

# Triển khai mô hình chu trình chuyển hóa nitơ đánh giá năng suất sinh học quần xã plankton vịnh Bắc Bộ

Trịnh Thị Lê Hà<sup>1,\*</sup>, Đặng Thị Mai<sup>1</sup>, Đoàn Bộ<sup>1</sup>, Bùi Thanh Hùng<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup>Trung tâm Dự báo Ngư trường Khai thác Hải sản, Viện Nghiên cứu Hải Sản, 224 Lê Lai, Hải Phòng

Nhận ngày 08 tháng 12 năm 2014

Chỉnh sửa ngày 17 tháng 12 năm 2014; Chấp nhận đăng ngày 05 tháng 01 năm 2015

**Tóm tắt:** Mô hình chu trình chuyển hóa nitơ trong hệ sinh thái biển bao gồm 7 hợp phần (thực vật nổi, động vật nổi, chất hữu cơ lơ lửng, chất hữu cơ hòa tan, amoni, nitrit và nitrat) đã được sử dụng trong nghiên cứu này. Mô hình cho kết quả đa dạng, phong phú, gồm phân bố 3D sinh khối (hàm lượng, nồng độ) và giá trị tích phân của 7 hợp phần kê trên cùng nhiều đặc trưng của quá trình sản xuất sơ cấp, thứ cấp và các hiệu suất sinh thái. Kết quả triển khai mô hình cho toàn vịnh Bắc Bộ với quy mô trung bình tháng trên các ô lưới 0,25 độ kinh vĩ trong năm 2013 cho thấy: 1) Phân bố và biến động 7 hợp phần thể hiện rõ tính chất mùa, trong đó mùa hè là thời kỳ có nhiều điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của quần xã sinh vật nổi biển; 2) Mặc dù là vịnh nửa kín có nhiều sông ngòi đổ vào, nhưng các quá trình sinh hóa học nội tại trong vịnh mới là nguyên nhân chính tạo nên thủy vực nhiệt đới vịnh Bắc Bộ giàu dinh dưỡng, có tốc độ tổng hợp và tích lũy chất hữu cơ cao.

**Từ khóa:** Chu trình Nitơ, Năng suất sinh học, Quần xã Plankton, vịnh Bắc Bộ.

## 1. Mở đầu

Năng suất sinh học quần xã sinh vật nổi biển là nguồn vật chất cơ sở từ đó các động vật có thể sử dụng tiếp lên theo các kênh dinh dưỡng của hệ sinh thái biển. Hiểu biết đầy đủ quy luật phân bố, biến động năng suất sinh học quần xã sinh vật nổi sẽ có ý nghĩa to lớn đối với khoa học và thực tiễn, đặc biệt trong đánh giá tiềm năng nguồn lợi hải sản vùng biển.

Ở vịnh Bắc Bộ (VBB), các nghiên cứu theo nội dung này tuy bắt đầu từ khá sớm, song chủ yếu tập trung ở một số khu vực biển ven bờ tây

và hầu như ít có khu vực được nghiên cứu lặp lại [1-3], các phương pháp sử dụng trong nghiên cứu lại thường khác nhau nên việc so sánh các kết quả cũng có nhiều bất cập.

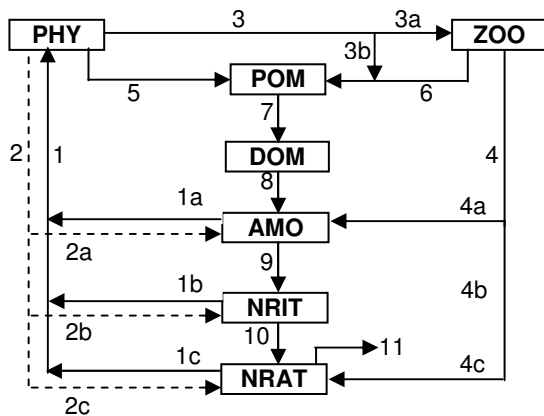
Nghiên cứu này giới thiệu kết quả ứng dụng mô hình chu trình chuyển hóa nitơ cho toàn VBB để nghiên cứu sự phân bố và biến động mùa một số đặc trưng cơ bản của quá trình sản xuất vật chất hữu cơ vùng biển.

## 2. Phương pháp nghiên cứu, tài liệu sử dụng

Mô hình chu trình nitơ trong hệ sinh thái biển đã được nhóm các nhà khoa học Trường

\* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-4-35586898  
Email: hatl@vnu.edu.vn

ĐH Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN nghiên cứu phát triển từ một mô hình đơn giản của Phòng nghiên cứu Địa Thủy Động lực và Môi trường (GHER) thuộc Đại học Liege (Vương quốc Bỉ). Trong mô hình (hình 1), nguyên tố nitơ được chuyển hóa 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 (Amonium - AMO), Nitrit (Nitrite - NRI), Nitrat (Nitrate - NRA).



Hình 1. Sơ đồ chu trình chuyển hóa nitơ trong hệ sinh thái biển [4, 5, 6].

Các quá trình chuyển hóa trong chu trình gồm: 1) quang hợp của PHY (1a, 1b, 1c tương ứng là các quá trình sử dụng amoni, nitrit, nitrat); 2) hô hấp của PHY (2a, 2b, 2c – tái sinh trực tiếp các muối dinh dưỡng nitơ vô cơ); 3) dinh dưỡng của ZOO (3a, 3b – đồng hóa và không đồng hóa); 4) hô hấp của ZOO (4a, 4b, 4c - tái sinh trực tiếp các muối dinh dưỡng nitơ vô cơ); 5) chết tự nhiên của PHY; 6) chết tự nhiên của ZOO; 7) phân hủy chất hữu cơ; 8) khoáng hóa chất hữu cơ; 9) đạm hóa chuyển AMO thành NRI; 10) đạm hóa chuyển NRI thành NRA; 11) nghịch đạm hóa chuyển NRA thành nitơ tự do (khí) thoát khỏi chu trình.

Nồng độ hoặc sinh khối của hợp phần sẽ tăng lên khi quá trình là hướng tới và ngược lại. Cường độ các quá trình tăng/giảm phụ thuộc vào các điều kiện sinh thái-môi trường như đặc điểm thành phần loài sinh vật nổi, nhiệt độ, cường độ bức xạ tự nhiên,... đã được nghiên cứu, mô phỏng toán học và công bố trong [4, 5, 6]. Mô hình toán của chu trình là một hệ gồm 7 phương trình vi phân thường có dạng:

$$dC^i/dt = Prod^i - Dest^i, \quad i=1..7$$

trong đó  $C^i$  là nồng độ (hoặc sinh khối) của hợp phần  $i$ ;  $Prod^i$ ,  $Dest^i$  tương ứng là tổng tốc các quá trình làm tăng, giảm nồng độ hoặc sinh khối của hợp phần.

Với mục đích nghiên cứu hiện trạng phân bố các hợp phần trong chu trình, mô hình được giải bằng phương pháp lặp Runge-Kutta cho đến “tựa dừng” với nghiệm ban đầu tùy ý khác 0. Cách xử lý này được sử dụng để xem xét sự phân bố 7 hợp phần của chu trình tại thời điểm khảo sát, hoặc trung bình ngày, tuần, tháng, thậm chí trung bình mùa.

Trong nghiên cứu này, mô hình được áp dụng cho toàn VBB (trung bình tháng) với nguồn dữ liệu đầu vào gồm: 1) Trường 3D nhiệt biển VBB trung bình tháng (12 tháng năm 2013) và trung bình trên các ô lưới 0,25 độ kinh vĩ theo các tầng chuẩn (số liệu từ dự án Movimar VN-CH Pháp); 2) Trường độ sâu VBB có độ phân giải như trường nhiệt; 3) Trường bức xạ tự nhiên trên mặt biển được tính theo các hằng số thiên văn và vĩ độ địa lý; 4) Các tham số sinh thái được lựa chọn phù hợp điều kiện biển nhiệt đới VBB trên cơ sở tham khảo các tài liệu đã công bố trong và ngoài nước [4-9].

Các kết quả của mô hình gồm 4 nhóm: 1) phân bố 3D (quy mô như trường nhiệt) của 10 yếu tố gồm nồng độ (và sinh khối) 7 hợp phần cùng năng suất sơ cấp thô, tinh và năng suất thứ cấp; 2) phân bố 2D giá trị trung bình cột nước

của 10 yếu tố nêu trên; 3) phân bố 2D giá trị tích phân trong cột nước 1m<sup>2</sup> lớp quang hợp của sinh khối, năng suất và chất rắn; 4) phân bố 2D các hiệu suất sinh thái trong toàn cột nước (hệ số P/B ngày của PHY, của ZOO, hiệu suất tự dưỡng, chuyển hóa năng lượng tự nhiên, chuyển hóa năng lượng qua 2 bậc PHY-ZOO).

### 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

#### 3.1. Tính chất mùa trong quá trình sản xuất vật chất hữu cơ của quần xã plankton VBB

Đối với vùng biển nhiệt đới VBB, bức xạ tự nhiên không có sự khác biệt nhiều giữa các mùa như ở vùng vĩ độ cao nên có thể không được xem là yếu tố giới hạn quang hợp ở lớp mặt (sự suy giảm bức xạ theo độ sâu có ảnh hưởng đáng kể đến quá trình này). Bởi vậy, nhìn chung quá trình sản xuất vật chất hữu cơ trong quần xã sinh vật nổi biển VBB phụ thuộc chủ yếu vào nền nhiệt. Bảng 1 đưa ra kết quả tổng hợp tính giá trị trung bình độ sâu và trung bình tháng trong năm 2013 trên toàn vịnh cho các hợp phần đặc trưng của quần xã plankton VBB.

Bảng 1. Giá trị trung bình tháng (năm 2013) trên toàn vịnh của các hợp phần

Tháng Hợp phần	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1) Giá trị trung bình cột nước từ mặt đến đáy												
1. PHY	774	760	761	779	809	836	849	851	850	845	829	801
2. ZOO	86	85	85	90	98	101	101	101	101	107	101	92
3. NSSC thô	100	100	100	104	112	116	117	117	117	121	114	105
4. NSSCtinh	90	88	88	94	104	109	110	110	110	114	107	97
5. NSTC	0,88	0,89	0,88	0,91	0,96	0,95	0,94	0,98	0,94	1,00	0,97	0,91
6. AMO	0,64	0,68	0,66	0,63	0,60	0,57	0,55	0,55	0,55	0,58	0,59	0,60
7. NRI	0,30	0,35	0,33	0,28	0,22	0,19	0,18	0,18	0,17	0,19	0,20	0,24
8. NRA	14,63	13,57	13,34	14,35	16,19	17,12	17,24	17,32	17,41	18,40	17,78	16,25
9. POM	31,13	37,58	36,29	29,89	24,10	20,59	19,63	19,57	18,85	19,57	20,81	24,37
10. DOM	22,09	25,35	24,61	21,24	18,07	15,94	15,22	15,15	14,94	15,84	16,67	18,56
2) Một số đặc trưng môi trường và hiệu suất sinh thái												
11. T0	21,97	20,62	21,30	23,92	26,92	28,84	29,46	29,46	28,60	25,56	26,10	24,42
12. PAR	0,167	0,187	0,201	0,222	0,226	0,225	0,224	0,222	0,211	0,192	0,171	0,161
13. H1	1,94	1,93	1,94	2,02	2,14	2,16	2,14	2,14	2,14	2,25	2,15	2,01
14. H2	0,171	0,174	0,173	0,169	0,163	0,157	0,155	0,155	0,155	0,156	0,159	0,165
15. H3	9,94	8,73	8,90	10,66	13,83	16,40	17,41	17,48	17,60	18,06	15,95	12,56
16. H4	0,0189	0,0169	0,0155	0,0152	0,0159	0,0163	0,0164	0,0165	0,0172	0,0200	0,0213	0,0207
17. H5	0,0098	0,0101	0,0100	0,0096	0,0092	0,0088	0,0086	0,0086	0,0085	0,0088	0,0090	0,0094
18. H6	71	67	68	71	75	77	78	77	79	81	80	76
19. H7	1:0,5:23	1:0,5:20	1:0,5:20	1:0,4:23	1:0,4:27	1:0,3:30	1:0,3:31	1:0,3:31	1:0,3:32	1:0,3:32	1:0,3:30	1:0,4:27

Ghi chú:

PHY, ZOO (mg-tươi/m<sup>3</sup>) - Sinh khối thực vật nổi và động vật nổi

NSSC thô, NSSC tinh, NSTC (mg-C/m<sup>3</sup>/ngày) - Năng suất sơ cấp thô, tinh và năng suất thứ cấp;

AMO, NRI, NRA (mg-N/m<sup>3</sup>) - nồng độ Amoni, Nitrit và Nitrat

POM, DOM (mg-C/m<sup>3</sup>) - Hàm lượng chất hữu cơ lơ lửng và hòa tan;

T0 (oC) - Nhiệt độ lớp nước mặt; PAR (Cal/cm<sup>2</sup>/phút) - Bức xạ quang hợp trên mặt biển

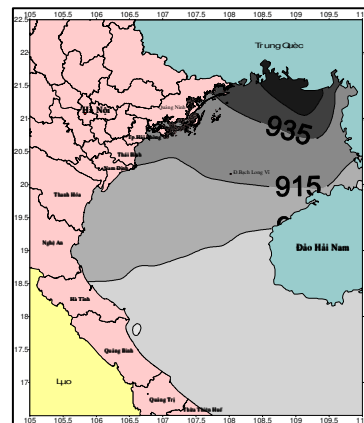
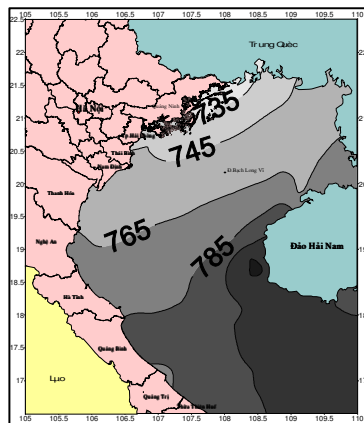
H1, H2 (1/ngày) Hệ số P/B ngày của quần xã thực vật nổi và động vật nổi;

H3 - Hiệu suất tự dưỡng; H4 - Hiệu suất chuyển hóa năng lượng tự nhiên;

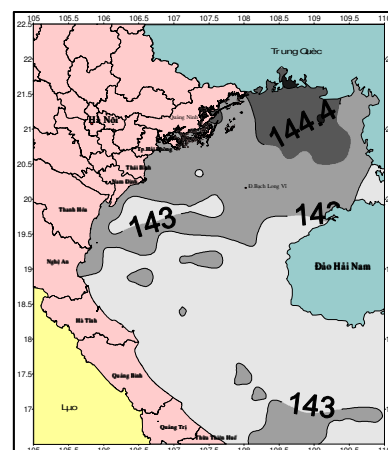
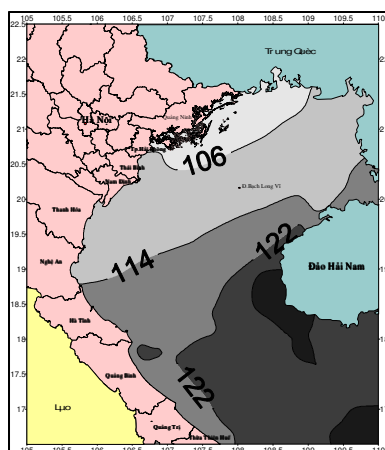
H5 - Hiệu suất chuyển hóa năng lượng của động vật nổi; H6 (%) - Tỷ lệ DOM/POM; H7 - Tỷ lệ AMO; NRI: NRA

Phân bố sinh khối thực vật nổi (TVN) VBB trong năm 2013 thể hiện rõ tính chất mùa. Trong mùa gió đông bắc xu hướng phát triển của TVN tăng dần từ bắc vào nam, tập trung chủ yếu ở vùng nước ấm cửa vịnh có nhiệt độ trên 23°C (hình 2), vùng nước lạnh ven bờ phía bắc và tây bắc vịnh có nhiệt độ 17- 20°C không thuận lợi cho quang hợp. Trong mùa này sinh

khối TVN và năng suất sơ cấp thô (NSSC) trung bình cột nước toàn vịnh đạt không quá 800 mg-tươi/m<sup>3</sup> và 100 mg-C/m<sup>3</sup>/ngày (bảng 1). So với các thời kì khác trong năm, mùa đông không phải là thời kì phát triển của TVN do nền nhiệt giảm và phân hóa mạnh, nhất là trong các tháng chính đông.



Sinh khối TVN (mg-tươi/m<sup>3</sup>) tháng 1 (trái) và tháng 7.



Năng suất sơ cấp thô (mg-C/m<sup>3</sup>/ngày) tháng 1 (trái) và tháng 7.

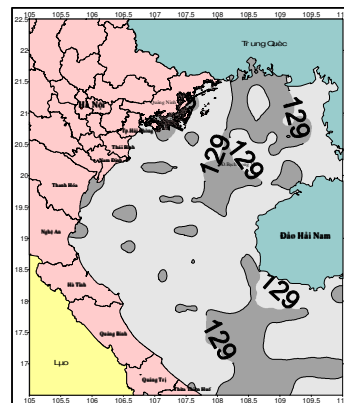
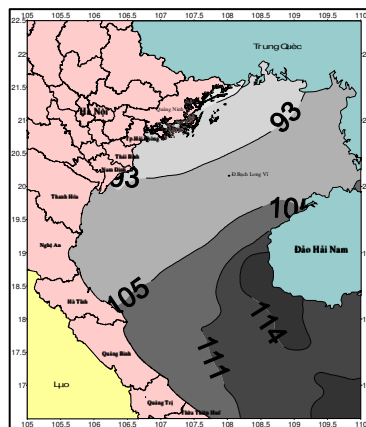
Hình 2. Phân bố trong lớp nước mặt sinh khối TVN và năng suất sơ cấp.

Mùa gió tây nam được xem là thời kỳ phát triển của TVN với sinh khối trung bình cột nước trên toàn vịnh đạt cỡ 830-850 mg-tươi/m<sup>3</sup>, NSSC (thô) 110-120 mg-C/m<sup>3</sup>/ngày (bảng 1). Trong mùa này (nhất là các tháng chính hè), nhiệt độ nước biển bề mặt khoảng 28-30°C khá gần giá trị thuận (27°C) và ít bị phân hóa dẫn đến phân bố sinh khối TVN và NSSC về giá trị không có sự khác biệt đáng kể giữa các khu vực, song xu thế phát triển tăng từ nam lên bắc (ngược với mùa đông) thể hiện tương đối rõ (hình 2).

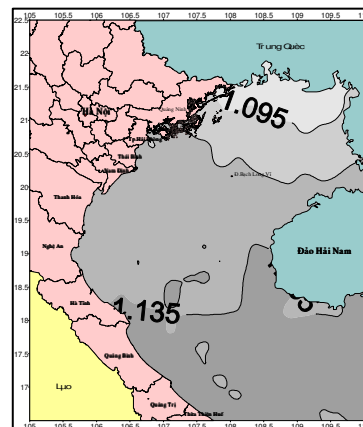
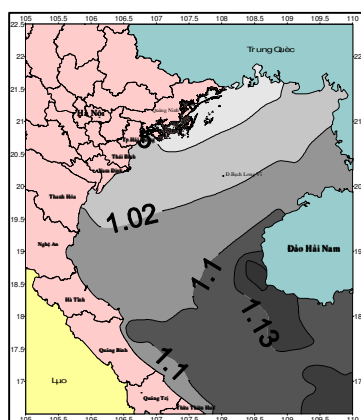
Tương tự như quá trình sản xuất sơ cấp, bức tranh phân bố và biến động năng suất sinh học thứ cấp (NSTC) của động vật nổi (ĐVN) cũng

thể hiện tính chất mùa. Vào mùa gió đông bắc, xu thế phát triển của ĐVN tăng từ bắc vào nam, tập trung chủ yếu ở vùng nước ấm cửa vịnh (hình 3). Trong mùa này, sinh khối ĐVN trung bình cột nước toàn vịnh 85-90 mg-tươi/m<sup>3</sup>, NSTC cỡ 0,9 mg-C/m<sup>3</sup>/ngày (bảng 1). Vào mùa gió tây nam, sinh khối ĐVN và NSTC khá đồng nhất với giá trị trong lớp nước mặt tương ứng đạt 130 mg-tươi/m<sup>3</sup> và trên 1 mg-C/m<sup>3</sup>/ngày, nhưng không thể hiện xu thế phát triển tăng về phía bắc như TVN (hình 3).

Theo phương thẳng đứng, phân bố của các hợp phần thể hiện sự đồng nhất tương đối trong mùa đông do xáo trộn mạnh và sự phân tầng trong mùa hè (hình 4), tương tự trường nhiệt.

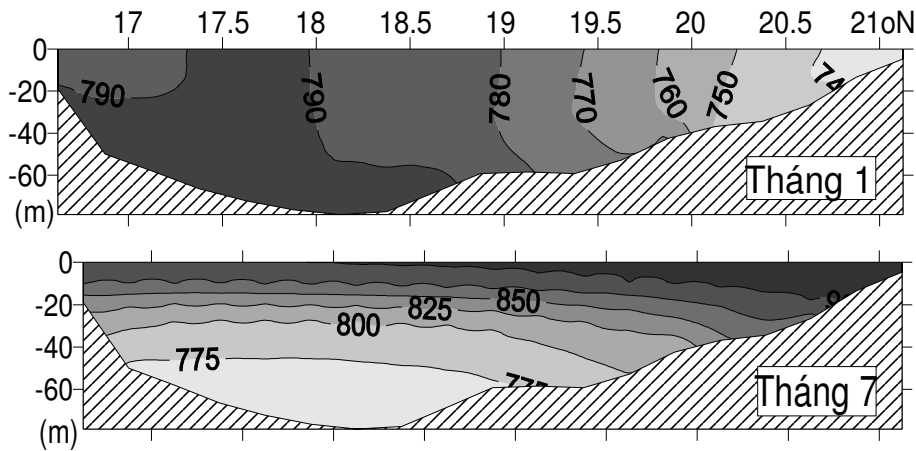


Sinh khối ĐVN (mg-tươi/m<sup>3</sup>) tháng 1 (trái) và tháng 7



Năng suất thứ cấp (mg-C/m<sup>3</sup>/ngày) tháng 1 (trái) và tháng 7

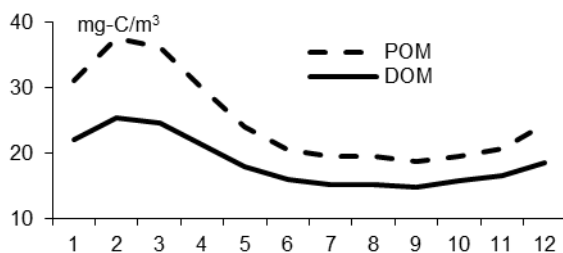
Hình 3. Phân bố trong lớp nước mặt sinh khối ĐVN và năng suất thứ cấp.



Hình 4. Phân bố sinh khối TVN ( $\text{mg-tươi/m}^3$ ) trên mặt cắt kinh tuyến  $108^\circ\text{E}$ .

### 3.2. Vịnh Bắc Bộ, một thủy vực nhiệt đới giàu dinh dưỡng

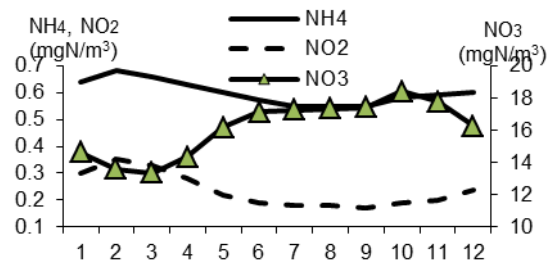
Kết quả tổng hợp trong bảng 1 cho thấy tỷ lệ  $H_6 = \text{DOM/POM} = 67\text{-}81\%$ , đồng nghĩa với hiện tượng phần lớn chất hữu cơ lơ lửng (POM) được chuyển thành chất hữu cơ hòa tan (DOM). Đây là khâu đầu tiên của quá trình phân hủy và khoáng hóa chất hữu cơ để tạo nên hợp phần dinh dưỡng nitơ vô cơ cơ cần thiết cho quang hợp của TVN. Thấy rõ các tháng mùa đông (nhất là tháng 2, 3) thuộc pha tích lũy chất hữu cơ và ngay sau đó chuyển sang pha phân hủy với cường độ cao (bảng 1, hình 4).



Hình 4. Biến trình năm giá trị trung bình cột nước của hàm lượng các chất hữu cơ.

Đồng thời với quá trình phân hủy chất hữu cơ, quá trình đạm hóa với cường độ cao đã

chuyển phần lớn các muối amoni và nitrit thành nitrat với tỷ lệ bình quân trong VBB là  $H_7 = \text{amoni/nitrit/nitrat} = 1:(0,3\text{-}0,5):(20\text{-}32)$  – bảng 1. Đây là quy luật phổ biến của chu trình chuyển hóa nitơ VBB, trong đó nitrit là sản phẩm trung gian của đạm hóa nên không bền và nitrat là sản phẩm cuối cùng nên nồng độ cao nhất. Cũng do đạm hóa nên pha biến đổi của nitrat ngược với pha biến đổi của amoni và nitrit (hình 5).



Hình 5. Biến trình năm giá trị trung bình cột nước của nồng độ các hợp phần nitơ vô cơ.

Các đặc điểm phân bố và biến đổi dinh dưỡng nêu trên cho thấy VBB không khi nào thiếu hụt dinh dưỡng nitơ. Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của nước từ lục địa đến nguồn dinh dưỡng chưa được xét đến, song chỉ riêng

quá trình sinh hóa học nội tại đã đảm bảo VBB là một thủy vực nhiệt đới giàu dinh dưỡng, có tốc độ tổng hợp và tích lũy chất hữu cơ cao. Đây là thủy vực có khả năng tự dưỡng với hiệu suất tự dưỡng luôn lớn hơn 1, có giá trị  $H3=8\div 18$  (bảng 1), chứng tỏ lượng vật chất hữu cơ sơ khởi rất dồi dào, không chỉ thỏa mãn nhu cầu tự dưỡng của chính TVN mà còn dư thừa cho các động vật bậc cao sử dụng.

#### 4. Kết luận

Phân bố và biến động của quá trình sản xuất vật chất hữu cơ trong VBB thể hiện rõ tính chất mùa, trong đó mùa hè là thời kỳ có nhiều điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của quần xã sinh vật nổi biển. Cùng với điều đó, các quá trình sinh hóa học nội tại trong vịnh là nguyên nhân chính tạo nên thủy vực nhiệt đới vịnh Bắc Bộ giàu dinh dưỡng, có tốc độ tổng hợp và tích lũy chất hữu cơ cao.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Tác An, 1980, Sơ bộ nhận xét về năng suất sinh học bậc một ở vịnh Bắc Bộ, Tuyển tập nghiên cứu biển, T2, phần 1, Nha Trang, 73.
- [2] 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, T3, NXB Khoa học & Kỹ thuật Hà Nội, 169, 1996.
- [3] 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, T4, NXB Khoa học & Kỹ thuật Hà Nội, 206, 1997.
- [4] 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, 487, 1997.
- [5] Đinh Văn Ưu, Nghiên cứu cấu trúc 3 chiều thủy nhiệt động lực học Biển Đông và ứng dụng, Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước KHCN-06-02, Cục Thông tin KH&CN Quốc gia, Hà Nội, 2000.
- [6] Đoàn Bộ, A model for nitrogen transformation cycle in marine ecosystem, Proceedings Extended Abstracts Volume, Theme 1, Session 3: Biogeochemical Cycling and Its Impact on Global Climate Change, 6Th IOC/WESTPAC International Scientific Symposium, 19-23 April 2004, Hangzhou, China, Published by Marine and Atmospheric Lab, School of Environmental Earth Science, Hokkaido University, Japan (2005), 54, 2005.
- [7] Đoàn Bộ, Nguyễn Hương Thảo, Bùi Thanh Hùng, 2012, Ước tính trữ lượng tiềm năng và khả năng khai thác nguồn lợi cá nổi nhỏ vùng biển vịnh Bắc Bộ, Tạp chí khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, T28, 3S, 9.
- [8] Viện Tài nguyên & Môi trường biển, Nghiên cứu ứng dụng hệ thống mô hình thủy nhiệt động lực-sinh thái biển phục vụ cho nghiên cứu và quản lý tài nguyên biển vùng ven bờ Việt Nam, Báo cáo tổng kết đề tài nghị định thư Việt Nam-Vương quốc Bỉ, Cục Thông tin KH&CN Quốc gia, HN, 2012.
- [9] 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, 277, 1989.

## Application of Nitrogen Transformation Cycle Model to Estimate Biological Productivity of Plankton Communities in the Tonkin Bay

Trịnh Thị Lê Hà<sup>1</sup>, Đặng Thị Mai<sup>1</sup>, Đoàn Bộ<sup>1</sup>, Bùi Thanh Hùng<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*VNU University of Science, 334 Nguyễn Trãi, Hanoi, Vietnam*

<sup>2</sup>*Fishing ground forecast Center, RIMF, 224 Lê Lai, Hải Phòng, Vietnam*

**Abstract:** There are seven components, including phytoplankton, zooplankton, particle organic matter, dissolved organic matter, ammonium, nitrite and nitrate, in the nitrogen transformation cycle model that has been applied in the Tonkin bay in 2013. The obtained results showed that:

1) There are seasonal change of plankton biomass, primary and secondary productivity, and some ecological effects. Summer is the most favorable developmental period for plankton;

2) The internal biochemical processes in the bay are the principal factors that make Tonkin bay a tropical basin with rich-nutrient character and high biological productivity.

*Keywords:* Nitrogen cycle model, Biological productivity, Plankton communities, Tonkin bay.