (hình 5). Hiện tượng mối chết được quan sát thấy từ 36 đến 45 ngày sau xử lý đánh bả.



Hình 5: quần thể mối được kiểm soát bởi bả BDM10

## Thảo luận

Theo dõi hoạt động của mối ở trạm bả là việc quan trọng để đánh giá hiệu quả của phương pháp phòng chống mối bằng hệ thống trạm bả. Tuy nhiên, việc xử lý mối thành công phụ thuộc vào việc công trình đó có được bảo vệ khỏi sự xâm nhiễm và gây hại của mối hay không. Trong thử nghiệm của chúng tôi, thời gian trung bình tính đến khi công trình có trạm bả đầu tiên ghi nhận mối vào trạm là  $80,8 \pm 13,8$  ngày (14-320) ngày. Kết quả này cũng phù hợp với một số kết quả nghiên cứu đã công bố. Grady J. Glenn và cs [1] đã thử nghiệm 3 hệ thống trạm bả được thương mại là FirstLine® (FMC Corp), Sentricon® có sẵn bả (Dow AgroSciences) và Terminate® (United Industries, Inc) tại Mỹ. Kết quả cho thấy, thời gian trung bình quan sát thấy trạm bả đầu tiên có mối là  $170,9 \pm 42,7$  (61-376);  $82,1 \pm 33,8$  (26-379) và  $84,8 \pm 10,8$  (30-379) ngày, tương ứng đối với các hệ thống trạm bả FirstLine®, Sentricon® và Terminate®.

Chúng tôi cho rằng, kết quả nêu trên là để tham khảo, khó có thể kết luận được về hiệu quả như của hệ thống nào cao hơn. Bởi vì điều kiện thử nghiệm của chúng tôi tương đối khác biệt so với thử nghiệm của Grady J. Glenn và cs. Điều kiện tiên quyết cho sự thành công của hệ thống trạm bả là mối phải vào trạm bả. Hệ thống trạm bả thử nghiệm của chúng tôi với vị trí đặt tương tự như các hệ thống trạm bả đã được thương mại hóa trên thế giới đã cho hiệu quả như mối và có thể coi như có hiệu quả tương đương và thậm chí là nhanh hơn chút ít (về mặt thời gian và tỷ lệ trạm có mối).

Bả BDM10 đã cho hiệu quả kiểm soát mối trên cả 25 công trình thử nghiệm, với hoạt chất của bả là Hexaflumuron. Đáng lưu ý ở đây là hệ thống trạm bả cho kết quả khả quan xử lý được mối *Coptotermes*, tuy tổng thời gian xử lý kéo dài (3-4 tháng). Trong thực tế, thời gian xử lý mối kéo quá dài có thể sẽ không nhận được sự ủng hộ của khách hàng và là nguyên nhân hệ thống trạm bả trong kiểm soát mối *Coptotermes* chưa được áp dụng rộng rãi. Khắc phục nhược điểm này, trong nghiên cứu của chúng tôi, có 9 công trình đã phải có phương án xử lý mối hỗ trợ bằng phương pháp như trên mặt đất. Điều này cho thấy, tùy theo địa hình, kiến tạo nền móng công trình xây dựng và tình hình hoạt động của mối, hình thái thiết kế hệ thống trạm bả có thể thay đổi cho phù hợp để đạt hiệu quả xử lý cao với thời gian ngắn nhất. Tuy nhiên, nên quan niệm phòng chống mối bằng hệ thống trạm bả ngoài môi trường xung quanh là một quá trình lâu dài và liên tục.

Để có những đánh giá đúng hơn về ưu điểm của hệ

thống trạm bả, chúng ta có thể so sánh với kỹ thuật sử dụng hàng rào hóa chất. Để tạo ra hàng rào thuốc ngăn mối liên tục, hỗn hợp hoặc dung dịch thuốc sẽ phải rải hoặc phun trực tiếp vào đất. Cụ thể, trung bình cứ 100 m<sup>2</sup> của tòa nhà sẽ cần 200 lít nước thuốc diệt mối và có thể nhiều hơn nữa ở trường hợp phụt thuốc qua các lỗ khoan trong nền móng xi măng và những điểm nghi ngờ có mối [11]. Tương tự khi xử lý cả toà nhà, cứ mỗi 3 m dài nền móng công trình sẽ cần xử lý với 15 lít nước hoá chất mới đủ không chế mối, đem lại an toàn cho công trình [12]. Tính trên một đơn vị ha, bả giúp giảm lượng nước thuốc sử dụng trung bình tới 600 lần tại Mỹ [13]. Điều này lý giải một phần vì sao thuốc diệt mối chiếm tỷ trọng lớn nhất trong các nguồn hóa chất trừ sâu gây ô nhiễm đô thị. Việc áp dụng kỹ thuật trạm bả phòng chống mối đã đóng góp tích cực vào việc giảm thiểu nguồn ô nhiễm môi trường. Vì vậy, bả được đánh giá là công nghệ tiên tiến, thân thiện với môi trường, là ưu tiên lựa chọn như phương pháp độc lập, hiệu quả cho phòng chống mối gây hại công trình xây dựng.

Hệ thống trạm bả được thiết kế với mục đích làm giảm hoặc loại bỏ quần tộc mối mà không cần sử dụng lượng lớn chất độc hóa học. Bên cạnh đó, hệ thống trạm bả cũng hoàn toàn tránh được những nhược điểm của phương pháp hàng rào sử dụng hoá chất.

Ưu điểm nổi bật nhất của phương pháp xử lý phòng chống mối gây hại công trình xây dựng bằng hệ thống trạm bả là chủ động ngăn chặn mối xâm nhiễm vào bên trong công trình xây dựng. Và chúng ta đều biết, mối là một tồn tại khách quan, không thể “diệt mối tận gốc” như có người quan niệm. Tác nhân mối gây hại công trình xây dựng có ở mọi nơi, mọi lúc. Cho nên chỉ có một công cụ thường xuyên giám sát và chủ động tiêu diệt mối khi xâm nhiễm ban đầu sẽ hạn chế có hiệu quả tác hại của mối cho công trình xây dựng. Hệ thống trạm bả sẽ phát huy tác dụng, có ý nghĩa kinh tế cao khi được áp dụng xử lý cho một khu vực rộng lớn nhờ giá thành giảm, mức độ bền vững cao hơn. Với những kết quả thử nghiệm đã được kiểm tra trong nghiên cứu, chúng ta hoàn toàn có thể tin tưởng vào hiệu quả và những lợi ích của giải pháp kiểm soát mối *Coptotermes* bằng hệ thống trạm bả.

## Kết luận

Kết quả thực nghiệm trong 3 năm (2013-2016) bằng hệ thống trạm bả trong đất cho thấy, có 25/34 công trình thử nghiệm đã kiểm soát được mối *Coptotermes* gây hại công trình xây dựng ở Việt Nam; 9/34 công trình cần sử dụng trạm hỗ trợ trên mặt đất để cho hiệu quả kiểm soát mối hoàn toàn.

Thời gian mỗi xâm nhập trạm nhử đầu tiên trung bình là 80,8±13,8 (14-346) ngày. Lượng bả BDM10 sử dụng trên mỗi công trình bình quân là 223,6±2,6 g (150-380 g). Hiệu quả diệt mối *Coptotermes* hại công trình nhà ở đạt 100% sau khoảng 36-45 ngày khi ứng dụng bả.

## Lời cảm ơn

Các tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Xây dựng đã hỗ trợ kinh phí để thực hiện một phần nội dung của nghiên cứu này.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Grady J. Glenn, James W. Austin, Roger E. Gold (2008), “Efficacy of Commercial Termite Baiting Systems for Management of Subterranean Termites (Isoptera: Rhinotermitidae) in Texas”, *Sociobiology*, **51**(2), pp.333-362.
- [2] R. Ripa, P. Luppichini, N-Y. Su, R.K. Rust (2007), “Field evaluation of potential control strategies against the eastern subterranean termite in Chile. J. Econ”, *Entomol*, **100**(4), pp.1391-1399.
- [3] N-Y. Su, R.H. Scheffrahn (1996) “Fate of subterranean termite colonies (Isoptera) after bait applications - an update and review”, *Sociobiol*, **27**(3), pp.253-275.
- [4] N-Y. Su, R.H. Scheffrahn (1998), “A review of subterranean termite control practices and prospects for integrated pest management programs”, *Integrated Pest Management Reviews*, **3**, pp.1-13.
- [5] A.R. Lax, W.L.A. Osbrink (2003), “Research on targeted management of the Formosan subterranean termite *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae)”, *United States Department of Agriculture Research Service Pest Manag. Sci*, **59**, pp.788-800.
- [6] M.F. Potter (2004), “Termites. In S. AHedges [Ed.]. *Mallishandbook of pest control*”, *GIE Media, Richfield, OH.*, pp.216-361.
- [7] James W. Austin, Grady J. Glenn, Roger E. Gold (2008), “Protecting Urban Infrastructure from Formosan Termite (Isoptera: Rhinotermitidae) Attack: A Case Study for United States Railroads”, *Sociobiology*, **51**(1), pp.231-247.
- [8] Trịnh Văn Hạnh (2008), “Nghiên cứu đặc điểm sinh học, sinh thái học của *Coptotermes formosanus* Shiraki; *Odontotermes hainanensis* Light và sử dụng chế phẩm *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Soroki phòng trừ chúng”, *Luận án tiến sỹ sinh học*, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [9] Nguyễn Tân Vương (2005), “Nghiên cứu đánh giá hiện trạng mối hại khu phố cổ Hà Nội và đề xuất giải pháp xử lý”, *Báo cáo khoa học tổng kết đề tài*, Sở Khoa học và Công nghệ Hà Nội.
- [10] Tiêu chuẩn xây dựng 204/1998 về “Bảo vệ công trình xây dựng - Phòng chống mối cho công trình xây dựng mới”.
- [11] C. Garcia, M. Giron, S. Broadbent (2007), “Termite baiting system: a new dimension of termite control in the Philippines”, *Paper presented to the International Research Group (Stockholm) on Wood Protection*, Paper presented at the 38<sup>th</sup> Annual Meeting, Wyoming, USA. Document No. IRG/WP.
- [12] B.T. Forschler (2008), “Low-insecticide input application strategies for managing subterranean termite infestation”, *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Urban pest*, pp.385- 388.
- [13] N-Y. Su (2013), “Termite IPM in the US?” Presentation at Conference of Vietnam - America joint project: “Collaboration research on technology to manage pests (termites, ants, cockroaches) in urban areas”, Ministry of Science and Technology in Vietnam.

# QUY ĐỊNH VỀ BÀI VIẾT ĐĂNG TẢI TRÊN TẠP CHÍ

## Yêu cầu chung

Bài viết gửi đăng trên Tạp chí phải là bài viết nguyên thủy (chưa được công bố trước đó). Tác giả không được gửi đăng bài viết trên các tạp chí khác cho đến khi có quyết định xét duyệt của Ban Biên tập.

Bài báo dài không quá 10 trang (bao gồm cả bảng biểu, ghi chú, tài liệu tham khảo và phụ lục); font chữ: Times New Roman; cỡ chữ 13; khổ giấy A4, lề trên 2 cm, lề dưới 2 cm, lề trái 3 cm, lề phải 2 cm.

Bài viết gửi về Tòa soạn dưới dạng file mềm và bản in; có thể gửi trực tiếp đến Tạp chí (Phòng 507, số 113 Trần Duy Hưng, Cầu Giấy, Hà Nội) hoặc qua hòm thư điện tử, địa chỉ: khcnvn@most.gov.vn.

## Tên bài báo

- Tên bài báo được viết bằng tiếng Việt và tiếng Anh, trên trang đầu của bài báo, không gạch chân hay viết nghiêng.

- Tên bài báo phải ngắn gọn, rõ ràng và phù hợp với nội dung bài báo.

- Phía dưới tên bài báo là tên tác giả không viết chức danh và học hàm, học vị. Nếu có nhiều tác giả làm việc ở các cơ quan khác nhau thì tên tác giả được đánh số (<sup>1,2...</sup>) ở phía trên. Dấu hoa thị (\*) chỉ tác giả liên hệ, được viết ở cuối trang đầu tiên của bài báo.

## Tóm tắt

Tóm tắt bằng tiếng Việt và tiếng Anh. Nêu được mục đích, phương pháp nghiên cứu chính, kết quả nghiên cứu và kết luận chủ yếu. Từ khoá bằng cả tiếng Việt và tiếng Anh theo thứ tự alphabet. Chỉ số phân loại (theo hướng dẫn).

## Dẫn nhập/đặt vấn đề

Định nghĩa vấn đề, tóm lược vấn đề nghiên cứu đã được công bố trong và ngoài nước, nêu mục tiêu nghiên cứu và giải thích sự lựa chọn đề tài và mục tiêu nghiên cứu để thấy được tính thời sự, tính khoa học và sự cần thiết của vấn đề nghiên cứu.

## Đối tượng và phương pháp

Đối tượng nghiên cứu cần trình bày tiêu chuẩn lựa chọn, đặc điểm đối tượng nghiên cứu.

Phương pháp nghiên cứu cần nêu rõ cách tiếp cận nghiên cứu, loại hình nghiên cứu, phương pháp đo lường, công thức tính cỡ mẫu, phương pháp xử lý số liệu, mô tả kỹ các kỹ thuật tiến hành trong nghiên cứu; các quan điểm, lập luận, ý kiến tranh luận, các dẫn chứng...

## Kết quả

Trình bày đầy đủ, khách quan các kết quả thu được sau nghiên cứu, các kết quả này phải phục vụ cho mục tiêu nghiên cứu. Các số liệu phải chính xác và khớp với nhau.

Phần kết quả nghiên cứu chỉ trình bày các kết quả nghiên cứu của đề tài, không giải thích, so sánh và bàn luận.

## Bàn luận

Chủ yếu bàn luận các vấn đề liên quan đến mục tiêu đề tài.

Nhận xét, đánh giá một cách khách quan các kết quả nghiên cứu, có so sánh với các tác giả khác để khẳng định hoặc phủ định những hiểu biết đã có, qua đó nêu được những điểm mới và đóng góp của đề tài.

Dự báo hướng nghiên cứu tiếp và khả năng ứng dụng các kết quả nghiên cứu vào thực tiễn.

## Kết luận

Nêu kết quả nghiên cứu chủ yếu của đề tài có tính khái quát liên quan đến mục tiêu nghiên cứu, đề xuất các vấn đề tiếp tục nghiên cứu.

## Chú thích và tài liệu tham khảo

Chú thích được đánh số theo thứ tự xuất hiện (<sup>1,2,3...</sup>) và được trình bày ngay ở cuối trang viết (footnote). Các tài liệu tham khảo được đánh số theo thứ tự xuất hiện để chỉ dẫn chúng được trích dẫn ở đâu trong bài báo. Số thứ tự được đánh trong ngoặc vuông, ví dụ: [3] với 1 hoặc [2, 5, 7-9] với nhiều số chỉ dẫn.

Tác giả (Năm xuất bản), "Tên tài liệu được trích dẫn", *Tên nguồn*, **tập (số)**, pp<trang đầu-trang cuối>

Tác giả: là tác giả/các tác giả của tài liệu được tham khảo, trích dẫn.

Năm xuất bản: năm xuất bản của tài liệu được tham khảo, trích dẫn.

Tên tài liệu được trích dẫn: là tên bài báo, chương/phần sách...

*Tên nguồn* có thể là tên tạp chí, tên sách, hay tên tài liệu gốc của tài liệu được trích dẫn (phần này được in nghiêng).

**Tập (số)**: dành cho nguồn trích là tạp chí, sách hoặc các xuất bản phẩm khác (phần này in đậm).

Trang đầu-trang cuối là số thứ tự các trang phản ánh nơi cư trú của tài liệu được trích dẫn trong tài liệu nguồn.

**Chú ý**: nếu có ≥ 2 tài liệu tham khảo do cùng 1 tác giả/nhóm tác giả, cùng năm công bố, thì các tài liệu tham khảo này cần được đánh dấu a, b... sau năm xuất bản (ví dụ: 1986a).

Nếu có một số tài liệu tham khảo trong cùng 1 bài báo được trích dẫn có số trang khác nhau thì cần trích dẫn thêm số trang, ví dụ: Kitchen (1982, p 39).

## Các yêu cầu khác

- Bài viết không đạt yêu cầu, Tòa soạn không trả lại bản thảo.

- Bài viết chỉ được đăng khi phản biện nhận xét về chất lượng bài báo đồng ý cho đăng.

- Bản quyền: tác giả đồng ý trao bản quyền bài viết (bao gồm cả phần tóm tắt) cho Ban Biên tập Tạp chí.

## PHÂN LOẠI LĨNH VỰC KHOA HỌC

### 1. Khoa học tự nhiên

- 1.1. Toán học và thống kê
- 1.2. Khoa học máy tính và thông tin
- 1.3. Vật lý
- 1.4. Hóa học
- 1.5. Khoa học trái đất và môi trường
- 1.6. Khoa học sự sống
- 1.7. Khoa học nano
- 1.8. Khoa học tính toán
- 1.9. Các lĩnh vực khác của khoa học tự nhiên

### 2. Khoa học kỹ thuật và công nghệ

- 2.1. Kỹ thuật dân dụng: kỹ thuật kiến trúc; kỹ thuật xây dựng; kỹ thuật kết cấu và đô thị; kỹ thuật giao thông vận tải; kỹ thuật thủy lợi; kỹ thuật địa chất công trình
- 2.2. Kỹ thuật điện, kỹ thuật điện tử, kỹ thuật thông tin
- 2.3. Kỹ thuật cơ khí, chế tạo máy
- 2.4. Kỹ thuật hóa học
- 2.5. Kỹ thuật vật liệu và luyện kim
- 2.6. Kỹ thuật y học
- 2.7. Kỹ thuật môi trường
- 2.8. Công nghệ sinh học công nghiệp
- 2.9. Công nghệ nano
- 2.10. Kỹ thuật thực phẩm và đồ uống
- 2.11. Các lĩnh vực khác của khoa học kỹ thuật và công nghệ

### 3. Khoa học y - dược

- 3.1. Y học cơ sở
- 3.2. Y học lâm sàng
- 3.3. Y học dự phòng
- 3.4. Dược học
- 3.5. Các lĩnh vực khác của Y - dược học

### 4. Khoa học nông nghiệp

- 4.1. Trồng trọt
- 4.2. Chăn nuôi
- 4.3. Thú y
- 4.4. Lâm nghiệp
- 4.5. Thủy sản
- 4.6. Công nghệ sinh học trong nông nghiệp, thủy sản
- 4.7. Các lĩnh vực khác của khoa học nông nghiệp

### 5. Khoa học xã hội và nhân văn

- 5.1. Tâm lý học
- 5.2. Kinh tế và kinh doanh
- 5.3. Khoa học giáo dục
- 5.4. Xã hội học
- 5.5. Pháp luật
- 5.6. Khoa học chính trị
- 5.7. Địa lý kinh tế và xã hội
- 5.8. Thông tin đại chúng và truyền thông
- 5.9. Lịch sử và khảo cổ học
- 5.10. Ngôn ngữ học và văn học
- 5.11. Triết học, đạo đức và tôn giáo
- 5.12. Nghiên cứu về khu vực và quốc tế
- 5.13. Các lĩnh vực khác của khoa học xã hội và nhân văn

# TẠP CHÍ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

## Vietnam Journal of Science and Technology - MOST

Volume 58 - Number 11 - November 2016

**Lý thuyết Nevanlinna trên trường không Acsimet.**

Ha Huy Khoái

**Mô hình giải tích mô tả quá trình rửa trôi các chất alkylphenol từ dầu mỏ trong môi trường rỗng xốp.**

Huỳnh Thị Thu Hương, Nguyễn Hữu Quang, Tô Bá Cường, Huỳnh Thái Kim Ngân, Lê Văn Sơn, Phạm Hữu Anh, Nguyễn Hồng Phan

**Đánh giá rủi ro sinh thái của các chất polybrom diphenyl ete trong trầm tích đối với sinh vật đáy tại một số khu vực ở miền Bắc Việt Nam.**

Từ Bình Minh, Hoàng Quốc Anh, Trần Mạnh Trí, Lê Sĩ Hưng, Phạm Thị Ngọc Mai, Nguyễn Thúy Ngọc

**Đặc điểm địa tầng và cấu trúc địa chất trung An Châu và ý nghĩa của chúng trong tìm kiếm, thăm dò dầu khí.**

Hoàng Văn Long, Ngô Thị Kim Chi, Trần Thị Oanh

**Dự báo và phân tích tai biến địa chất trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ hầm lò sử dụng chương trình UDEC.**

Nguyễn Quang Phích, Ngô Doãn Hào, Nguyễn Quang Minh, Nguyễn Văn Mạnh

**Tế bào tua trong điều trị ung thư và cơ chế sinh học phân tử.**

Nguyễn Thị Xuân, Nguyễn Huy Hoàng

**Phân tích công nghệ và phương pháp tính toán định lượng nguyên liệu trong sản xuất phân bón NPK (15:15:15).**

Khổng Quốc Anh, Vũ Hồng Thái

**Phân tích khả năng chẩn đoán các bệnh tim mạch bằng ảnh pha thông qua mô hình tín hiệu điện tim nhân tạo.**

Phạm Văn Thuận, Vương Trí Tiếp, Phạm Xuân Nặng

**Nghiên cứu chế tạo thiết bị tổng hợp tự động dược chất phóng xạ  $^{18}\text{F}$ -FDG dùng cho PET/CT.**

Vũ Thanh Quang, Bùi Thanh Rin, Nguyễn Mạnh Cường

**Nghiên cứu chế tạo vật liệu hydrogel bằng phương pháp chiếu xạ ứng dụng xử lý chất thải trong chăn nuôi.**

Lê Quang Luân

**Hiệu quả của hệ thống trạm bả trong phòng chống mối *Coptotermes* (Isoptera: Rhinotermitidae) gây hại công trình xây dựng ở Việt Nam.**

Nguyễn Thúy Hiền, Trần Thu Huyền, Nguyễn Thành Trung, Nguyễn Tân Vương

**1 The Nevanlinna theory on a non-Archimedean field.**  
Ha Huy Khoai

**9 An analytical model for leaching and transport of alkylphenols from crude oil in porous media.**

Huynh Thi Thu Huong, Nguyen Huu Quang, To Ba Cuong, Huynh Thai Kim Ngan, Le Van Son, Pham Huu Anh, Nguyen Hong Phan

**16 Ecotoxicological risk assessment of polybrominated diphenyl ethers in sediment on benthic organisms at some areas of the Northern Vietnam.**

Tu Binh Minh, Hoang Quoc Anh, Tran Manh Tri, Le Si Hung, Pham Thi Ngoc Mai, Nguyen Thuy Ngoc

**22 Stratigraphy and geological structure of the An Chau basin and its significance in oil and gas exploration.**

Hoang Van Long, Ngo Thi Kim Chi, Tran Thi Oanh

**29 Prediction and analysis of geohazards in underground mining and tunneling using UDEC.**

Nguyen Quang Phich, Ngo Doan Hao, Nguyen Quang Minh, Nguyen Van Manh

**35 Dendritic cell therapy for cancer and underlying mechanism involved in cancer development.**

Nguyen Thi Xuan , Nguyen Huy Hoang

**41 Analysis of technology and computational methodology of material balance in the production of NPK fertilizer (15:15:15).**

Khong Quoc Anh, Vu Hong Thai

**46 Analyzing the diagnostic ability of heart diseases using phase diagram of artificial ECG signal model.**

Pham Van Thuan, Vuong Tri Tiep, Pham Xuan Nang

**51 Manufactruring an automated module of synthesising  $^{18}\text{F}$ -FDG radiopharmaceutical for PET/CT.**

Vu Thanh Quang, Bui Thanh Rin, Nguyen Manh Cuong

**55 Study on preparation of hydrogel by radiation processing for applying in treatment of livestock waste.**

Le Quang Luân

**60 Efficacy of termite baiting system for management of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) damaging the construction works in Vietnam.**

Nguyen Thuy Hien, Tran Thu Huyen, Nguyen Thanh Trung, Nguyen Tan Vuong