

MÔ HÌNH CHU TRÌNH NITƠ TRONG HỆ SINH THÁI BIỂN

Đoàn Bộ, Trịnh Lê Hà

*Khoa Khí tượng - Thủy văn và Hải dương học
Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG Hà Nội*

1. Mở đầu

Ở Việt Nam, việc sử dụng các mô hình toán và các phương pháp số trong nghiên cứu hệ sinh thái biển ngày càng có nhiều triển vọng. Hướng nghiên cứu này được xây dựng trên cơ sở mô phỏng toán học chu trình chuyển hoá vật chất trong hệ sinh thái biển, kết hợp với các mô hình thủy động lực có thể đánh giá được vai trò và sự tác động của các điều kiện thủy nhiệt động lực biển tới chiều hướng phát triển của hệ, xác định được những quy luật cơ bản, phổ biến và dự báo sự biến động của các hợp phần vô sinh, hữu sinh, đặc biệt trong việc kiểm soát môi trường và hệ sinh thái biển.

Với mục đích bàn về phương pháp luận, chúng tôi giới thiệu mô hình chu trình Nitơ cùng những mô phỏng toán học các quá trình chuyển hoá trong chu trình và một số kết quả áp dụng tại vùng biển tỉnh Quảng Ninh trong mùa hè.

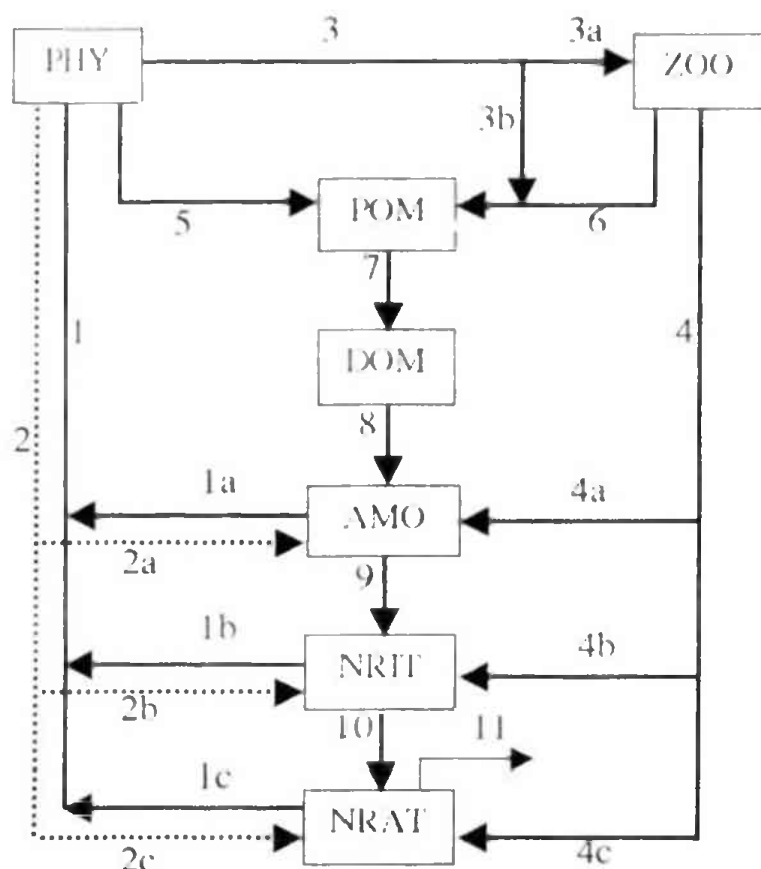
2. Sơ đồ chu trình chuyển hoá Nitơ trong hệ sinh thái biển

Mô hình chu trình chuyển hoá Nitơ trong hệ sinh thái biển được biểu diễn trên sơ đồ hình 1. Trong chu trình, nguyên tố Nitơ được chuyển hoá qua 7 hợp phần: thực vật nổi (Phytoplankton- sinh khối được ký hiệu là PHY), động vật nổi (Zooplankton-ZOO), chất hữu cơ lơ lửng (Particle Organic Matter-POM), chất hữu cơ hoà tan (Dissolved Organic Matter-DOM), Amoni (Ammonium-AMO), Nitrit (Nitrite-NRIT), Nitrat (Nitrate-NRAT).

Các quá trình chuyển hoá trong chu trình (ký hiệu từ 1 đến 11 trên sơ đồ) được diễn tả như sau:

Quá trình chuyển hoá 1- Quang hợp của Phytoplankton: Trong quá trình này dưới tác động của năng lượng ánh sáng mặt trời, Phytoplankton đã sử dụng khí CO₂, nước và các muối dinh dưỡng trong đó có Amoni (đường dẫn 1a), Nitrit (1b) và Nitrat (1c) của môi trường để tổng hợp chất hữu cơ. Quá trình này đã chuyển hoá Nitơ vô cơ từ môi trường thành Nitơ liên kết trong tế bào tảo, làm giảm AMO, NRIT và NRAT và làm tăng PHY. Khối lượng gia tăng của quần thể Phytoplankton trong một đơn vị thời gian thực hiện quang hợp (thường tính trong 1 ngày) chính là năng suất sinh học sơ cấp thô (Rough primary productivity), một tham số quan trọng để đánh giá tiềm năng sinh học của vùng biển. Cường độ quá trình này phụ thuộc vào sinh khối quần thể Phytoplankton, nồng độ các muối dinh dưỡng Amoni, Nitrit,

Nitrat, nhiệt độ môi trường và năng lượng bức xạ quang hợp (Photosynthetically Active Radiation - PAR) [4, 5, 6, 7].



Hình 1. Sơ đồ chu trình chuyển hoá Nitơ trong hệ sinh thái biển

Chú giải:

PHY: Phytoplankton

ZOO: Zooplankton

POM: Chất hữu cơ lơ lửng

DOM: Chất hữu cơ hoà tan

AMO: Amoni

NRIT: Nitrit

NRAT: Nitrat

1... 11: Các quá trình chuyển hoá

→ : Hướng chuyển hoá

Quá trình chuyển hoá 2 - Hô hấp của Phytoplankton: Trong quá trình này, một phần lượng chất hữu cơ được thành tạo trong quang hợp bị oxy hoá làm giảm sinh khối PHY, kèm theo đó là sự giải phóng một số hợp phần vô cơ trong đó có các hợp chất Nitơ vô cơ, làm tăng nồng độ AMO (đường dẫn 2a), NRIT (2b) và NRAT (2c). Hiệu số giữa lượng chất hữu cơ được thành tạo trong quang hợp và lượng chất hữu cơ bị mất đi trong quá trình hô hấp của Phytoplankton trong 1 đơn vị thời gian (thường tính trong 1 ngày) chính là năng suất sơ cấp tinh (Pure primary productivity). Đó cũng chính là phần vật chất (năng lượng) còn lại được tích lũy trong sản phẩm của Phytoplankton để các bậc dinh dưỡng kế tiếp, trước hết là Zooplankton sử dụng theo các kênh dinh dưỡng trong hệ sinh thái vùng biển.

Quá trình chuyển hoá 3-Dinh dưỡng của Zooplankton: Trong quá trình này Zooplankton sử dụng Phytoplankton làm thức ăn để tồn tại và phát triển. Cường độ sử dụng thức ăn của Zooplankton phụ thuộc vào hàm lượng thức ăn (PHY), sinh khối và bản chất quần thể Zooplankton như đặc điểm sinh học, tỷ lệ bắt mồi, cấu trúc thành phần loài...[6,7]. Quá trình chuyển hoá này làm giảm sinh khối quần thể Phytoplankton, trong đó phần thức ăn thực sự được sử dụng vào đồng hoá (đường dẫn 3a) sẽ làm tăng sinh khối quần thể Zooplankton, phần không sử dụng (3b) sẽ trở lại môi trường và làm tăng sinh khối chất hữu cơ lơ lửng (POM).

Quá trình chuyển hoá 4- Hô hấp của Zooplankton: Trong quá trình này phân vật chất đã lấy được do đồng hoá thức ăn lại bị ôxy hoá để giải phóng năng lượng và Zooplankton sử dụng năng lượng này để tồn tại và phát triển. Kèm theo năng lượng được giải phóng là các sản phẩm vật chất được thải ra môi trường dưới dạng các sản phẩm bài tiết, trong đó có Amoni (dường dẫn 4a), Nitrit (4b) và Nitrat (4c). Cường độ quá trình này phụ thuộc chủ yếu vào nhiệt độ môi trường [6, 7]. Hiệu số giữa lượng sản phẩm đồng hoá và lượng sản phẩm tiêu huỷ do hô hấp của Zooplankton trong một đơn vị thời gian (thường tính trong 1 ngày) chính là năng suất thứ cấp của bậc dị dưỡng thứ nhất. Đây là phần vật chất (năng lượng) còn lại được tích lũy trong sản phẩm của Zooplankton để các bậc dinh dưỡng kế tiếp sử dụng theo các kênh dinh dưỡng trong hệ sinh thái vùng biển.

Quá trình chuyển hoá 5 và 6- Quá trình chết tự nhiên của quần thể Phytoplankton và Zooplankton: Quá trình này làm giảm sinh khối các quần thể và làm tăng sinh khối chất hữu cơ lơ lửng POM. Đối với PHY, cường độ quá trình chết tự nhiên bị giới hạn bởi nồng độ các muối dinh dưỡng AMO, NRIT và NRAT, đối với ZOO - bị giới hạn bởi hàm lượng thức ăn (PHY) [6, 7].

Quá trình chuyển hoá 7, 8- Phân huỷ và khoáng hoá chất hữu cơ: Phân huỷ và khoáng hoá chất hữu cơ trong biển (các xác chết, các sản phẩm dư thừa trong các hoạt động sống) là một tập hợp các quá trình lý-hoá-sinh học rất phức tạp, có sự tham gia của các sinh vật phân giải (chủ yếu là vi sinh vật) và các chất như Ôxy, nước... Trong quá trình này, năng lượng còn lại trong chất hữu cơ được giải phóng và các sinh vật phân giải sử dụng năng lượng này để tồn tại và phát triển. Sản phẩm cuối cùng của quá trình phân huỷ và khoáng hoá chất hữu cơ là các chất vô cơ được hoàn lại cho môi trường. Cường độ quá trình này phụ thuộc bản chất chất hữu cơ, lượng các sinh vật phân giải và nhiều điều kiện phân giải, trong đó quan trọng hơn hết là nhiệt độ môi trường [4, 5, 6, 7]. Trong giai đoạn đầu của quá trình (dường dẫn 7), các chất hữu cơ phức tạp bị phân rã thành các chất hữu cơ đơn giản hơn dưới tác động của một số quá trình vật lý và sinh vật. Sản phẩm của quá trình này có 2 dạng: chất hữu cơ hoà tan (DOM) sẽ tiếp tục chuyển hoá trong chu trình và chất "mùn" bền vững sẽ dần ra khỏi hệ sinh thái biển. Trong giai đoạn sau (dường dẫn 8), các chất hữu cơ tiếp tục bị phân huỷ và khoáng hoá đến các sản phẩm vô cơ, trong đó Amoniac và Amoni là sản phẩm Nitơ vô cơ đầu tiên được giải phóng.

Quá trình chuyển hoá 9, 10 - Đạm hoá (Nitrification) và quá trình chuyển hoá 11 - Nghịch đạm hoá (Denitrification). Đạm hoá là quá trình ôxy hoá chuyển Amoni thành Nitrit và tiếp đó thành Nitrat, nghịch đạm hoá là quá trình khử Nitrat thành Nitơ tự do.

Sơ đồ chu trình Nitơ như đã nêu mặc dù chưa kể đến một số quá trình vi mô trong đó, song cho đến nay ở Việt Nam chưa có mô hình chu trình Nitơ nào hoàn thiện hơn.

3. Mô hình toán chu trình chuyên hoá Nitơ

Theo nguyên lý bảo toàn, tốc độ toàn phần biến đổi sinh khối hoặc nồng độ của một hợp phần sinh, hoá học nào đó chính là tổng đại số tốc độ các quá trình sản sinh làm tăng (Production) và phân huỷ làm giảm (Destruction) nồng độ hoặc sinh khối của hợp phần đó. Gọi C^i là nồng độ (hoặc sinh khối) của hợp phần i , $Prod^i$, $Dest^i$ tương ứng là tổng tốc độ các quá trình làm tăng và làm giảm nồng độ (hoặc sinh khối) của hợp phần, ta có:

$$\frac{dC^i}{dt} = Prod^i - Dest^i \quad (1)$$

Ở đây $i=1..7$ tương ứng là PHY, ZOO, POM, DOM, AMO, NRIT, NRAT.

Cho từng hợp phần của chu trình, các biểu thức mô phỏng $Prod^i$, $Dest^i$ như sau [6, 7]:

$$Prod^{PHY} = L(i)L(\xi) \left[\frac{\delta_{Amo}^P AMO}{C_{Amo} + AMO} + \frac{\delta_{Nri}^P NRIT}{C_{Nri} + NRIT} + \frac{\delta_{Nra}^P NRAT}{C_{Nra} + NRAT} \cdot \text{Exp}[-\lambda_{Amo} AMO - \lambda_{Nri} NRIT] \right] PHY \quad (2)$$

$$Dest^{PHY} = F_P^N PHY + \frac{\delta_P^Z PHY}{C_P + PHY} ZOO + F_P^{Pom} PHY \quad (3)$$

$$Prod^{ZOO} = (1 - X_P) \frac{\delta_P^Z PHY}{C_P + PHY} ZOO \quad (4)$$

$$Dest^{ZOO} = (F_Z^N + F_Z^{Pom}) ZOO \quad (5)$$

$$Prod^{POM} = F_P^{Pom} PHY + X_P \frac{\delta_P^Z PHY}{C_P + PHY} ZOO + F_Z^{Pom} ZOO \quad (6)$$

$$Dest^{POM} = F_{Pom}^{Dom} POM \quad (7)$$

$$Prod^{DOM} = F_{Pom}^{Dom} POM \quad (8)$$

$$Dest^{DOM} = F_{Dom}^{Amo} DOM \quad (9)$$

$$Prod^{AMO} = F_{Dom}^{Amo} DOM + \alpha_{Amo} F_Z^N ZOO + \alpha_{Amo} F_P^N PHY \quad (10)$$

$$Dest^{AMO} = L(i)L(\xi) \frac{\delta_{Amo}^P AMO}{C_{Amo} + AMO} PHY + F_{Amo}^{Nri} AMO \quad (11)$$

$$Prod^{NRIT} = F_{Amo}^{Nri} AMO + \alpha_{Nri} F_Z^N ZOO + \alpha_{Nri} F_P^N PHY \tag{12}$$

$$Dest^{NRIT} = L(i) L(\xi) \frac{\delta_{Nri}^P \cdot NRIT}{C_{Nri} + NRIT} PHY + F_{Nri}^{Nra} NRIT \tag{13}$$

$$Prod^{NRAT} = F_{Nri}^{Nra} NRIT + \alpha_{Nra} F_Z^N ZOO + \alpha_{Nra} F_P^N PHY \tag{14}$$

$$Dest^{NRAT} = L(i) L(\xi) \frac{\delta_{Nra}^P \cdot NRAT}{C_{Nra} + NRAT} \cdot \text{Exp}(-\lambda_{Amo} \cdot AMO - \lambda_{Nri} \cdot NRIT) \cdot PHY + F_{Nra}^0 NRAT \tag{15}$$

Trong các mô phỏng toán học kể trên, $L(i)$, $L(\xi)$ là ảnh hưởng của nhiệt độ và cường độ chiếu sáng, $F_P^N, F_P^{POM}, F_Z^N, F_Z^{POM}, F_{POM}^{DOM}, F_{DOM}^{AMO}, F_{AMO}^{NRI}, F_{NRI}^{NRA}, F_{NRA}^0$ là tốc độ riêng của các quá trình chuyển hoá (các đại lượng này được tính toán theo các công thức thực nghiệm [6, 7, 8]). Các ký hiệu còn lại là các thông số (hằng số) của mô hình, ý nghĩa và giá trị của chúng đối với vùng biển Quảng Ninh được cho ở bảng 1.

Bảng 1. Các thông số (hằng số) sử dụng trong mô hình và giá trị lựa chọn cho vùng biển Quảng Ninh

TT	Ký hiệu	Thông số	Đơn vị	Giá trị
<i>1. Sự phát triển của Phytoplankton</i>				
1	δ_{Amo}^P	Tốc độ riêng cực đại sử dụng Amoni trong quang hợp	(ngày) ⁻¹	2,0
2	δ_{Nri}^P	Tốc độ riêng cực đại sử dụng Nitrit trong quang hợp	(ngày) ⁻¹	1,5
3	δ_{Nra}^P	Tốc độ riêng cực đại sử dụng Nitrat trong quang hợp	(ngày) ⁻¹	2,0
4	C_{Amo}	Hệ số bán bão hoà muối Amoni	$\mu\text{AT-gN/l}$	0,5
5	C_{Nri}	Hệ số bán bão hoà muối Nitrit	$\mu\text{AT-gN/l}$	0,08
6	C_{Nra}	Hệ số bán bão hoà muối Nitrat	$\mu\text{AT-gN/l}$	0,10
7	PAR_{OP} T	Cường độ sáng tối ưu cho quang hợp	W/m^2	120
8	β_T	Hệ số biểu thị sự ức chế quang hợp do nhiệt độ	-	-0,01
9	β_I	Hệ số biểu thị sự ức chế quang hợp do ánh sáng	-	-0,01
10	T_{Leth}	Cận dưới nhiệt độ quang hợp	°C	10
11	T_{OPT}	Nhiệt độ tối ưu cho quang hợp	°C	27,5
12	λ_{Amo}	Hệ số biểu thị sự ức chế tác dụng của Nitrat trong quang hợp khi có Amoni	$(\mu\text{AT-gN/l})^{-1}$	0,001
13	λ_{Nri}	Hệ số biểu thị sự ức chế tác dụng của Nitrat trong quang hợp khi có Nitrit	$(\mu\text{AT-gN/l})^{-1}$	0,001
14	δ_M^P	Tốc độ riêng chết cực đại của Phytoplankton	(ngày) ⁻¹	0,4
15	δ_m^P	Tốc độ riêng chết cực tiểu của Phytoplankton	(ngày) ⁻¹	0,03
16	N_m	Giá trị ngưỡng tổng Nitơ vô cơ (AMO+NRIT+ NRAT) tại đó cường độ chết của PHY đạt cực đại	$\mu\text{AT-gN/l}$	0,3
17	α_N	Tỷ lệ Nitơ vô cơ trong sản phẩm hô hấp của PHY	-	1,0
18	T_{HH}	Nhiệt độ thuận cho quá trình hô hấp của PHY	°C	30

2. Sự phát triển của Zooplankton				
19	δ_P^Z	Tốc độ riêng cực đại sử dụng PHY (bất môi) của ZOO	(ngày) ⁻¹	1,98
20	C_P	Hệ số bán bão hoà hàm lượng thức ăn	$\mu\text{AT}\cdot\text{gN/l}$	0,5
21	X_P	Tỷ lệ (%) của phân thức ăn không được đồng hoá	-	0,4
22	δ_M^Z	Tốc độ riêng chết cực đại của Zooplankton	(ngày) ⁻¹	0,05
23	δ_m^Z	Tốc độ riêng chết cực tiểu của Zooplankton	(ngày) ⁻¹	0,025
24	PHY_m	Giá trị ngưỡng của lượng thức ăn PHY tại đó cường độ chết của ZOO cực đại	$\mu\text{AT}\cdot\text{gN/l}$	1,0
25	δ_Z^N	Tốc độ riêng bài tiết các hợp chất Nitơ vô cơ tại 0°C	(ngày) ⁻¹	0,1
26	b_e	Hệ số biểu thị ảnh hưởng của nhiệt đến tốc độ bài tiết	-	1,08
27	α_{Amon}	Tỷ lệ Amoni trong tổng Nitơ của sản phẩm hô hấp	-	0,4
28	α_{Nri}	Tỷ lệ Nitrit trong tổng Nitơ của sản phẩm hô hấp	-	0,2
29	α_{Nra}	Tỷ lệ Nitrat trong tổng Nitơ của sản phẩm hô hấp	-	0,4
3. Quá trình phân huỷ và khoáng hoá chất hữu cơ				
30	$\delta_{\text{Pom}}^{\text{Dom}}$	Tốc độ riêng phân huỷ POM thành DOM tại 20°C	(ngày) ⁻¹	0,1
31	K_{1T}	Hệ số biểu thị ảnh hưởng của nhiệt độ đến $\delta_{\text{Pom}}^{\text{Dom}}$	-	1,13
32	$\delta_{\text{Dom}}^{\text{Amo}}$	Tốc độ riêng phân huỷ DOM thành AMO tại 20°C	(ngày) ⁻¹	0,25
33	K_{2T}	Hệ số biểu thị ảnh hưởng của nhiệt độ đến $\delta_{\text{Dom}}^{\text{Amo}}$	-	1,1
34	$\delta_{\text{Amo}}^{\text{Nri}}$	Tốc độ riêng đạm hoá từ AMO thành NRIT tại 20°C	(ngày) ⁻¹	0,75
35	K_{3T}	Hệ số biểu thị ảnh hưởng của nhiệt độ đến $\delta_{\text{Amo}}^{\text{Nri}}$	-	1,08
36	$\delta_{\text{Nri}}^{\text{Nra}}$	Tốc độ riêng đạm hoá từ NRIT thành NRAT tại 20°C	(ngày) ⁻¹	0,65
37	K_{4T}	Hệ số biểu thị ảnh hưởng của nhiệt độ đến $\delta_{\text{Nri}}^{\text{Nra}}$	-	1,18
37	δ_{Nra}^0	Tốc độ riêng nghịch đạm hoá tại 20°C	(ngày) ⁻¹	2,5
39	K_{6T}	Hệ số biểu thị ảnh hưởng của nhiệt độ đến δ_{Nra}^0	-	1,08
4. Các hằng số thiên văn				
40	I_0	Hằng số mặt trời	W/m^2	1353
41	C_1	Hệ số thực nghiệm (để xác định cường độ bức xạ)	-	0,56
42	C_2	Hệ số thực nghiệm (để xác định cường độ bức xạ)	-	0,16
43	Lat	Vĩ độ trung bình vùng biển Quảng Ninh	độ Bắc	21

4. Phương pháp giải mô hình

Tuỳ theo mục đích nghiên cứu, ta có thể sử dụng các phương pháp khác nhau giải bài toán (1), trong đó có 2 mục đích thường được quan tâm là: 1) nghiên cứu biến động theo chu kỳ ngày (hoặc năm) của các hợp phần trong chu trình Nitơ; 2) nghiên cứu hiện trạng phân bố các hợp phần trong chu trình Nitơ. Với mục đích thứ

nhất, bài toán (1) có thể được giải bằng phương pháp lặp Runge-Kuta hoặc Runge-Kuta kết hợp Adamx, điều kiện ban đầu là cho trước giá trị nồng độ hoặc sinh khối 7 hợp phần của chu trình. Với mục đích thứ hai, bài toán (1) được giải trong điều kiện dừng ($dC^i/dt=0$, $i=1..7$). Điều kiện cần thiết phải có là số liệu thực đo (hoặc tính toán bằng một phương pháp nào đó) của các yếu tố môi trường như nhiệt độ nước và cường độ bức xạ tại các tầng nước quan tâm. Đây là những tham số dùng để tính trước các tốc độ riêng chuyển hoá. Phương pháp lặp Seidel thường được sử dụng để giải bài toán (1) cho mục đích nghiên cứu thứ hai, theo đó có thể rút ra được 7 công thức lặp cho 7 hợp phần của chu trình Nitơ với điều kiện các quá trình lặp ấy phải hội tụ. Khi các điều kiện hội tụ thoả mãn, giá trị lặp ban đầu có thể được chọn tuỳ ý khác không và quá trình lặp sẽ kết thúc tại bước lặp thứ n đủ lớn nếu tại đó kết quả nhận được chỉ khác biệt so với kết quả tại bước lặp thứ $n-1$ một giá trị ϵ đủ bé.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã sử dụng phương pháp giải lặp Seidel đối với bài toán (1) ở điều kiện dừng. Nguồn số liệu ban đầu được chuẩn bị từ kết quả các đợt khảo sát tại vùng biển Quảng Ninh trong mùa hè các năm 2000 và 2001 do đề tài KHĐL-CIS-01 thực hiện.

5. Kết quả áp dụng mô hình tại vùng biển Quảng Ninh

Trong bảng 2 và các hình 2, 3, 4, 5 đưa ra một số kết quả cơ bản áp dụng mô hình tại vùng biển Quảng Ninh trong mùa hè. Thấy rõ đây là vùng biển có sức sản xuất sơ cấp cao - một đặc điểm chung nhất của các thủy vực nhiệt đới ven bờ giàu dinh dưỡng [1, 2, 3, 4, 5].

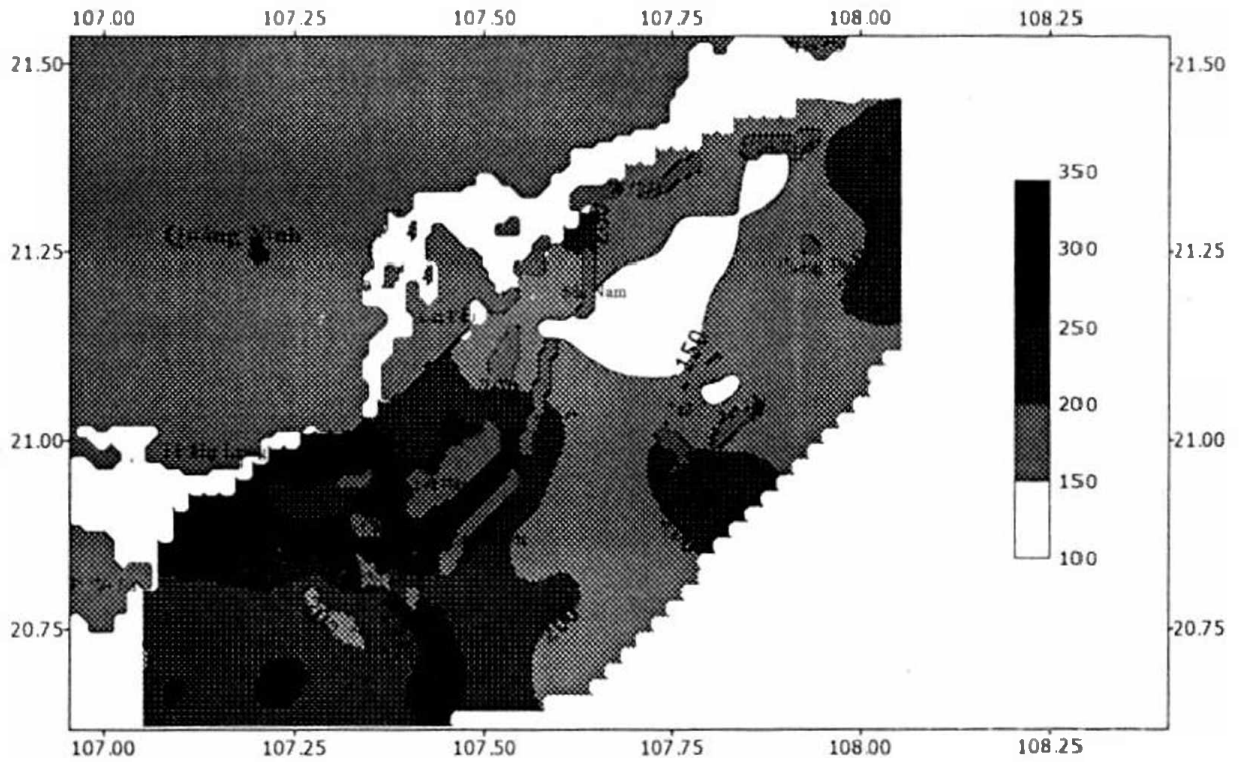
Sức sản xuất sơ cấp thô của vùng biển dao động chủ yếu trong khoảng 150 đến 300 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{ngày}$, trung bình 210 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{ngày}$ trong đó lượng sản phẩm tinh chiếm khoảng 40-45%. Khu vực phía nam có sản phẩm thô trên 200 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{ngày}$, sản phẩm tinh trên 100 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{ngày}$ cao hơn hẳn khu vực phía bắc (hình 2). Điều này liên quan chặt chẽ tới các điều kiện sinh thái thuận, trong đó lượng dinh dưỡng ở khu vực phía nam thường cao hơn. Đặc biệt, khu vực xung quanh đảo Ngọc Vừng, Vạn Cảnh, Trà Bản và lân cận có sức sản xuất sơ cấp thô 250-300 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{ngày}$, sức sản xuất sơ cấp tinh trên 130 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{ngày}$, cao nhất vùng biển nghiên cứu. Mặc dù thực vật nổi tập trung chủ yếu ở khu vực biển kín phía trong hệ thống đảo (sinh khối đạt trên 2500 $\text{mg-tươi}/\text{m}^3$) nhiều hơn so với khu vực biển thoáng phía ngoài (hình 3), song không phải tốc độ tổng hợp chất hữu cơ tỷ lệ với sinh khối của chúng. Chỉ ở khu vực phía nam vùng nghiên cứu, nhất là khu vực xung quanh đảo Ngọc Vừng, Vạn Cảnh, Trà Bản và lân cận như đã nêu mới có nhiều điều kiện thuận lợi hơn để tốc độ tổng hợp chất hữu cơ cao nhất vùng biển. Điều này còn được thấy rõ ở khu vực xung quanh quần đảo Cô Tô: sinh khối thực vật nổi trên 2500 $\text{mg-tươi}/\text{m}^3$ tương đương với khu vực biển kín phía trong dãy đảo nhưng sức sản xuất sơ cấp thô chỉ đạt khoảng 150-200 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{ngày}$.

Bảng 2. Giá trị trung bình các đặc trưng của quá trình sản xuất vật chất hữu cơ toàn vùng biển Quảng Ninh trong mùa hè (kết quả tính toán)

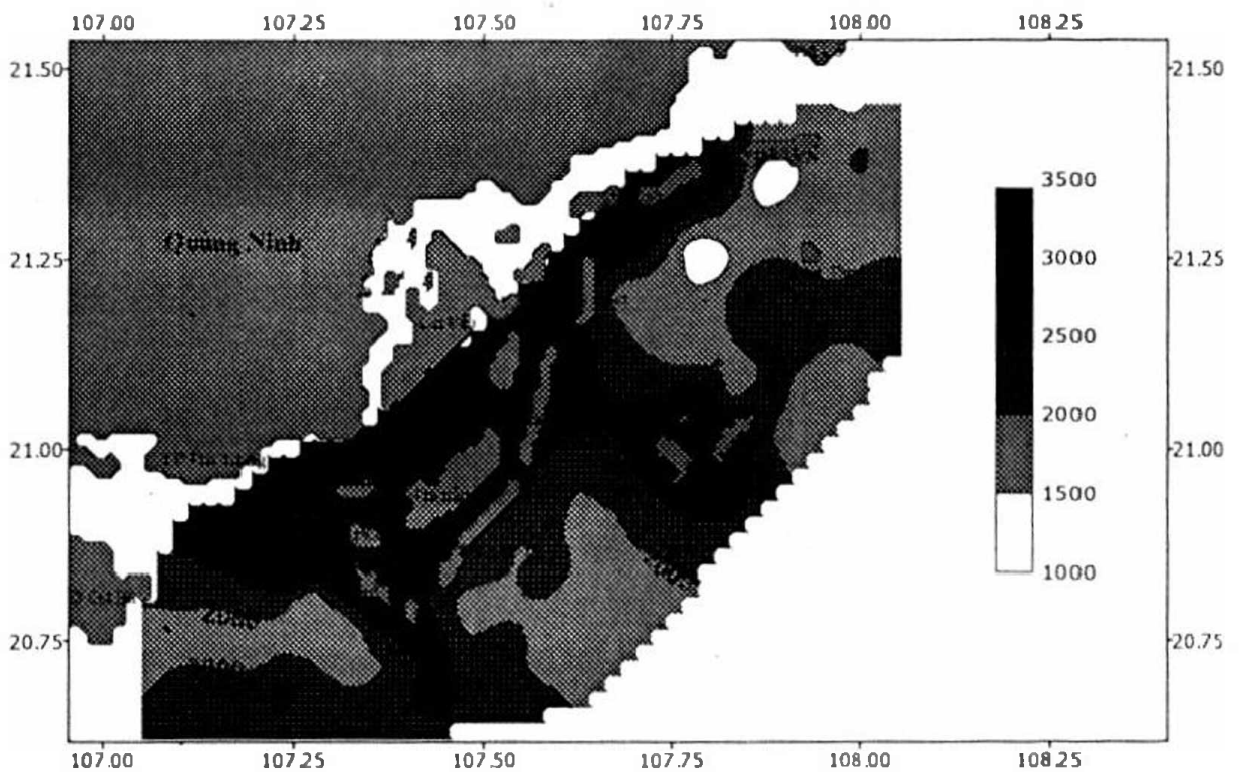
Các đặc trưng	Khu vực biển kín phía trong dãy đảo	Khu vực biển thoáng phía ngoài dãy đảo
Trung bình trong 1m³ nước biển		
Sinh khối thực vật nổi (mg-tươi/m ³)	2907	1959
Năng suất thô (mgC/m ³ /ngày)	228	194
Hô hấp của thực vật nổi (mgC/m ³ /ngày)	138	106
Năng suất tinh (mgC/m ³ /ngày)	90	87
Sinh khối động vật nổi (mg-tươi/m ³)	339	313
Đồng hoá (mgC/m ³ /ngày)	57	56
Hô hấp động vật nổi (mgC/m ³ /ngày)	54	53
Năng suất động vật nổi (mgC/m ³ /ngày)	2,86	2,79
Trung bình trong cột nước thiết diện 1m² từ mặt đến đáy		
Tổng sinh khối thực vật nổi (mg-tươi/m ²)	26230	36749
Tổng năng suất thô (mgC/m ² /ngày)	2033	3558
Tổng năng suất tinh (mgC/m ² /ngày)	787	1598
Hệ số P/B ngày của thực vật nổi	1,3	1,64
Hiệu suất tự dưỡng	1,64	1,81
Hiệu suất chuyển hoá năng lượng tự nhiên (%)	0,004	0,01
Tổng sinh khối động vật nổi (mg-tươi/m ²)	2947	5748
Tổng đồng hoá (mgC/m ² /ngày)	497	1018
Tổng năng suất động vật nổi (mgC/m ² /ngày)	25	51
Hệ số P/B ngày của động vật nổi	0,139	0,149
Hiệu suất chuyển hoá năng lượng ĐVN – TVN	0,031	0,032

Đối với sản phẩm thứ cấp (động vật nổi), nét tương đồng giữa bức tranh phân bố sinh khối và năng suất của chúng thể hiện khá rõ (hình 4, 5) và rất phù hợp với phân bố của sức sản xuất sơ cấp của thực vật nổi. Đây là sự biểu hiện rõ nhất và đúng quy luật về quan hệ dinh dưỡng bậc thấp ở vùng biển nghiên cứu.

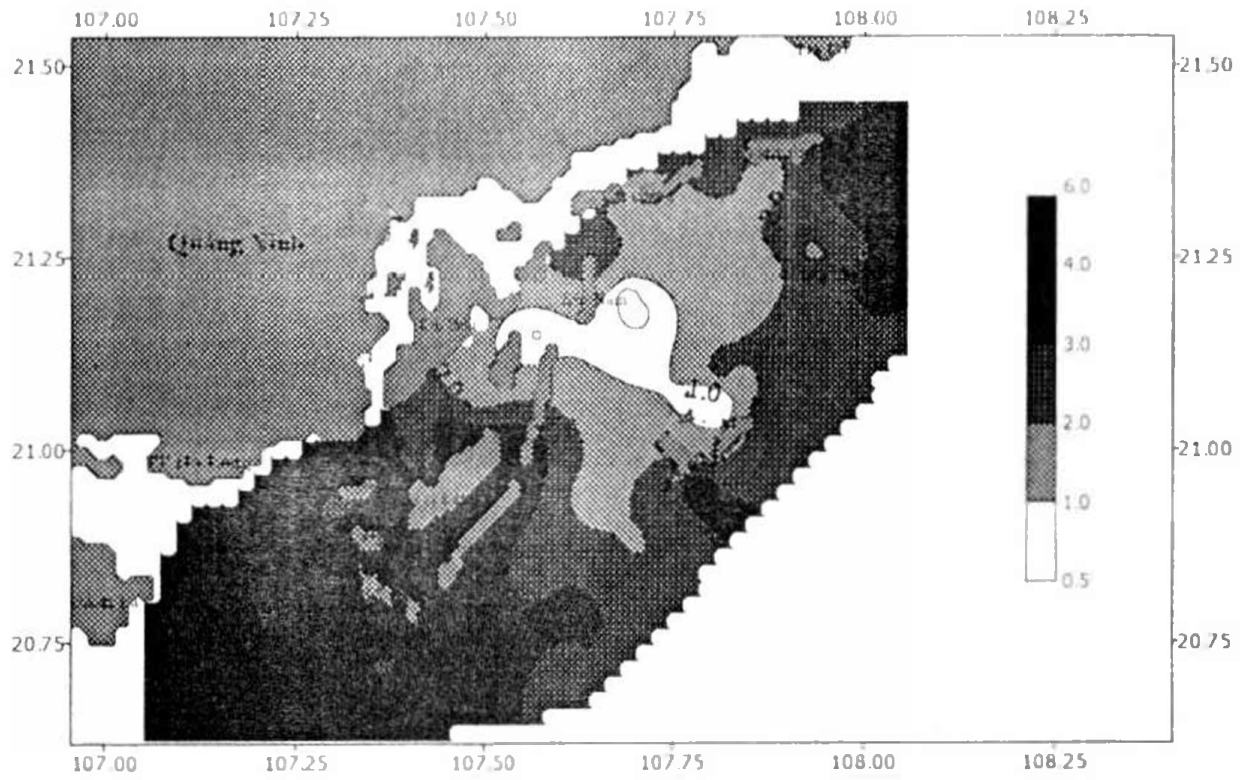
Hệ số P/B ngày của thực vật nổi có giá trị chủ yếu trong khoảng 1,30-1,64, trung bình 1,5 cho thấy tốc độ tổng hợp chất hữu cơ của một đơn vị sinh khối thực vật nổi khá cao; hiệu suất tự dưỡng luôn luôn lớn hơn 1 (trung bình 1,7) chứng tỏ vật chất tổng hợp được không những đủ chi dùng cho chính thực vật nổi mà còn được tích lũy khá nhiều trong sản phẩm tinh để các bậc dinh dưỡng tiếp theo sử dụng. Hiệu suất chuyển hoá năng lượng tự nhiên của vùng biển khoảng 0,002% đến trên 0,015%, trung bình 0,008% là ở mức thấp so với một số vùng biển ven bờ Việt Nam (như đầm phá Tam Giang-Cầu Hai 0,04%, vùng biển nước trời Nam Trung Bộ 0,02%... [1, 2, 3, 4, 5]).



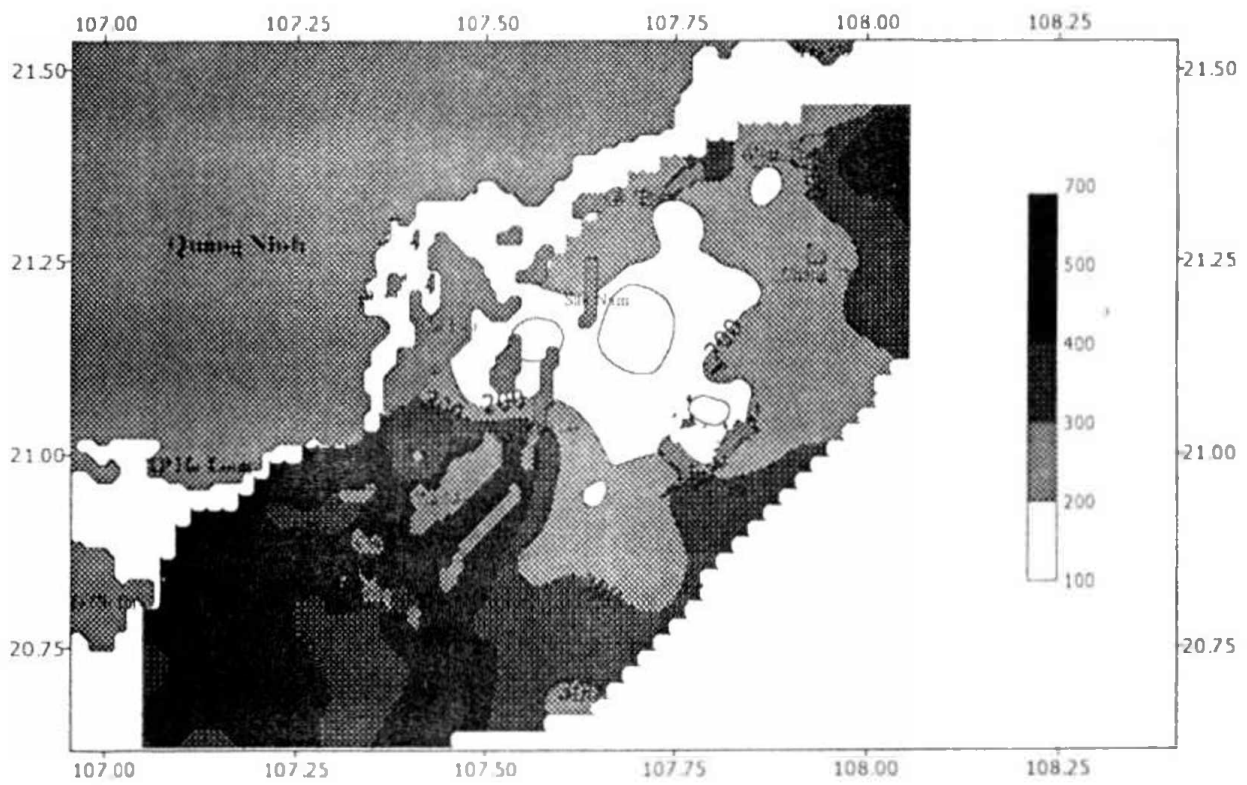
Hình 2. Phân bố nồng độ sơ cấp thô ($\text{mgC}/\text{m}^3/\text{ngày}$) tầng mặt mùa hè (kết quả tính toán)



Hình 3. Phân bố sinh khối thực vật nổi ($\text{mg-tươi}/\text{m}^3$) tầng mặt mùa hè (kết quả tính toán)



Hình 4. Phân bố năng suất thứ cấp của động vật nổi ($\text{mgC}/\text{m}^3/\text{ngày}$) tầng mặt mùa hè (kết quả tính toán)



Hình 5. Phân bố sinh khối động vật nổi ($\text{mg-tươi}/\text{m}^3$) tầng mặt mùa hè (kết quả tính toán)

Lời cảm ơn. Nghiên cứu này được hoàn thành với sự hỗ trợ kinh phí của Hội đồng Khoa học Tự nhiên giai đoạn 2001-2003 (đề tài 731601) và nguồn tài liệu khảo sát của đề tài nghiên cứu khoa học độc lập cấp Nhà nước KHĐL-CIS-01 (2000-2001) do GS Lê Đức Tố làm chủ nhiệm, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG Hà Nội là cơ quan chủ trì. Các tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ trên.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Tác An, Năng suất sinh học sơ cấp và hiệu ứng sinh thái của dòng nước trôi ở vùng biển Nam Trung Bộ, *Các công trình nghiên cứu vùng nước trôi mạnh Nam Trung bộ*, Nxb. KH & KT Hà Nội, 1977, tr. 114-130.
2. Đỗ Trọng Bình, Kết quả tính toán năng suất sinh học sơ cấp và hiệu quả sinh thái của thực vật nổi vào mùa khô (tháng 1-1997) tại vịnh Hạ Long, *Tài nguyên và Môi trường Biển*, Nxb. KH & KT Hà Nội, T.4, 1997, tr. 206-213.
3. Đoàn Bộ, Nguyễn Đức Cự, Nghiên cứu năng suất sinh học sơ cấp của thực vật nổi trong hệ sinh thái vùng triều cửa sông Hồng, *Tài nguyên và Môi trường biển*, Nxb. KH & KT Hà Nội, T.3, 1996, tr.169-176.
4. Đoàn Bộ, Mô hình toán học phân bố sinh vật nổi và năng suất sinh học sơ cấp ở vùng nước trôi thêm lục địa Nam Trung Bộ, *Tạp chí Sinh học*, T.19, No 4, 1997, tr. 35-42.
5. Đoàn Bộ, Nghiên cứu năng suất sinh học quần xã Plankton vùng đầm phá Tam Giang-Cầu Hai bằng phương pháp mô hình toán, *Tạp chí khoa học ĐHQGHN: Tuyển tập các công trình khoa học Hội nghị Khoa học ĐHKHTN: Ngành Khí tượng - Thủy văn - Hải dương*, 1998, tr. 1-7.
6. Đinh Văn Ưu, Đoàn Văn Bộ và nnk, *Nghiên cứu cấu trúc 3 chiều (3D) thủy nhiệt động lực học biển Đông và ứng dụng của chúng*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp nhà nước KHCN-06-02, tài liệu lưu trữ tại Chương trình Biển KHCN-06, Hà Nội 2000.
7. Gregoire M., J.-M. Beckers, J.C.J. Nihoul, E. Stanev, Coupled hydrodynamic ecosystem model of the Black Sea at the basin scale, *Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea*, Ed. by Ozsoy E. and A. Mikaelyan, 1997, pp. 487-499.
8. Walsh J.J. Mc Roy C.P., et al, Carbon and nitrogen cycling within the Bering/Chukchi Sea: source regions for organic matter affecting AOU demands of the Arctic Ocean, *Progress Oceanography*, 1989, pp. 277-359.

A MODEL ON NITROGEN TRANSFORMATION CYCLE IN MARINE ECOSYSTEM

Doan Bo, Trinh Le Ha

*Department of Hydro Meteorology and Oceanology
College of Science, VNU*

The model on Nitrogen transformation cycle in the marine ecosystem has been established and used to study on primary productivity in Quang Ninh sea area. In the cycle, the Nitrogen element is transformed through 7 compounds: Phytoplankton, Zooplankton, Particle Organic Matter, Dissolved Organic Matter, Ammonium, Nitrite and Nitrate. The transformation processes in the cycle were simulated by system of 7 differential equations. Some results of the application the model into Quang Ninh sea area show that: The Rough primary productivity in the sea area in summer is about 150 to 300 mgC/m³/day, average 210 mgC/m³/day and Pure primary productivity is about 40-45%. Average of P/B day coefficient of phytoplankton is 1.5, of natural energy transformation coefficient is 0.01%.

This work was supported by the Natural Science Council of Vietnam (2001-2003) and investigative data of Subject KHĐL-CIS-01 (2000-2001).