

VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM
BỘ SÁCH CHUYÊN KHẢO
TÀI NGUYÊN THIÊN NHIÊN VÀ MÔI TRƯỜNG VIỆT NAM

Đặng Ngọc Thanh, Hồ Thanh Hải

CƠ SỞ THUY SINH HỌC

(FUNDAMENTALS OF HYDROBIOLOGY)

EBOOKBKMT.COM

HỖ TRỢ TÀI LIỆU HỌC TẬP

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

HÀ NỘI - 2007

HỖ TRỢ TÀI LIỆU HỌC TẬP

Lời giới thiệu

Sinh học, sinh thái học thủy sinh vật và môi trường nước hiện đang là những lĩnh vực khoa học được rất chú trọng trong xu thế tăng cường khai thác và bảo vệ nguồn lợi sinh vật cũng như môi trường nước nội địa và các đại dương khi bước sang thế kỷ XXI. Trong nghiên cứu khoa học, công nghệ cũng như thực tiễn sản xuất, quản lý nguồn lợi và môi trường nước, kiến thức cơ sở về thủy sinh học là rất cơ bản đối với những người tham gia các hoạt động này. Ở nước ta, cho tới nay, tài liệu về khoa học này còn rất ít, một số đã được xuất bản từ những thời gian trước thì nay đã cũ, bất cập so với sự phát triển, đổi mới của thủy sinh học cũng như thực tế sản xuất trong nước và thế giới.

Sách "Cơ sở thủy sinh học" (Fundamentals of Hydrobiology) được soạn thảo trước hết để đáp ứng nhu cầu tài liệu nghiên cứu, giảng dạy, sử dụng và quản lý nguồn lợi sinh vật và môi trường nước ở nước ta hiện đang đặt ra nhiều vấn đề cấp bách trong sản xuất và đời sống. Cấu trúc và nội dung sách cố gắng theo kịp sự đổi mới về các vấn đề khoa học của thủy sinh học thế giới, như các vấn đề về sinh học cá thể, quần thể, quần xã, các hệ sinh thái thủy vực cũng như các vấn đề về ô nhiễm, suy thoái các thủy vực và các biện pháp xử lý trên thế giới và ở nước ta. Giữ đúng yêu cầu, nhiệm vụ đặt ra như tên sách "Cơ sở thủy sinh học", nội dung sách không quá đưa vào những chi tiết mang tính chất chuyên đề hẹp, mà chủ yếu trình bày có hệ thống, những kiến thức cơ bản về những vấn đề cơ bản nhất của đời sống thủy sinh vật, trong mối quan hệ sinh thái học với môi trường nước, các vấn đề sinh thái các thủy vực như những thực thể của môi trường chịu tác động đồng thời của thiên nhiên và xã hội.

Các tác giả đã cố gắng tập hợp các tư liệu và đưa vào nội dung sách những tư liệu mới hiện có về khoa học cũng như thực tế sản xuất trên thế giới và ở nước ta, song trong khả năng có hạn về hiểu biết cũng như về tư liệu tham khảo, chắc không tránh khỏi những thiếu sót, còn cần được bổ sung chỉnh lý trong thời gian tới.

Các tác giả rất mong nhận được những ý kiến nhận xét, chỉ giáo của người sử dụng sách để sách "Cơ sở thuỷ sinh học" ngày được hoàn thiện đáp ứng yêu cầu cao hơn, phục vụ tốt hơn hoạt động nghiên cứu, đào tạo, sự phát triển của thuỷ sinh học ở nước ta.

Các tác giả

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu	
Mục lục	i
Phần mở đầu	
I. Đối tượng, nhiệm vụ và vị trí của thủy sinh học.....	1
II. Lịch sử phát triển của thủy sinh học.....	4
1. Sự phát triển của thủy sinh học biển.....	5
2. Sự phát triển của thủy sinh học nước ngọt.....	8
III. Sự phát triển của thủy sinh học ở Việt Nam.....	10
1. Sự phát triển của thủy sinh học biển ở Việt Nam.....	10
2. Sự phát triển của thủy sinh học nước ngọt ở Việt Nam.....	13
 Chương I. MÔI TRƯỜNG NƯỚC VÀ THỦY VỰC	 17
I. ĐẶC TÍNH MÔI TRƯỜNG NƯỚC.....	17
1. Chu trình nước và nguồn nước trong thiên nhiên.....	17
1.1. Chu trình nước.....	17
1.2. Sự phân bố nước trên trái đất.....	19
1.3. Nguồn nước.....	20
2. Đặc tính thủy lý - hóa học của môi trường nước.....	22
2.1. Ánh sáng.....	22
2.1.1. Đo đặc ánh sáng	23
2.1.2. Ánh sáng dưới nước	24
2.1.3. Màu nước	26
2.2. Chế độ nhiệt	28
2.2.1. Nguồn nhiệt	28
2.2.2. Tầm quan trọng của nhiệt	31
2.2.3. Đo đặc nhiệt.....	32
2.3. Âm thanh trong môi trường nước.....	32
2.4. Muối hòa tan.....	34
2.5. Chế độ khí.....	35
2.5.1. Nguồn gốc các chất khí.....	35
2.5.2. Hàm lượng các khí.....	36
2.6. Độ pH và ô xy hóa khử.....	37

3. Nền đáy thủy vực	39
II. ĐẶC ĐIỂM MÔI TRƯỜNG SỐNG TRONG THỦY VỰC NỘI ĐỊA	39
1. Các loại hình thủy vực nội địa	39
1.1. Thủy vực nước chảy	40
1.2. Thủy vực nước đứng	44
1.3. Thủy vực nội địa ven bờ	54
2. Đặc điểm môi trường nước ngọt nội địa.....	57
2.1. Độ trong.....	57
2.2. Chế độ nhiệt.....	58
2.2.1. Biến động nhiệt độ nước	58
2.2.2. Sự phân tầng nhiệt độ và việc phân loại hồ.....	59
2.3. Chế độ khí của các thủy vực nước đứng	64
2.3.1. Sự phân tầng khí ô xy hòa tan	64
2.3.2. Khí các bô níc (CO ₂).....	64
2.3.3. Các khí mê tan (CH ₄) và dihydro sulphua (H ₂ S).....	66
2.4. Các muối hòa tan trong nước	67
2.4.1. Muối dinh dưỡng	67
2.4.2. Nước mềm và nước cứng.....	68
2.5. Các chất lơ lửng.....	68
2.6. Thời gian thay mới nước của hồ.....	70
3. Nền đáy.....	70
III. ĐẶC ĐIỂM MÔI TRƯỜNG SỐNG Ở BIỂN VÀ ĐẠI DƯƠNG	71
1. Điều kiện môi trường sống trong tầng nước	73
1.1. Chuyển động của khối nước biển.....	74
1.1.1. Thủy triều	74
1.1.2. Hệ dòng chảy đại dương.....	75
1.1.3. Hiện tượng nước trồi (upwelling).....	77
1.2. Chế độ nhiệt.....	78
1.3. Hiện tượng El Nino và La Nina.....	79
1.4. Độ mặn và muối hòa tan.....	83
1.5. Áp lực nước.....	84
1.6. Ánh sáng và độ trong.....	85
2. Nền đáy đại dương.....	85
3. Đặc trưng môi trường sống vùng biển Việt Nam.....	87
3.1. Điều kiện địa hình.....	89
3.1.1. Bờ biển.....	89
3.1.2. Địa hình đáy biển.....	89
3.2. Chế độ nhiệt muối.....	91
3.3. Chế độ ô xy hòa tan.....	93
3.4. Hiện tượng nước trồi.....	94
3.5. Chế độ thủy triều.....	96

3.6. Cấu trúc hoàn lưu Biển Đông.....	97

Chương II. ĐỜI SỐNG CỦA THỦY SINH VẬT TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC

99

I. HOẠT ĐỘNG DINH DƯỠNG	101
1. Dinh dưỡng tự dưỡng.....	101
1.1. Dinh dưỡng tự dưỡng nhờ quang hợp.....	102
1.2. Dinh dưỡng tự dưỡng bằng hóa tổng hợp.....	105
2. Dinh dưỡng dị dưỡng.....	109
2.1. Nguồn thức ăn sinh vật trong thủy vực.....	110
2.1.1. Chất vẩn.....	112
2.1.2. Vi khuẩn.....	112
2.1.3. Thực vật nổi.....	113
2.1.4. Thực vật lớn.....	113
2.1.5. Động vật nổi.....	114
2.1.6. Động vật đáy.....	114
2.1.7. Động vật có xương sống.....	115
2.2. Các hình thức dinh dưỡng của thủy sinh vật dị dưỡng.....	115
II. DI ĐỘNG CỦA THỦY SINH VẬT.....	126
1. Khả năng nhận biết môi trường và định hướng di động ở thủy sinh vật.....	127
1.1. Khả năng nhận ánh sáng.....	127
1.2. Khả năng nhận âm.....	127
1.3. Khả năng nhận điện và từ.....	127
1.4. Khả năng nhận biết áp lực.....	128
1.5. Khả năng nhận biết mùi vị.....	128
2. Các lối di động ở thủy sinh vật.....	129
2.1. Di động chủ động.....	129
2.2. Di động thụ động.....	131
III. SINH TRƯỞNG VÀ PHÁT TRIỂN Ở THỦY SINH VẬT.....	133
1. Đặc điểm sinh trưởng ở thủy sinh vật.....	133
1.1. Các tác nhân sinh thái.....	133
1.2. Phương pháp tính toán.....	133
2. Sinh sản và phát triển ở thủy sinh vật.....	136
2.1. Lối sinh sản và độ sinh sản.....	136
2.2. Nhịp sinh sản.....	137
2.3. Thích ứng bảo vệ ở giai đoạn phôi và sau phôi.....	139
IV. TRAO ĐỔI NƯỚC VÀ MUỐI Ở THỦY SINH VẬT.....	140
1. Trao đổi muối giữa cơ thể thủy sinh vật với môi trường bên ngoài.....	141
1.1. Quan hệ thẩm thấu giữa thủy sinh vật với môi trường nước.....	141

1.2. Hoạt động điều hòa muối ở thủy sinh vật.....	143
1.3. Cơ chế điều hòa muối ở thủy sinh vật.....	146
1.4. Biến đổi của khả năng điều hòa muối ở thủy sinh vật.....	148
1.5. Ý nghĩa sinh học của thành phần ion trong môi trường nước.....	149
1.6. Hiện tượng trữ muối hòa tan của thủy sinh vật.....	150
2. Trao đổi nước giữa cơ thể thủy sinh vật với môi trường ngoài.....	151
2.1. Lặn vào nơi kín để bảo vệ lượng nước của cơ thể.....	151
2.2. Có cấu tạo bảo vệ lượng nước trong cơ thể.....	152

V. TRAO ĐỔI KHÍ Ở THỦY SINH VẬT.....	152
1. Tính thích ứng của thủy sinh vật với điều kiện hô hấp trong nước.....	153
1.1. Thích ứng về mặt cấu tạo cơ thể thủy sinh vật.....	153
1.2. Tạo điều kiện trao đổi khí tốt ở môi trường nước.....	154
1.3. Phối hợp giữa lối hô hấp ở cạn và ở nước.....	155
2. Cường độ trao đổi khí ở thủy sinh vật.....	155
3. Khả năng thích ứng với điều kiện thiếu ô xy của thủy sinh vật.....	160

VI. HIỆN TƯỢNG PHÁT QUANG Ở THỦY SINH VẬT.....	162

Chương III. ĐỜI SỐNG QUẦN THỂ THỦY SINH VẬT 163

I. CẤU TRÚC QUẦN THỂ THỦY SINH VẬT TRONG THỦY VỰC.....	163
1. Kích thước và mật độ của quần thể.....	163
1.1. Kích thước quần thể.....	163
1.2. Mật độ của quần thể.....	164
2. Các dạng phân bố theo không gian của quần thể.....	166
3. Cấu trúc tuổi của quần thể.....	167
4. Cấu trúc giới tính.....	168
II. SINH TRƯỞNG CỦA QUẦN THỂ.....	169
1. Sinh sản và tử vong.....	169
1.1. Sinh sản.....	170
1.2. Tử vong.....	171
2. Quy luật sinh trưởng.....	172
2.1. Sinh trưởng quần thể theo hàm số mũ.....	172
2.2. Sinh trưởng logistic.....	174
III. BIẾN ĐỘNG SỐ LƯỢNG QUẦN THỂ.....	176
1. Yếu tố sinh thái cơ bản tác động đến biến động số lượng.....	177
1.1. Nguồn thức ăn.....	177
1.2. Độ tử vong.....	177
2. Các kiểu biến động số lượng.....	178

2.1. Biến động có chu kỳ.....	178
2.1.1. Biến động ngày đêm.....	178
2.1.2. Biến động theo mùa.....	179
2.1.3. Biến động theo năm.....	191
2.2. Biến động không có chu kỳ.....	191

Chương IV. ĐỜI SỐNG QUẦN XÃ THỦY SINH VẬT 193

I. KHÁI NIỆM VỀ QUẦN XÃ SINH VẬT TRONG THUỶ VỰC.....193

II. CẤU TRÚC QUẦN XÃ THỦY SINH VẬT TRONG THUỶ VỰC VÀ ĐẶC TÍNH THÍCH ỨNG SINH THÁI.....195

1. Quần xã sinh vật tầng nước (Pelagic communities).....	195
1.1. Sinh vật nổi (Plankton).....	196
1.2. Sinh vật tự bơi (Nekton).....	203
2. Sinh vật màng nước (Neiston).....	205
3. Sinh vật sống trôi (Pleiston).....	207
4. Sinh vật nền đáy (Benthos).....	207
5. Đặc điểm quan hệ của quần xã thủy sinh vật.....	214
5.1. Quan hệ tương trợ.....	215
5.2. Quan hệ đối nghịch.....	215
5.3. Quan hệ ký sinh.....	215
5.4. Quan hệ thức ăn.....	216
5.5. Quan hệ sinh hóa.....	219

III. PHÂN BỐ TỔNG QUÁT CỦA THUỶ SINH VẬT TRONG THUỶ QUYỀN.....220

1. Phân bố theo vĩ độ.....	221
1.1. Phân bố theo vĩ độ.....	221
1.2. Số lượng thủy sinh vật.....	222
1.3. Kích thước và độ màu mỡ của thủy sinh vật.....	223
2. Phân bố theo độ sâu.....	223
3. Phân bố đặc trưng trong thủy quyền.....	224
4. Phân bố đối xứng của thủy sinh vật ở đại dương.....	226

IV. PHÂN BỐ CỦA THUỶ SINH VẬT THEO THUỶ VỰC.....229

1. Thủy sinh vật nước mặn.....	231
1.1. Khu hệ thủy sinh vật biển Việt Nam.....	233
1.1.1. Sinh vật phù du.....	233
1.1.2. Sinh vật đáy biển Việt Nam.....	234
1.1.3. Cá biển Việt Nam.....	236

1.2. Đặc tính phân bố.....	237
1.2.1. Phân bố theo độ mặn.....	238
1.2.2. Phân bố theo chất đáy.....	238
1.2.3. Phân bố theo độ sâu.....	239
1.2.4. Phân bố Bắc – Nam.....	240
2. Thủy sinh vật nước ngọt.....	241
2.1. Khu hệ thủy sinh vật nước ngọt Việt Nam.....	243
2.2. Đặc tính phân bố.....	244
2.2.1. Đặc trưng phân bố Bắc - Nam của thủy sinh vật nước ngọt.....	245
2.2.2. Đặc trưng phân bố theo cảnh quan và thủy vực.....	246
3. Thủy sinh vật nước lợ.....	248
4. Thủy sinh vật nước quá mặn.....	249
 V. PHÂN BỐ ĐỊA SINH VẬT CỦA THỦY SINH VẬT TRONG THỦY VỰC.....	250
1. Đặc trưng phân bố của các quần xã thủy sinh vật trong thủy vực.....	250
2. Biến động phân bố quần xã thủy sinh vật trong thủy vực.....	252
2.1. Biến động không có quy luật.....	254
2.2. Biến động có qui luật.....	254
2.2.1. Di chuyển trong đời sống.....	255
2.2.2. Di chuyển ngày đêm.....	255
2.2.3. Di nhập vào thủy vực nội địa của thủy sinh vật biển.....	257
 VI. PHÂN BỐ ĐỊA SINH VẬT CỦA THỦY SINH VẬT.....	261
1. Phân bố địa sinh vật của thủy sinh vật biển.....	262
1.1. Phân vùng địa sinh vật vùng Tây Thái Bình dương và Biển Đông.....	264
1.2. Về cấu trúc địa sinh vật biển ven bờ Việt Nam.....	267
2. Về cấu trúc địa sinh vật biển ven bờ Việt Nam.....	271
2.1. Phân vùng địa sinh vật nước ngọt vùng Đông Phương.....	272
2.2. Đặc tính và quan hệ địa sinh vật của thủy sinh vật nước ngọt nội địa Việt Nam.....	273
2.3. Vị trí của Việt Nam trong phân vùng địa sinh vật nước ngọt nội địa vùng Đông Phương (Vùng Trung ấn).....	277
 VII. PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ TÍNH ĐA DẠNG CỦA QUẦN XÃ THỦY SINH VẬT.....	283

Chương V. HỆ SINH THÁI THỦY VỰC 287

I. CÁC KHÁI NIỆM VỀ HỆ SINH THÁI THỦY VỰC.....	287
1. Khái niệm chung về hệ sinh thái.....	287
2. Đặc trưng của hệ sinh thái thủy vực.....	289

II. CẤU TRÚC HỆ SINH THÁI THỦY VỰC.....	290
1. Các thành phần cấu trúc.....	290
2. Mối quan hệ giữa các thành phần trong cấu trúc.....	291
2.1. Cấu trúc dinh dưỡng và chuỗi thức ăn.....	291
2.2. Cấu trúc dinh dưỡng và chuỗi thức ăn.....	292
2.3. Sinh vật tiêu thụ (consumer).....	292
2.4. Sinh vật phân hủy (decomposer).....	293
2.5. Lưới thức ăn.....	293
2.6. Tháp số lượng và sinh khối.....	296
III. CHUYỂN HÓA VẬT CHẤT VÀ NĂNG LƯỢNG Ở HỆ SINH THÁI THỦY VỰC.....	297
1. Các quá trình chuyển hóa vật chất chủ yếu.....	297
1.1. Quá trình tổng hợp.....	297
1.1.1. Quá trình quang tổng hợp.....	297
1.1.2. Quá trình hóa tổng hợp.....	298
1.2. Quá trình phân hủy.....	299
1.2.1. Hô hấp hiếu khí (ô xy hóa sinh học).....	299
1.2.2. Hô hấp yếm khí.....	299
2. Chu trình vật chất chủ yếu.....	299
2.1. Chu trình Các bon.....	300
2.2. Chu trình Ni tơ.....	302
2.3. Chu trình Phốt pho.....	306
2.4. Chu trình lưu huỳnh.....	310
2.5. Chu trình sắt, man gan.....	312
2.6. Chu trình si líc.....	314
2.7. Chất dinh dưỡng giới hạn.....	314
2.7.1. Các muối dinh dưỡng tạo sinh.....	315
2.7.2. Một số các khí.....	316
2.7.3. Các chất dinh dưỡng, khí ô xy và các kim loại vi lượng là chất giới hạn trong đại dương.....	317
3. Chuyển hóa năng lượng.....	319
3.1. Dòng năng lượng đầu vào.....	319
3.2. Dòng năng lượng bên trong hệ sinh thái.....	319
IV. CÁC HỆ SINH THÁI THỦY VỰC TIÊU BIỂU.....	321
1. Các hệ sinh thái thủy vực nội địa.....	321
1.1. Hệ sinh thái hồ, ao.....	321
1.1.1. Hệ sinh thái suối – sông.....	321
1.1.2. Sự phân tầng nhiệt và sự suy giảm ô xy hòa tan.....	321
1.1.3. Quần xã sinh vật hồ, ao.....	322
a. Sinh vật đáy.....	324

b. Sinh vật nổi.....	324
c. Sinh vật tự bơi.....	325
1.1.4. Dòng năng lượng.....	325
1.2. Hệ sinh thái suối – sông.....	326
1.2.1. Đặc tính tự nhiên.....	326
1.2.2. Tính chất liên tục của suối – sông.....	328
1.3. Hệ sinh thái cửa sông.....	333
1.3.1. Đặc tính tự nhiên.....	333
1.3.2. Quần xã sinh vật cửa sông.....	335
1.4. Hệ sinh thái thủy vực ngầm trong hang động.....	336
1.5. Hệ sinh thái đất ngập nước (wetland).....	337
1.5.1. Hệ sinh thái đất ngập nước (wetland).....	337
1.5.2. Cấu trúc của đất ngập nước.....	339
1.5.3. Dinh dưỡng và năng suất trong đất ngập nước.....	340
2. Các hệ sinh thái biên ven bờ.....	341
2.1. Hệ sinh thái vùng triều cửa sông.....	341
2.1.1. Các sinh cảnh vùng triều cửa sông.....	341
2.1.2. Các chu trình địa hóa cơ bản.....	346
2.1.3. Quần xã sinh vật vùng triều cửa sông.....	349
2.2. Hệ sinh thái đầm phá ven biển.....	350
2.2.1. Đặc trưng tự nhiên.....	350
2.2.2. Quần xã sinh vật đầm phá ven biển.....	351
2.3. Quần xã sinh vật đầm phá ven biển.....	354
2.3.1. Đặc điểm sinh học.....	354
2.3.2. Sự phân bố của rạn san hô trên thế giới.....	355
2.3.3. Các kiểu rạn san hô.....	357
2.3.4. Sinh thái và đa dạng sinh vật.....	358
2.3.5. Rạn san hô ở vùng biển Việt Nam.....	359
2.4. Hệ sinh thái cỏ biển (seagrass-bed).....	365
2.5. Hệ sinh thái rừng ngập mặn.....	370
3. Hệ sinh thái vùng nước quanh đảo.....	381
V. DIỄN THỂ SINH THÁI.....	383
1. Các kiểu diễn thể.....	384
1.1. Các kiểu diễn thể.....	384
1.2. Diễn thể dinh dưỡng.....	385
2. Diễn thể các hệ sinh thái thủy vực tiêu biểu.....	389
2.1. Diễn thể đầm nuôi thủy sản ven biển.....	389
2.2. Diễn thể đầm lầy than bùn (bog).....	391
2.3. Diễn thể rừng ngập mặn liên quan đến đất.....	394
Chương VI. NĂNG SUẤT SINH HỌC VÀ NGUỒN LỢI SINH VẬT THỦY VỰC.....	399

I. NĂNG SUẤT SINH HỌC THỦY VỰC.....	399
1. Các đại lượng xác định năng suất sinh học thủy vực.....	401
2. Sản lượng sinh vật sơ cấp của thủy vực.....	406
3. Sản lượng sinh vật thứ cấp của thủy vực.....	411
4. Các nhân tố quyết định năng suất sinh học thủy vực.....	421
4.1. Đặc điểm điều kiện tự nhiên thủy vực.....	422
4.2. Cơ sở dinh dưỡng của thủy vực.....	423
4.3. Đặc điểm thành phần loài và quan hệ quần loại trong thủy vực.....	425
4.4. Các biện pháp khai thác và các tác nhân ảnh hưởng tới đặc tính của thủy vực.....	425
5. Các biện pháp nhằm nâng cao năng suất sinh học thủy vực.....	426
5.1. Cải tạo địa hình và chế độ thủy lý hóa học của thủy vực.....	426
5.2. Tăng cường cơ sở thức ăn trong thủy vực.....	427
5.3. Khai thác hợp lý và bảo vệ nguồn lợi sinh vật thủy vực.....	430
II. DẪN LIỆU VỀ NĂNG SUẤT SINH HỌC THỦY VỰC.....	431
1. Dẫn liệu về năng suất sinh học sơ cấp.....	431
1.1. Năng suất sinh học sơ cấp trong các ao.....	431
1.2. Năng suất sinh học sơ cấp trong các hồ.....	434
1.3. Năng suất sinh học sơ cấp ở biển và đại dương.....	436
1.4. Năng suất sinh học sơ cấp ở vùng biển Việt Nam.....	440
1.4.1. Năng suất sinh học sơ cấp của thực vật phù du.....	440
1.4.2. Năng suất sinh học sơ cấp của thực vật đáy.....	445
2. Dẫn liệu về năng suất sinh học vi sinh vật ở nước.....	446
2.1. Năng suất sinh học vi sinh vật trong các ao, hồ nước ngọt.....	446
2.2. Năng suất sinh học vi sinh vật trong biển và đại dương.....	449
2.3. Năng suất sinh học của vi sinh vật biển Việt Nam.....	449
3. Dẫn liệu về năng suất sinh học động vật trong thủy vực (năng suất thứ cấp).....	451
3.1. Năng suất sinh học động vật trong thủy vực nước ngọt.....	451
3.2. Năng suất sinh học động vật biển và đại dương.....	454
III. NGUỒN LỢI SINH VẬT THỦY VỰC.....	456
1. Vai trò của thủy sinh vật trong đời sống con người.....	456
2. Khai thác nguồn lợi sinh vật các thủy vực.....	460
2.1. Khai thác nguồn lợi thủy sản thế giới.....	460
2.2. Nuôi trồng thủy sản trên thế giới.....	462
2.3. Khai thác nguồn lợi thủy sản ở Việt Nam.....	465
3. Khai thác hợp lý và phát triển bền vững nguồn lợi sinh vật thủy vực.....	473
4. Phát triển nuôi trồng thủy sản bền vững.....	476
5. Xây dựng khu bảo tồn thiên nhiên, lưu giữ nguồn gen quý hiếm.....	477
5.1. Quy hoạch các khu bảo tồn thiên nhiên biển và thủy vực nội địa ở Việt Nam.....	478

5.2. Phương hướng khai thác hợp lý, phát triển bền vững nguồn lợi thủy sản ở Việt Nam.....	479
IV. VẤN ĐỀ LOẠI HÌNH HỌC THỦY VỰC.....	480
1. Lý thuyết Thienemann - Naumann về phân loại thủy vực dạng hồ.....	481
2. Phân loại thủy vực dựa trên đặc tính của năng suất sinh học thủy vực.....	484
3. Phân loại thủy vực theo nhu cầu sử dụng.....	485
4. Nhận định chung và phương hướng phân loại thủy vực ở nước ta.....	488
5. Phân loại chất lượng nước một số hồ, hồ chứa ở Việt Nam.....	490
5.1. Hồ Tây, hồ Trúc Bạch.....	490
5.2. Hồ Ba Bể.....	494
5.3. Hồ Hòa Bình trên sông Đà.....	496
5.4. Hồ Thác Mơ trên sông Bé.....	498

Chương VII. Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG NƯỚC VÀ BẢO VỆ NGUỒN NƯỚC

501

I. NGUỒN NƯỚC SẠCH VÀ HIỆN TRẠNG SỬ DỤNG.....	501
1. Các nguồn nước.....	501
1.1. Nước mặt và vùng lưu vực.....	501
1.2. Nước ngầm.....	501
1.3. Tài nguyên nước ở Việt Nam.....	502
2. Hiện trạng sử dụng nguồn nước.....	503
2.1. Nước sử dụng cho dân dụng.....	503
2.2. Thủy lợi.....	503
2.3. Thủy điện.....	504
2.4. Nước cho công nghiệp.....	505
2.5. Khai khoáng.....	506
2.6. Nước dùng cho nhiệt điện.....	506
II. TỔNG QUÁT VỀ Ô NHIỄM NƯỚC.....	507
1. Ô nhiễm.....	507
2. Nguồn gây ô nhiễm.....	508
3. Chất gây ô nhiễm.....	508
3.1. Chất gây ô nhiễm.....	509
3.2. Chất ô nhiễm là chất độc.....	509
3.3. Nguồn nhiệt.....	509
3.4. Vi sinh vật.....	510
4. Các dạng ô nhiễm nước đặc trưng.....	510
4.1. Ô nhiễm dinh dưỡng.....	510
4.2. Ô nhiễm hữu cơ.....	511
4.2.1. Chất hữu cơ dễ bị phân hủy.....	511

4.2.2. Các chất hữu cơ bền vững.....	512
4.3. Ô nhiễm do trầm tích.....	512
4.4. Ô nhiễm bởi vi sinh vật.....	513
4.5. Ô nhiễm do các hóa phẩm nông nghiệp.....	513
4.6. Ô nhiễm kim loại nặng.....	513
4.7. Ô nhiễm phóng xạ.....	515
4.8. Mưa a xít.....	515
5. Phân loại mức ô nhiễm thủy vực.....	516
5.1. Ô nhiễm nặng.....	517
5.2. Ô nhiễm vừa.....	517
5.3. Ô nhiễm nhẹ.....	518
6. Khả năng tự làm sạch của thủy vực.....	518
6.1. Khoáng hóa các chất hữu cơ.....	520
6.2. Tích tụ chất gây độc.....	521
6.3. Loại trừ chất gây ô nhiễm ra khỏi tầng nước của thủy vực.....	521
III. HIỆN TRẠNG Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG NƯỚC.....	522
1. Ô nhiễm các thủy vực nước ngọt.....	522
1.1. Sự phú dưỡng của hồ và hồ chứa.....	522
1.1.1. Các nguyên nhân của sự phú dưỡng.....	523
1.1.2. Mô hình đánh giá sự phú dưỡng hồ.....	526
1.2. Mô hình đánh giá sự phú dưỡng hồ.....	531
1.3. Ô nhiễm các độc tố hóa học.....	533
1.3.1. Ô nhiễm một số khu vực sông.....	533
1.3.2. Ô nhiễm một số hồ.....	538
1.4. Ảnh hưởng của mưa a xít.....	538
1.4.1. Nguồn gây mưa a xít.....	538
1.4.2. Mưa a xít tác động đến môi trường sống trong thủy vực.....	543
1.4.3. Mưa a xít ở Việt Nam.....	548
2. Ô nhiễm biển.....	549
2.1. Thủy triều đỏ.....	549
2.2. Ô nhiễm các độc tố hóa học.....	553
2.3. Ô nhiễm các độc tố hóa học.....	556
IV. BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG NƯỚC VÀ NGUỒN NƯỚC SẠCH THIÊN NHIÊN.....	559
1. Bảo vệ môi trường nước.....	559
1.1. Các văn bản pháp luật liên quan.....	559
1.2. Xây dựng tiêu chuẩn chất lượng nước.....	562
1.3. Xử lý ô nhiễm môi trường nước.....	564
1.3.1. Các biện pháp kỹ thuật xử lý nước thải.....	564
1.3.2. Các phương pháp xử lý vật lý - hóa học.....	565
1.3.3. Các phương pháp xử lý sinh học.....	566
1.4. Giám sát chất lượng nước.....	567
1.4.1. Sinh giám sát (Biomonitoring) môi trường nước.....	567

1.4.2. Sử dụng sinh vật chỉ thị (Bioindicator) giám sát môi trường nước.....	570
1.4.3. Sử dụng động vật đáy cỡ lớn (Macrobenthos) để đánh giá nhanh chất lượng nước.....	575
2. Quản lý nguồn nước trên cơ sở quản lý tổng hợp vùng lưu vực sông.....	580
2.1. Khái niệm.....	580
2.2. Tình hình quản lý tổng hợp lưu vực sông trên thế giới.....	580
3. Quản lý hồ, hồ chứa và đảm bảo dòng chảy môi trường.....	582
3.1. Quản lý.....	582
3.2. Bảo đảm dòng chảy môi trường cho vùng hạ lưu.....	586
3.2.1. Khái niệm về dòng chảy môi trường.....	586
3.2.2. Tình hình nghiên cứu dòng chảy môi trường trên thế giới.....	587
3.2.3. Duy trì dòng chảy môi trường cho vùng sau đập hồ chứa.....	589
4. Quản lý môi trường biển trong quản lý tổng hợp đới bờ.....	592
Phụ lục chương VII.....	594

Tài liệu tham khảo

603

Phần mở đầu

I. Đối tượng, nhiệm vụ và vị trí của thủy sinh học

Thủy sinh học là khoa học nghiên cứu sự sống trong môi trường nước. Sự sống trong môi trường nước được biểu hiện cụ thể ở hoạt động sống của thủy sinh vật ở các mức độ tổ chức khác nhau: cá thể (individual), quần thể (population), quần xã (community) và thủy sinh quần (biom) trong thủy quyển, trong mối liên hệ biện chứng giữa thủy sinh vật với môi trường nước. Mặt khác, do thủy quyển chiếm tới 2/3 diện tích bề mặt trái đất, được tồn tại trong thiên nhiên dưới các thủy vực cụ thể (ao, hồ, sông, biển, đại dương...) với các thủy sinh vật sống trong đó, tạo nên các hệ sinh thái, vì vậy, thủy sinh học cũng được coi như một bộ phận của sinh thái học nghiên cứu các hệ sinh thái trong môi trường nước. Tuy nhiên, khác với các khoa học địa học (địa lý, sinh địa quần xã học), thủy sinh học nghiên cứu các hệ sinh thái ở nước như môi trường sống của thủy sinh vật chứ không chỉ như một nhân tố cảnh quan địa lý, một yếu tố địa hệ.

Đối tượng nghiên cứu của thủy sinh học là hoạt động sống của các thủy sinh vật (động vật, thực vật, vi sinh vật...) trong môi trường nước với các mối quan hệ hữu sinh (quần thể, quần xã) cũng như các quan hệ vô sinh trong môi trường nước. Trong giai đoạn hiện nay, thủy sinh học còn mở rộng phạm vi nghiên cứu tới cả các quá trình sinh học diễn ra trong thủy vực dưới tác động của các hoạt động sống của thủy sinh vật và con người như: chuyên hóa vật chất và năng lượng, năng suất sinh học, hiện tượng ô nhiễm và tự lọc sạch nước trong thủy vực...

Thủy sinh học có các mối quan hệ mật thiết với các ngành khoa học về sinh vật: động vật học, thực vật học, vi sinh vật học, hóa sinh, địa sinh vật học. Mặt khác, lại có quan hệ với các ngành khoa học về môi trường như thủy học, thủy hóa học, địa lý thủy văn, địa chất thủy văn cũng như các chuyên ngành khoa học về các thủy vực như Hải dương học, Hồ ao học...

Nhiệm vụ cơ bản và tổng quát của thủy sinh học là nghiên cứu để hiểu biết được đầy đủ hoạt động sống của thủy sinh vật và các quá

trình sinh học trong mối liên kết với môi trường nước trong thủy vực, trên cơ sở đó, điều khiển chúng theo hướng có lợi nhất cho con người. Để thực hiện được nhiệm vụ này, cần nghiên cứu đầy đủ đời sống cá thể, quần thể, quần xã thủy sinh vật, quá trình chuyển hóa vật chất năng lượng trong thủy vực làm cơ sở cho việc đánh giá và dự báo nguồn lợi sinh vật, đề xuất phương hướng, biện pháp khai thác hợp lý, bảo vệ và phát triển bền vững nguồn lợi, nâng cao số lượng và chất lượng sản phẩm sinh học nhằm đáp ứng nhu cầu sử dụng của con người. Bên cạnh đó, một nhiệm vụ không kém phần quan trọng là nghiên cứu cơ sở sinh học của các biện pháp phòng trừ các thủy sinh vật gây hại đối với sức khỏe của con người và các công trình dưới nước. Từ đầu thế kỷ này, một nhiệm vụ ngày càng cấp bách đặt ra với thủy sinh học là nghiên cứu để hiểu biết tác động của sự ô nhiễm và vai trò của thủy sinh vật trong quá trình ô nhiễm và làm sạch môi trường nước, góp phần đánh giá, dự báo và phòng chống tình trạng ô nhiễm môi trường nước nói riêng và môi trường nói chung đang diễn ra ngày càng nghiêm trọng trên trái đất, bảo vệ nguồn nước sạch thiên nhiên phục vụ sản xuất và đời sống con người.

Do sự xâm nhập của thủy sinh học ngày càng sâu vào nhiều ngành khoa học công nghệ sản xuất và đời sống, thủy sinh học hiện đại có xu hướng phân hóa thành nhiều hướng nghiên cứu chuyên môn khác nhau. *Thủy sinh học nông ngư nghiệp* - nghiên cứu cơ sở của việc nâng cao sản lượng thủy sản trong các thủy vực, vai trò của thủy sinh vật đối với năng suất cây trồng và vật nuôi ở nước. Đây là hướng nghiên cứu hình thành sớm nhất của thủy sinh học, có mối quan hệ chặt chẽ với hải dương học nghề cá, nuôi trồng thủy sản, canh tác nông nghiệp. *Thủy sinh học vệ sinh y học* - nghiên cứu tác động của sự ô nhiễm thủy vực đối với thủy sinh vật, vai trò của thủy sinh vật trong quá trình ô nhiễm và xử lý ô nhiễm thủy vực, vai trò truyền bệnh của sinh vật cho người, gia súc và biện pháp phòng trừ. *Thủy sinh học kỹ thuật* - nghiên cứu tác hại của thủy sinh vật đối với các công trình xây dựng và các thiết bị kỹ thuật ở dưới nước, đặc biệt là trong thủy lợi và giao thông hàng hải. Hai hướng nghiên cứu sau này của thủy sinh học đang phát triển mạnh cùng với sự phát triển của công nghiệp và kỹ thuật.

Trong xu thế phát triển của các khoa học về sự sống và môi trường nước, Thủy sinh học một mặt có quan hệ mật thiết với các

chuyên ngành về thủy học, sinh học, song vẫn có một vị trí riêng trong hệ thống phân loại các khoa học này. Có thể phân biệt sự sai khác về nhiệm vụ, đối tượng, phương pháp và nội dung nghiên cứu của Thủy sinh học với một số chuyên ngành khoa học liên quan. Như trên đã nói, Thủy sinh học (Hydrobiology) là khoa học nghiên cứu sự sống trong môi trường nước, với đối tượng là các hoạt động của thủy sinh vật trong mối quan hệ, tác động qua lại với môi trường nước. Có thể phân biệt Thủy sinh học với các lĩnh vực nghiên cứu gần là *Hải dương sinh học* (Biological Oceanography) và *Hồ ao sinh học* (Biological Limnology) chủ yếu nghiên cứu tác động của các quá trình thủy học trong đại dương và các thủy vực nội địa (sông, hồ ao...), đối với hoạt động sống của thủy sinh vật để hiểu biết được quy luật tác động, hệ quả thủy học, sinh học của các tác động đó. Cũng có thể phân biệt Thủy sinh học với *Sinh học biển* (Marine Biology) và *Sinh học nước ngọt* (Freshwater Biology), cũng có đối tượng nghiên cứu là thủy sinh vật trong môi trường biển, nước ngọt, song nội dung nhiệm vụ lại thiên về hiện tượng đa dạng sinh học, đặc điểm các hoạt động sống của cơ thể sinh vật trong môi trường nước, khác với môi trường cạn. Thủy sinh học cũng khác với *Địa sinh vật thủy vực* (Biogeography of the Sea, Inland water) có nhiệm vụ chủ yếu là phân vùng địa lý động vật, thực vật thủy sinh với đối tượng nghiên cứu là các vùng phân bố, căn cứ vào nguồn gốc và đặc trưng phân bố của chúng.

Xét về đối tượng và nhiệm vụ, trong chừng mực nào đó, thủy sinh học có thể coi như là một bộ phận của sinh thái học, nhưng có đối tượng, nhiệm vụ, nội dung nghiên cứu xa hơn và chuyên biệt hơn so với sinh thái học kinh điển, không chỉ chú trọng tới mối quan hệ sinh thái của sinh vật với môi trường ngoài mà còn mở rộng tới các quá trình sinh học diễn ra trong môi trường nước đặc biệt là vấn đề năng suất sinh học của môi trường nước, sự chuyển hóa vật chất và năng lượng trong môi trường nước.

Tuy nhiên, do quan điểm, quan niệm, ý kiến của các nhà khoa học về các chuyên ngành khoa học đang còn tiếp tục được bàn luận trong thời đại hiện nay cho tới nay chưa phải đã thống nhất, nên trên thực tế vẫn còn những sự trùng lặp, trùm lấn về đối tượng, nhiệm vụ, nội dung của thủy sinh học với các chuyên ngành khoa học khác liên quan tới môi trường nước và thủy sinh vật.

II. Lịch sử phát triển của thủy sinh học

Trong các tài liệu thời cổ Ai Cập, cổ Trung Quốc, cũng như cổ La Mã, Hy Lạp để lại, đã thấy những tư liệu về đời sống các loài thủy sinh vật được con người sử dụng. Tuy nhiên, thủy sinh học chỉ thực sự trở thành khoa học từ giữa thế kỷ XIX. Sự hình thành thủy sinh học, trước hết là từ yêu cầu của sản xuất và đời sống con người bấy giờ. Trước kia, người ta vẫn cho rằng nguồn lợi thủy sản, đặc biệt là hải sản là vô tận, việc khai thác để sử dụng theo yêu cầu là không có gì hạn chế. Tuy nhiên, thực tế sản xuất cho thấy không phải như vậy. Cho tới giữa thế kỷ trước đã bắt đầu thấy có hiện tượng một số hải sản giảm sút rõ rệt về số lượng như cá voi xanh ở bắc bán cầu có nguy cơ bị cạn kiệt do đánh bắt quá mức, một số loài cá, tôm, trai hầu ở ven biển cũng ngày càng ít đi. Tình hình cũng như vậy đối với một số loài thủy sản nội địa. Từ đó đặt ra yêu cầu phải nghiên cứu, tìm hiểu về sinh học, sinh thái của các đối tượng này, để có cơ sở điều hòa khai thác bảo vệ phát triển, nâng cao số lượng. Vào cuối thế kỷ trước, do hậu quả của phát triển công nghiệp, đô thị, giao thông... nhiều thủy vực, trước hết là sông hồ nội địa, bắt đầu bị ô nhiễm do nước thải ngày càng nặng; từ đó đặt ra yêu cầu nghiên cứu bảo vệ nguồn nước thiên nhiên để đảm bảo nhu cầu đời sống và sản xuất. Đồng thời những nghiên cứu đầu tiên trong lĩnh vực này cho thấy thủy sinh vật có một vai trò quan trọng trong quá trình tự làm sạch nước của các thủy vực ô nhiễm, cũng như sự hiện diện của một số loài thủy sinh vật nhất định có thể là chỉ thị cho việc đánh giá các mức độ ô nhiễm khác nhau của thủy vực, do tính chất thích ứng, khả năng tồn tại ở các điều kiện ô nhiễm nước khác nhau của các loài thủy sinh vật khác nhau. Từ đó đặt ra các nhiệm vụ nghiên cứu của thủy sinh học đáp ứng nhu cầu tìm hiểu, đánh giá và giải quyết các vấn đề ô nhiễm thủy vực.

Cùng với yêu cầu của sản xuất và đời sống, sự hình thành và phát triển của thủy sinh học còn được thúc đẩy bởi sự phát minh chế tạo ra các thiết bị nghiên cứu thủy sinh học, đặc biệt là các thiết bị định lượng sinh vật nổi được tạo ra năm 1877 và định lượng sinh vật đáy - 1909. Ngoài ra còn một nhân tố quan trọng khác góp phần tạo điều kiện cho sự phát triển thủy sinh học là sự thành lập các cơ sở nghiên cứu thủy sinh học đầu tiên ở một số nước. Với các tổ chức này, nghiên cứu thủy sinh học biển và nước ngọt được tiến hành thường xuyên, nhiều kết quả hơn, nhờ đó phát triển nhanh hơn. Cũng cần

nêu lên sự kiện thành lập các tổ chức quốc tế đầu tiên về nghiên cứu hải dương (1899) và hồ ao (1922) cũng đã có tác dụng điều hòa, phối hợp các hoạt động nghiên cứu các nước, thúc đẩy sự phát triển và khẳng định sự hình thành thủy sinh học thế giới.

1. Sự phát triển của thủy sinh học biển

Lịch sử phát triển của thủy sinh học biển cũng như của Hải dương học nói chung gắn liền với lịch sử các đoàn thám hiểm trên biển và đại dương từ thế kỷ XV-XVI, với các chuyến thám hiểm nổi tiếng qua các đại dương của các nhà hàng hải Trung Quốc vào đầu thế kỷ XV, tiếp đó là của Christopher Columbus (1451-1506) vượt Đại Tây Dương tìm ra Châu Mỹ, Vasco de Gama (1469-1524) vượt Ấn Độ Dương tới Ấn Độ, và nhất là của Ferdinand Magellan (1480-1521) vượt Đại Tây Dương qua Thái Bình Dương, Ấn Độ Dương và đoàn tàu đã trở về nơi xuất phát năm 1522, lần đầu tiên đi vòng quanh trái đất theo đường biển. Do yêu cầu hàng hải, tìm đường vượt biển đã đặt ra yêu cầu khảo sát, thu thập số liệu về địa lý, khí tượng thủy văn hàng hải, sinh vật biển, lập bản đồ hàng hải của các nhà thám hiểm. Có thể coi đây như là những cơ sở đầu tiên của sự hình thành thủy sinh học biển cũng như của hải dương học trên thế giới...

Song phải tới thế kỷ thứ XIX mới bắt đầu có những chuyến khảo sát khoa học thực sự trên đại dương; tiêu biểu là chuyến khảo sát sinh vật biển của Darwin (1831-1836) trên tàu Beagle, tư liệu thu được là cơ sở cho việc xây dựng thuyết tiến hóa về thế giới sinh vật. Cũng trong thời gian này, đã có những nghiên cứu của Forbes về sự phân tầng theo chiều sâu của sinh vật biển, cũng như những nghiên cứu của J. Muller và V. Hensen về sinh vật phù du (1887).

Tuy nhiên, sự kiện lớn nhất về nghiên cứu sinh vật đại dương thời gian đó phải kể đến chuyến khảo sát Challenger ở vùng khơi và vùng sâu trên 3 đại dương do Hội Hoàng gia Anh tổ chức thực hiện từ 1872-1876, thu được một khối lượng lớn dữ liệu, trên 361 trạm khảo sát, đo sâu tới trên 8000m, phát hiện được 4717 loài sinh vật biển mới. Kết quả khảo sát được phân tích trong 20 năm mới hoàn tất và được công bố trong 50 tập chuyên khảo. Có thể coi chuyến khảo sát Challenger như một mốc lớn, mở đầu cho một giai đoạn mới trong lịch sử phát triển của thủy sinh học biển cũng như Hải dương học nói chung, từ các hoạt động khảo sát ở ven bờ, còn mang

tính chất bộ phận, đã tiến tới khảo sát có hệ thống, có quy mô lớn, toàn diện hơn, tới cả vùng khảo sát với độ sâu lớn, nhờ có sự phát triển tiên bộ về kỹ thuật khảo sát, nghiên cứu.

Tiếp sau đó có những chuyến khảo sát lớn xuyên đại dương như Vitiaz (1886-1889), Albatros (1899-1900), Siboga (1899-1900), cũng như những chuyến khảo sát vùng biển Nam cực của Nansen (1893-1896). Các hoạt động khảo sát biển lớn của giai đoạn này còn tiếp tục tới đầu thế kỷ XX, như các đoàn khảo sát của Hansen (1913) của Na Uy, Snellius (1929-1930) của Hà Lan, Atlantis (1931) của Hoa Kỳ, Dana II (1921) của Đan Mạch, Discovery II (1930) của Anh.

Cùng với các hoạt động khảo sát biển, thủy sinh học biển còn được thúc đẩy phát triển bởi sự hình thành các tổ chức khoa học biển ở các nước. Những cơ quan nghiên cứu sinh vật biển đầu tiên trên thế giới được thành lập từ cuối thế kỷ XIX, có thể kể trạm sinh học biển Marcel (1834) của Pháp, Sevastopol (1871) của Nga, Neopol (1872) của Ý, Newport (1890) của Mỹ. Sang thế kỷ XX, cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật thế giới nói chung, hoạt động điều tra nghiên cứu hải dương học và thủy sinh học biển nói riêng, đã hình thành nên trên toàn thế giới hàng loạt cơ quan nghiên cứu biển và đại dương mang tính chất quốc gia với lực lượng khoa học mạnh, hạm đội khảo sát biển lớn, hiện đại. Trong số này, có thể phải kể đến các trung tâm nghiên cứu hải dương học được biết đến nhiều như: Wood Hole (Massachusetts), Scripps (California) ở Mỹ, Plymouth ở Anh, Brest ở Pháp, Vladivostok ở Nga, Thanh Đảo ở Trung Quốc, Townsville ở Australia, Jamstec - Tokyo ở Nhật và những trung tâm khác. Nhiều tổ chức quốc tế trong lĩnh vực này cũng được thành lập đáp ứng yêu cầu điều hòa phối hợp hoạt động điều tra nghiên cứu hải dương học trong đó có thủy sinh học biển trên toàn thế giới. Từ đầu thế kỷ XX đã có Ủy ban quốc tế về Địa Trung Hải (1919), Ủy ban quốc tế về Thái Bình Dương (1923). Từ giữa thế kỷ XX, tổ chức IOC (Ủy ban liên chính phủ về Hải dương học), tổ chức quốc tế lớn nhất về Hải dương học của Liên hiệp quốc - UNESCO được thành lập (1961). Bên cạnh đó, còn có các tổ chức quốc tế khác liên quan tới thủy sinh học như UNEP, IUCN, MAB..., tổ chức nghề cá Châu Á (SEAFDEC) cũng được hình thành và hoạt động.

Về mặt đối tượng, nội dung và phương pháp nghiên cứu sinh vật biển, lịch sử phát triển thủy sinh học biển có thể coi là đã trải qua 3 giai đoạn, có quan hệ chặt chẽ với sự phát triển kinh tế xã hội, khoa học kỹ thuật của thế giới cũng như những thành tựu về thiết bị kỹ thuật khảo sát nghiên cứu.

Giai đoạn 1: kéo dài trong thế kỷ XVIII và nửa đầu thế kỷ XIX, với nội dung chủ yếu là nghiên cứu mô tả hình thái, phân loại, thống kê sinh vật biển, ít nhiều còn mang tính chất nghiên cứu thống kê, mô tả sinh vật biển (động vật học, thực vật học biển)... phương pháp nghiên cứu còn nặng tính chất định tính, trong phạm vi ven bờ, sau mới mở rộng ra vùng khơi. Các nhà khoa học đi đầu trong lĩnh vực này có thể kể Audouin và Milne Edwards (1832), Sars (1835), Forbes (1844), với những công trình nghiên cứu về khu hệ sinh vật biển. Đỉnh cao phát triển của giai đoạn này là các chuyến khảo sát, thống kê sinh vật biển từ vùng ven bờ ra vùng khơi và từ khu vực tới phạm vi toàn cầu.

Giai đoạn 2: từ cuối thế kỷ XIX tới đầu thế kỷ XX, với yêu cầu phát triển kinh tế biển và sự phát minh ra các thiết bị nghiên cứu mới. Nội dung nghiên cứu thủy sinh học biển đã chuyển mạnh sang nghiên cứu định lượng, đánh giá nguồn lợi sinh vật, phân bố địa lý (địa sinh vật biển) và những nghiên cứu sinh thái học - quan hệ sinh vật với môi trường biển. Trong giai đoạn này, đã có sự thành lập các trạm nghiên cứu sinh vật biển với các thiết bị nghiên cứu thực nghiệm sinh thái học. Với kết quả thu được của các chuyến khảo sát sinh vật biển trên quy mô rộng lớn, đã hình thành những lý thuyết về phân bố địa lý sinh vật biển. Việc chuyển nghiên cứu sinh vật biển từ định tính sang định lượng, với phát minh lưới định lượng sinh vật đáy của Petersen (1808) đã có ý nghĩa rất quan trọng, thúc đẩy sự phát triển của thủy sinh vật học biển sang các vấn đề nghiên cứu sinh thái và nguồn lợi, đáp ứng yêu cầu các nhiệm vụ phát triển kinh tế biển.

Giai đoạn 3: giai đoạn hiện đại của thủy sinh học biển cũng như của hải dương học nói chung, có thể coi là bắt đầu từ nửa cuối thế kỷ XX. Với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học kỹ thuật, đặc biệt là các kỹ thuật khảo sát từ xa, tự động, thông tin ghi hình dưới nước, lặn sâu... phương pháp, nội dung nghiên cứu thủy sinh học biển đã có những bước phát triển rất cơ bản, từ nghiên cứu sinh vật biển cá thể riêng lẻ đã chuyển sang nghiên cứu quần xã sinh vật, các

hệ sinh thái biển, từ nghiên cứu quan trắc gián tiếp sang quan trắc trực tiếp, tìm hiểu bản chất, đánh giá và dự báo biến động của các quá trình biển trong đó có sinh vật biển, từ các quá trình cỡ nhỏ trong từng vùng biển tới các quá trình cỡ lớn trên quy mô toàn cầu. Trong giai đoạn này đã xây dựng các cơ quan nghiên cứu thủy sinh học biển và hải dương học tầm cỡ quốc gia và quốc tế với trang thiết bị hiện đại, ứng dụng các thành tựu khoa học kỹ thuật hiện đại vào những nghiên cứu khảo sát. Các chương trình nghiên cứu sinh vật biển hoặc liên quan tới sinh vật biển khu vực và toàn cầu cũng được hình thành ngày càng nhiều, như các chương trình quan trắc thường kỳ các rạn san hô toàn cầu (GCRMN), chương trình đánh giá ô nhiễm môi trường dựa trên chỉ thị sinh học trai hàu (MusselWatch); chương trình nghiên cứu tảo độc quốc tế (GEOHAB), chương trình nghiên cứu biến động các hệ sinh thái biển toàn cầu (GLOBEC), chương trình nghiên cứu dòng Kuro-sio (CSK), chương trình nghiên cứu quản lý đới ven biển (ICAM)... điều này thể hiện xu thế phát triển của thủy sinh học biển cũng như khoa học về biển nói chung ngày càng đi vào các vấn đề chuyên đề, với nội dung tổng hợp sinh vật - môi trường biển và trên phạm vi toàn cầu.

2. Sự phát triển của thủy sinh học nước ngọt

Thủy sinh học nước ngọt thế giới có khởi đầu từ rất sớm, kể từ nghiên cứu đầu tiên về tảo xoắn Spirogyra ở hồ Berkelse của Hà Lan của Leuwenhoek năm 1674, sau khi phát minh ra kính hiển vi. Tuy nhiên, giai đoạn đầu của hoạt động nghiên cứu thủy sinh học nước ngọt thực sự chỉ bắt đầu từ đầu thế kỷ XIX với những nghiên cứu về động vật giáp xác nhỏ trong nước hồ ở Đức của Muller (1845) và của Erasmus ở Thụy Sĩ với thuật ngữ “plankton” lần đầu tiên được đề xuất. Cùng với các hoạt động nghiên cứu về chế độ nước của hồ Leman ở Thụy Sĩ của Forel (1892-1895), có thể coi đây như những cơ sở đầu tiên của Hồ ao học (limnology) cũng như của thủy sinh học nước ngọt thế giới. Thủy sinh học nước ngọt cũng phát triển từ giữa thế kỷ XIX ở Bắc Mỹ với những nghiên cứu về cá ở hồ Superior của Agassiz, về động vật nổi của Birge, Juday ở hồ Mendota (1850) và đặc biệt là lần đầu tiên có sự mô tả hồ với thủy sinh vật như một hệ sinh thái (Forbes, 1887).

Sự phát triển của thủy sinh học nước ngọt còn được thúc đẩy bởi sự chế tạo ra các thiết bị nghiên cứu như đĩa Secchi, lưới vớt sinh

vật phù du ở hồ, gầu thu sinh vật đáy đã tạo điều kiện để chuyển sang nghiên cứu định lượng. Cũng trong thời gian cuối thế kỷ XIX này, đã có sự thành lập một số trạm nghiên cứu thủy sinh học nước ngọt đầu tiên như trạm Plon ở Đức (1891), Glubokoe ở Nga (1894), Illinois ở Mỹ (1894), và tiếp theo là các trạm ở Thụy Điển và Đan Mạch. Nhìn chung, trong giai đoạn đầu tiên này, tới cuối thế kỷ XIX, thủy sinh học nước ngọt chủ yếu còn mang tính chất điều tra. Nghiên cứu thủy sinh vật như một bộ phận của Hồ ao học địa phương, góp phần nghiên cứu đặc tính các thủy vực nước ngọt (hồ, sông) của từng địa phương ở các nước.

Giai đoạn thứ hai của sự phát triển thủy sinh học nước ngọt bắt đầu từ đầu thế kỷ XX. Cùng với sự phát triển của Hồ ao học nói chung và sự phát triển của kỹ thuật khảo sát, đặc biệt là kỹ thuật, thiết bị định lượng, thủy sinh học nước ngọt bắt đầu đi vào nghiên cứu các vấn đề lý luận về chu trình vật chất trong thủy vực với sự tham gia của thủy sinh vật, năng suất sinh học thủy vực, cơ chế, mối quan hệ và hệ quả của các quá trình chuyển hóa vật chất và năng lượng trong thủy vực - được coi như một hệ sinh thái ở nước. Trong số các tác giả đi đầu cho hướng phát triển này của thủy sinh học nước ngọt có thể kể đến: Welch (1935), Ruttner (1940), Hutchinson (1957), Thieneman (1925, 1934), Vinberg (1966). Vào cuối thế kỷ XX, trong khi tiếp tục nghiên cứu ở trình độ cao các vấn đề cân bằng vật chất và năng lượng trong thủy vực, năng suất sinh học sơ cấp và thứ cấp, mô hình toán học hệ sinh thái thủy vực nước ngọt nội địa, trước hết là các thủy vực dạng hồ, loại hình học thủy vực, thủy sinh học nước ngọt và cả thủy sinh học biển lại tiếp cận với các vấn đề ô nhiễm thủy vực do các tác động tiêu cực của sự phát triển công nghiệp, dân cư trên thế giới, gây nên tình trạng suy thoái tài nguyên và môi trường nước ngày càng nặng nề. Các vấn đề lớn đặt ra là: đánh giá, dự báo tình trạng ô nhiễm, hệ quả sinh thái và các giải pháp tái tạo, phục hồi các hệ sinh thái bị suy thoái của môi trường nước, sử dụng các tác nhân sinh học bên cạnh các tác nhân khác.

Với các nhiệm vụ trên, thủy sinh học đang tích cực góp phần bảo vệ tài nguyên sinh học, sinh thái môi trường nước, bảo đảm sự phát triển bền vững cho xã hội hiện đại.

III. Sự phát triển của thủy sinh học ở Việt Nam

Các dẫn liệu về thủy sinh vật ở nước ta đã được ghi chép trong các sách từ thế kỷ trước. Từ thế kỷ XVIII, sách Vân Đài Loại Ngữ (1773) của Lê Quý Đôn đã thống kê nhiều loại thủy sản có giá trị ở nước ta gồm các loài cá (cá chuối, cá trê, cá hỏa, cá anh vũ...) và nhiều loài động vật không xương sống và có xương sống ở nước như sứa, rươi, cua, cáy, bào ngư, sò, ốc, cu sam, đồi mồi... Cùng với tên sản vật, sách còn ghi cả những dẫn liệu về nơi tìm thấy, về sinh học và sinh thái học của một số loài như cua biển và rươi. Tuy nhiên, những dẫn liệu này thường tản mạn và chưa dựa trên cơ sở nghiên cứu khoa học.

Nghiên cứu thủy sinh học ở Việt Nam thực sự chỉ bắt đầu từ những năm cuối thế kỷ XVIII. Xét trên tính chất và nội dung nghiên cứu, có thể chia quá trình phát triển của thủy sinh học ở Việt Nam sau giai đoạn cổ đại thành hai giai đoạn, với hai giai đoạn lịch sử:

Giai đoạn trước cách mạng: bắt đầu cuối thế kỷ XVIII tới năm 1945 với nội dung chủ yếu mang tính chất nghiên cứu điều tra cơ bản khu hệ động vật biển và nước ngọt nội địa. Các vấn đề nghiên cứu trong giai đoạn này chủ yếu là về mặt phân loại học, phân bố địa lý thủy sinh vật, rất ít nghiên cứu về các mặt khác. Các cơ sở nghiên cứu thủy sinh học chưa có nhiều, các tác giả nghiên cứu hầu hết là người nước ngoài. Giai đoạn này kéo dài tới thời gian bắt đầu Chiến tranh thế giới thứ hai.

Giai đoạn sau cách mạng hay giai đoạn hiện đại: bắt đầu từ khi Cách mạng Tháng Tám thành công (1945) tới nay. Trong giai đoạn này, các nghiên cứu từ tính chất động vật học, thực vật học từng bước chuyển sang nghiên cứu thủy sinh học ở biển cũng như ở nước ngọt nội địa có quy mô rộng, bao gồm nhiều lĩnh vực, đi vào nhiều vấn đề của thủy sinh học hiện đại, với sự thành lập nhiều cơ sở nghiên cứu chuyên trách và với đội ngũ cán bộ nghiên cứu đông đảo của nước ta đang ngày càng tăng về mặt số lượng và được nâng cao về trình độ.

1. Sự phát triển của thủy sinh học biển ở Việt Nam

Sinh vật biển Việt Nam đã bắt đầu được nghiên cứu từ cuối thế kỷ XVIII, với những khảo sát về trai ốc biển ở vùng biển Côn Đảo, kết

quả đã được công bố từ năm 1784 (Martin và Chemnitz, 1784). Tiếp theo đó là các công trình nghiên cứu khác của nhiều tác giả như Eydoux, Souleyet, Grandichau (1857), Michau (1861), Le Mesle (1984) ở vùng biển phía nam, rồi sau đó là ở vùng biển phía bắc (vịnh Hạ Long) của Crosse và Fisher (1890). Fisher (1891). Công trình nghiên cứu về cá biển đầu tiên là của Pellegrin năm 1905, và về rong biển là của Loureinro năm 1890.

Tuy nhiên, hoạt động điều tra nghiên cứu tương đối có hệ thống về sinh vật biển Việt Nam chỉ có từ khi thành lập Viện Hải Dương Học Đông Dương ở Nha Trang. Từ khi thành lập (1922), tới thời gian trước Chiến tranh thế giới thứ hai, Viện này đã sử dụng tàu nghiên cứu De Lanessan, thực hiện có hệ thống và định kỳ điều tra sinh vật biển trên các trạm khảo sát trong vịnh Bắc Bộ, eo biển Quỳnh Châu, thềm lục địa Trung Bộ, Nam Bộ, vùng biển Campuchia, vịnh Thái Lan và cả vùng biển Hoàng Sa, Trường Sa. Kết quả các công trình nghiên cứu đã công bố của các nhà nghiên cứu sinh học biển người Pháp ở Viện Hải dương học Nha Trang như của Chevey (1931-1939) về cá biển, Rose (1920, 1955), Dawydoff (1936-1952), Serène (1937) về Động vật không xương sống, tuy chủ yếu mang tính chất thống kê mô tả song vẫn là những tài liệu cơ bản còn được sử dụng cho tới hiện nay.

Từ sau Cách mạng Tháng 8 (1945) tới nay, kể cả thời gian sau khi cuộc kháng chiến chống Pháp kết thúc (1954), trong tình hình đất nước còn chưa thống nhất, hoạt động điều tra nghiên cứu biển vẫn được tổ chức thực hiện trong từng vùng biển Bắc và Nam Việt Nam.

Ở miền Bắc Việt Nam, với sự thành lập một số cơ quan nghiên cứu biển (Trạm nghiên cứu biển thuộc Ủy ban khoa học kỹ thuật Nhà nước, Trạm nghiên cứu Hải sản thuộc Tổng cục Thủy sản) đã hợp tác với các cơ quan khoa học biển Trung Quốc, Liên Xô (cũ) thực hiện các Chương trình điều tra, khảo sát lớn ở vịnh Bắc Bộ trong thời gian 1960-1965. Từ 1959-1962 đã tiến hành Chương trình hợp tác Việt - Trung điều tra tổng hợp vịnh Bắc Bộ, trong đó có phần điều tra sinh vật. Cũng trong thời gian này, còn có Chương trình điều tra nguồn lợi cá đáy vịnh Bắc Bộ, nhằm đánh giá nguồn lợi, xác định các bãi cá, nghiên cứu sinh học các loài quan trọng. Một chương trình điều tra khác về nguồn lợi cá tầng đáy và thăm dò tổng hợp cá tầng trên ở vịnh Bắc Bộ, với sự hợp tác với Viện Nghề

Cá Thái Bình Dương Liên Xô cũng được thực hiện trong thời gian 1960-1961. Các kết quả điều tra đánh giá nguồn lợi khu hệ sinh vật, điều kiện môi trường sống ở vịnh Bắc Bộ đã được công bố trong các công trình của Gurjanova (1972), Vedenski và Gurjanova (1972). Bên cạnh các Chương trình điều tra lớn nói trên còn có các hoạt động điều tra sinh vật khu vực biển ven bờ Quảng Ninh, Hải Phòng, Nam Hà trong thời gian từ 1965-1975.

Ở miền Nam Việt Nam, trong giai đoạn này, hoạt động của Viện Hải dương học Nha Trang chỉ chủ yếu tập trung vào việc phân tích mẫu vật, số liệu đã có từ trước, bổ sung thêm một số chuyến khảo sát nhỏ ở vùng quần đảo Hoàng Sa, Trường Sa (1973), vùng triều Cam Ranh, Nha Trang (1965-1961). Bên cạnh đó, cũng trong thời gian này, đã có những hoạt động điều tra nghiên cứu lớn ở vùng biển Nam Việt Nam cũng như Chương trình NAGA (1959-1961) của Viện Hải dương Scripps California phối hợp với Viện Hải dương học Nha Trang, Sở Nghề cá và Hải quân Thái Lan thực hiện, sử dụng tàu điều tra Stranger của Mỹ. Các kết quả điều tra sinh vật trong Chương trình này đã được công bố trong các công trình của Brinton (1961), Shino (1963), Imbach (1967), Alvario (1967), Stephenson (1967). Chương trình khảo sát nghề cá viễn duyên vùng biển Nam Việt Nam (1968-1971) do Viện khảo sát Ngư nghiệp thực hiện với sự tài trợ của tổ chức FAO, Hoa Kỳ và Hà Lan, cũng là hoạt động khảo sát lớn nhằm tìm thêm ngư trường, mở rộng khai thác hải sản ra vùng khơi biển Đông.

Từ sau khi đất nước thống nhất, vùng biển thống nhất (1975) đã mở ra cho sự phát triển thủy sinh học biển một giai đoạn mới cũng như nghiên cứu biển nói chung ở nước ta. Hoạt động nghiên cứu thủy sinh học biển trong giai đoạn này - giai đoạn hiện đại - vừa được mở rộng và nâng cao về nội dung và trình độ nghiên cứu, vừa đa dạng về tổ chức nghiên cứu. Hoạt động nghiên cứu quan trọng nhất trong giai đoạn này là các chương trình điều tra nghiên cứu biển quốc gia được tổ chức thực hiện từ 1977 tới nay, với Chương trình Thuận Hải - Minh Hải (1977-1980), Chương trình 48.06 (1981-1985), Chương trình 48B (1986-1990), Chương trình KT.03 (1991-1995), Chương trình KHCN-06 (1996-2000), Chương trình KC 09 (2001-2005). Bên cạnh đó, còn có các đề tài, đề án điều tra nghiên cứu của các bộ, ngành thực hiện theo yêu cầu nhiệm vụ của các ngành, như điều tra, đánh giá nguồn lợi hải sản, phát triển nuôi

trồng hải sản, bảo vệ môi trường, xây dựng công trình biển... do lực lượng cán bộ khoa học của ngành thực hiện hoặc có hợp tác với nước ngoài. Về nội dung nghiên cứu, đã có những bước phát triển mới, từ điều tra thống kê, mô tả sinh vật biển đã chuyển mạnh sang các công trình nghiên cứu về sinh thái, sinh học, đặc biệt là nghiên cứu về các hệ sinh thái biển, diễn thế, quy luật biến động các quần xã sinh vật biển như các rạn san hô, rừng ngập mặn ven biển, các thảm cỏ biển, đầm phá, vùng vịnh ven biển, năng suất sinh học biển... Có thể nói rằng, thủy sinh học biển nước ta trong giai đoạn hiện nay, đã có các hoạt động, nội dung nghiên cứu toàn diện hơn, tiếp cận được với các vấn đề thủy sinh học biển hiện đại, từng bước hội nhập được với khu vực và thế giới, thể hiện ở sự tham gia ngày càng nhiều, đóng góp ngày càng quan trọng vào các chương trình, đề án nghiên cứu thủy sinh học biển, hải dương sinh học quốc tế.

2. Sự phát triển của thủy sinh học nước ngọt ở Việt Nam

Gần như cùng thời với thủy sinh học biển, sinh vật nước ngọt ở Việt Nam cũng bắt đầu được nghiên cứu ở vùng phía nam Việt Nam từ giữa thế kỷ XX, với những công trình đầu tiên về cá nước ngọt của Sauvage (1877) và trai ốc nước ngọt của Crosse và Fisher (1863). Riêng tảo nước ngọt thì đã được nghiên cứu từ cuối thế kỷ XVIII (Loureiro, 1793).

Cũng như thủy sinh học biển, đặc điểm của sự phát triển của thủy sinh học nước ngọt trong thời kỳ trước Cách mạng Tháng 8 (1945) là hoạt động nghiên cứu còn tản mạn, chủ yếu là điều tra thống kê mô tả một số nhóm sinh vật nước ngọt cỡ lớn như cá, trai ốc, tôm cua... do các nhà khoa học nước ngoài thực hiện. Hầu như chưa có nghiên cứu các nhóm sinh vật hiển vi như sinh vật nổi.

Về cá nước ngọt, trong giai đoạn này, có các công trình nghiên cứu quan trọng của Sauvage (1981), công bố thành phần loài cá nước ngọt tìm thấy ở vùng Đông Dương; Tirant (1883) về thành phần loài cá ở sông Hương (Huế) với các loài mới; Chevey và Lemasson (1937) với công trình tổng hợp về cá nước ngọt ở miền Bắc Việt Nam. Ngoài ra, còn có các công trình nghiên cứu của các tác giả khác như Pellegrin (1906-1934), Chabanaud (1924), Gruvel (1925), Bourret (1927)... công bố kết quả điều tra về cá nước ngọt ở nhiều địa điểm khác nhau ở Việt Nam.

Về trai ốc nước ngọt, trong thời kỳ này cũng có những công trình điều tra về thành phần loài trai ốc nước ngọt ở nhiều địa điểm phía bắc và phía nam Việt Nam. Có thể kể các công trình nghiên cứu quan trọng của Crosse và Fisher (1863), Fisher (1891) Fisher và Dautzenberg (1905, 1908) là những tài liệu rất cơ bản về trai ốc nước ngọt Việt Nam. Bên cạnh đó cũng cần kể các công trình của một số tác giả khác như Morlet (1891), Bavay và Dautzenberg (1900-1901), Rolle (1904), Demange (1912), Hass (1910, 1924-1925, 1929), Prashad (1928)... Martens (1902) cũng có những đóng góp trong lĩnh vực này.

Về tôm cua nước ngọt, mức độ nghiên cứu có ít hơn. Những công trình đã biết là của Rathbun (1902-1906), De Man (1904), Balss (1914) về cua nước ngọt và của Bouvier (1904, 1920, 1925), Thaltwitz (1891), Sollaud (1914) về tôm nước ngọt, trong đó có nhiều loài mới.

Các tư liệu tổng hợp về thành phần loài trai ốc, tôm cua nước ngọt, cá nước ngọt vùng Đông Dương được công bố trong tài liệu báo cáo kết quả khảo sát của đoàn khảo sát Pavie (1904) được thực hiện trong vùng lưu vực sông Mekong vào cuối thế kỷ XIX.

Thời kỳ sau Cách mạng Tháng 8: từ 1945 và đặc biệt là từ 1954 tới nay, do tình hình chính trị và chiến tranh của đất nước, hoạt động điều tra nghiên cứu thủy sinh học nước ngọt ở miền Bắc và miền Nam Việt Nam có khác nhau trong giai đoạn từ 1954 tới 1975.

Ở miền Bắc Việt Nam, từ 1954 tới trước 1975, với lực lượng cán bộ khoa học, cơ quan khoa học được xây dựng và đào tạo ngày càng lớn mạnh, hoạt động điều tra nghiên cứu được tổ chức thực hiện có kế hoạch ở nhiều vùng đất nước. Nội dung nghiên cứu chủ yếu là điều tra thống kê khu hệ sinh vật nước ngọt nội địa ở các vùng địa lý, các thủy vực theo yêu cầu sản xuất, xây dựng phát triển kinh tế ở các ngành, các địa phương. Các công trình nghiên cứu trong giai đoạn này chủ yếu là của các nhà khoa học Việt Nam thực hiện.

Về cá nước ngọt ở miền Bắc, có thể kể công trình của các tác giả: Đào Văn Tiến, Mai Đình Yên (1959, 1969), Hoàng Đức Đạt (1963), Nguyễn Văn Hảo (1964, 1970), Trần Công Tam (1959), Đoàn Lê Hoa (1959), Baracescu (1963-1968), Kottelat (2001). Ở miền Nam Việt Nam, trong thời gian này, có thể kể các công trình nghiên cứu của: Trần Ngọc Lợi, Nguyễn Châu (1964), Fourmanoir

(1965), Yamanura (1966), Kawasmoto, Nguyễn Viết Tùng và Trần Thị Túy Hoa (1972) và các tác giả khác.

Về các nhóm sinh vật ngoài cá, đã có những bước phát triển mới. Trong hoạt động nghiên cứu, đối tượng nghiên cứu không chỉ giới hạn ở trai ốc, tôm cua cỡ lớn như trước đây mà đã bao gồm cả các nhóm sinh vật nổi có kích thước hiển vi: tảo nước ngọt, động vật nguyên sinh, giáp xác nhỏ, trùng bánh xe, ấu trùng côn trùng. Về nội dung nghiên cứu, ngoài phân loại học cũng đã mở rộng sang các vấn đề về phân bố địa lý, nguồn lợi, sinh thái thủy vực... Ở miền Bắc Việt Nam, có thể kể các công trình nghiên cứu của Đặng Ngọc Thanh (1967, 1980), Đặng Ngọc Thanh, Phạm Văn Miên (1965-1976), Trần Văn Vĩ (1971), Thái Trần Bái (1975)... Trần Trường Lưu. Ở miền Nam, có thể kể các công trình của Phạm Hoàng Hộ (1963-1968), Shirota (1963-1966), Hoàng Quốc Trương (1960, 1963).

Điều đáng ghi nhận là, trên cơ sở các kết quả điều tra thống kê về khu hệ động vật nước ngọt đã có từ trước cho tới thời gian đó, đã xuất hiện một số tài liệu cơ bản về các nhóm cá nước ngọt, động vật không xương sống nước ngọt miền Bắc Việt Nam của Mai Đình Yên và tác giả khác. (1978), Đặng Ngọc Thanh, Phạm Văn Miên, Thái Trần Bái (1980), đáp ứng kịp thời các yêu cầu nghiên cứu, đào tạo và sản xuất, quản lý.

Từ sau khi đất nước thống nhất (sau 1975), cùng với các ngành kinh tế, khoa học kỹ thuật khác, thủy sinh học nước ngọt cũng có những bước phát triển mới, với lực lượng khoa học thống nhất trong cả nước, được tổ chức lại phục vụ yêu cầu xây dựng phát triển đất nước.

Một số tổ chức chuyên trách mới được thành lập như Đại học Thủy sản, Viện nghiên cứu thủy sản nước ngọt Đình Bảng, Viện Sinh vật học, các Khoa Sinh vật ở các trường đại học... đã thúc đẩy hoạt động nghiên cứu trong cả nước với một quy mô lớn hơn, nội dung nghiên cứu toàn diện hơn và ngày càng được nâng cao về mặt trình độ. Hướng nghiên cứu điều tra thống kê thủy sinh vật vẫn tiếp tục được tiến hành trên mọi miền đất nước từ bắc tới nam, nhằm hoàn chỉnh công tác điều tra cơ bản, vùng phía nam chú trọng các hệ thống sông, các hồ chứa nước, các vùng chứa nước và cửa sông. Bên cạnh đó, còn đẩy mạnh các nghiên cứu về mặt sinh học, sinh

thái các đối tượng có giá trị kinh tế quan trọng, đánh giá nguồn lợi, xây dựng cơ sở khoa học phục vụ công tác quy hoạch, xây dựng công trình, phát triển kinh tế thủy sản, phát triển nuôi trồng thủy sản. Cùng với sự phát triển công nghiệp, xây dựng đô thị,... tình trạng ô nhiễm, suy thoái môi trường nước nội địa cũng đã phát sinh và lan rộng, có khi trầm trọng... Tình hình này đặt ra yêu cầu nghiên cứu các vấn đề ô nhiễm thủy vực, bảo vệ môi trường nước nội địa. Theo các hướng phát triển này, thủy sinh học nước ngọt nước ta từng bước hội nhập với khu vực, tham gia các chương trình, dự án nghiên cứu khoa học khu vực và thế giới, mở rộng hợp tác với các nước và tổ chức quốc tế. Qua hoạt động nghiên cứu phục vụ thực tiễn, một lớp cán bộ mới đông đảo được đào tạo, với trình độ hiện đại, đáp ứng nhu cầu nghiên cứu mới.

Trên cơ sở kết quả đạt được trong giai đoạn này, đã có thể soạn thảo, xuất bản những tài liệu cơ bản như các tập Động vật chí, Thực vật chí, các sách chuyên khảo, Sách Đỏ Việt Nam về thủy sinh vật nước ngọt, phục vụ yêu cầu phát triển kinh tế xã hội, nghiên cứu khoa học, đào tạo trong giai đoạn mới.

I. Đối tượng, nhiệm vụ và vị trí của thủy sinh học.....	1
II. Lịch sử phát triển của thủy sinh học.....	4
1. Sự phát triển của thủy sinh học biển	5
2. Sự phát triển của thủy sinh học nước ngọt.....	8
III. Sự phát triển của thủy sinh học ở Việt Nam	10
1. Sự phát triển của thủy sinh học biển ở Việt Nam.....	10
2. Sự phát triển của thủy sinh học nước ngọt ở Việt Nam	13

Chương I

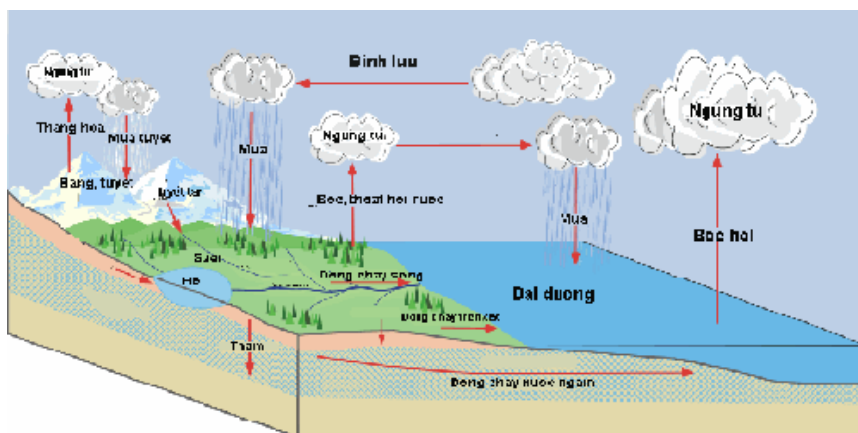
MÔI TRƯỜNG NƯỚC VÀ THỦY VỰC

I. ĐẶC TÍNH MÔI TRƯỜNG NƯỚC

1. Chu trình nước và nguồn nước trong thiên nhiên

1.1. Chu trình nước

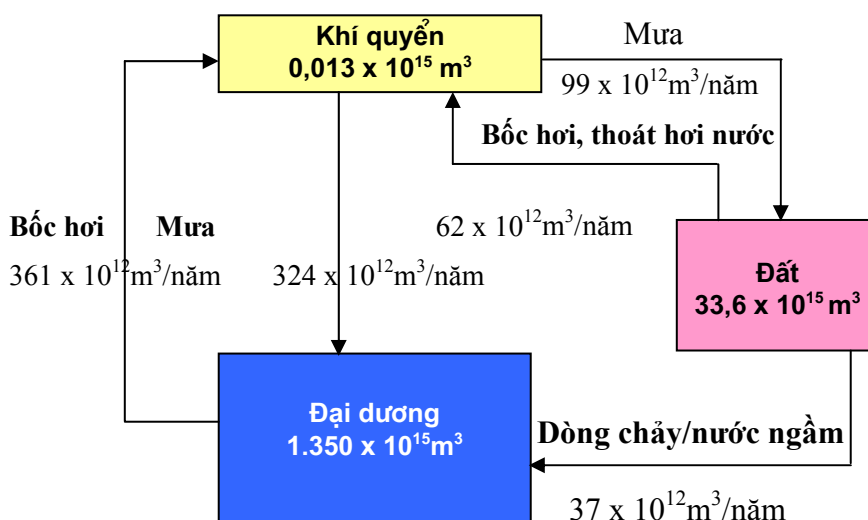
Chu trình nước hoặc chu trình thủy học (hydrologic cycle) được khái quát như mô hình dưới đây, mô tả sự dự trữ và sự chuyển vận nước giữa sinh quyển, khí quyển, thạch quyển và thủy quyển. Nước trên hành tinh có thể được dự trữ trong bất kỳ một trong những kho chứa như: khí quyển, đại dương, hồ, sông, đất, sông băng, núi tuyết và nước ngầm.



Hình 1.1. Chu trình nước trong tự nhiên (theo Pidwirny, 1999-2005)

Nước chuyển vận từ một nơi chứa này tới một nơi chứa khác qua sự bốc hơi, sự ngưng tụ, mưa, sự lắng đọng, dòng chảy, sự thấm, sự thăng hoa, sự thoát hơi nước, tan băng, tuyết và dòng nước

ngầm. Các đại dương cung cấp hầu hết lượng nước bốc hơi thấy có trong khí quyển. Trong lượng nước bốc hơi này, chỉ có 91% được trở lại đại dương thông qua mưa, 9% số lượng còn lại được chuyển vận tới các vùng khác nhau trên đất liền mà ở đó, có các yếu tố khí hậu đã tạo thành mưa. Sự mất cân bằng giữa lượng bốc hơi và lượng mưa trên đất liền và đại dương được điều chỉnh bởi dòng chảy mặt và nước ngầm chảy vào đại dương. Lượng nước trên hành tinh được cung cấp chủ yếu từ đại dương. Khoảng 97% lượng nước trên trái đất là ở các đại dương. 3% còn lại là nước ngọt trong sông băng, núi băng tuyết, nước ngầm, hồ, đất, khí quyển và trong các cơ thể sống.



Hình 1.2. Sự trao đổi thể tích nước giữa các kho chứa nước trên hành tinh
(theo Peixoto và Kettani, 1973)

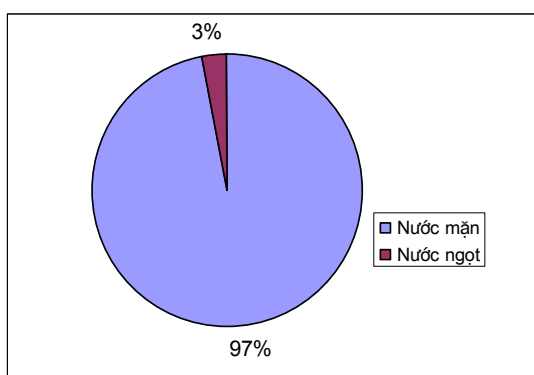
Bắt đầu từ đại dương, mặt trời chiếu xuống trái đất làm nước đại dương nóng lên. Một lượng nước biển bốc hơi thành hơi nước trong không khí. Băng và tuyết cũng có thể thăng hoa trực tiếp thành hơi nước. Nước trong cơ thể thực vật và trong đất cũng được bốc hơi. Hơi nước bay lên cao trong khí quyển, gặp nhiệt độ lạnh hơn bị ngưng tụ thành những đám mây. Dòng

không chỉ vận chuyển những đám mây vòng quanh quả đất. Các phần tử trong mây va chạm với nhau, phát triển và rơi xuống thành mưa. Một lượng mưa rơi xuống thành tuyết và có thể tích lũy thành băng hoặc sông băng mà có thể lưu giữ nước đóng băng hàng ngàn năm. Khi mùa xuân tới, thời tiết bắt đầu ấm áp, tuyết tan tạo thành dòng nước chảy trên mặt đất. Hầu hết lượng mưa đã trở lại đại dương hoặc trên lục địa mà ở đó, do trọng lực, dòng nước mưa trên mặt đất được xem là dòng chảy mặt (surface runoff). Một phần của dòng chảy mặt vào sông và tới các đại dương. Dòng chảy và nước thấm qua đất được tích lũy thành nước ngọt trong các đầm hồ. Không phải tất cả dòng nước đều tới sông, một lượng khá lớn xâm nhập vào đất được xem là nước thấm trong đất. Một lượng nước thấm sâu xuống đất tạo thành tầng ngậm nước (gần tầng mặt bão hòa) lưu giữ một lượng lớn nước ngọt trong thời gian dài.

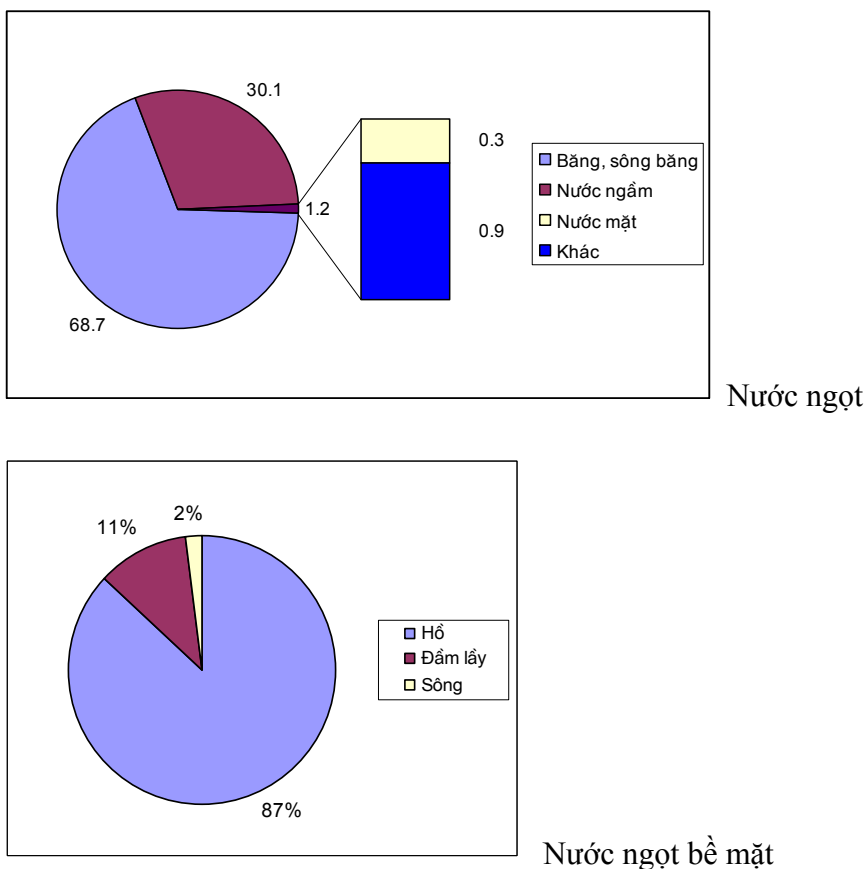
Sơ đồ sau trình bày thể tích nước chứa trong đất, đại dương và trong khí quyển. Các mũi tên thể hiện sự trao đổi thể tích nước hàng năm giữa các kho chứa nước.

1.2. Sự phân bố nước trên trái đất

Sự phân phối nước trên quả đất được tóm tắt trong hình 1.3. Khoảng 97% nước là đại dương, còn lại khoảng 3% là nước ngọt. Trong tổng lượng nước ngọt, nước mặt chỉ chiếm 0,3% mà trong đó, nước được lưu giữ chủ yếu ở hồ (87% tổng lượng nước mặt), sông chỉ chiếm 2% tổng lượng nước mặt.



Nước trên trái đất



Hình 1.3. Sự phân bố nước trên trái đất

(Nguồn: Gleick, P. H., 1996)

1.3. Nguồn nước

Nước chiếm 70% diện tích trái đất. Trong đó, khoảng 97% (trên 10^9 km^3) là đại dương. Nguồn nước ngọt trên trái đất là rất nhỏ so với nước ở các đại dương, nhưng nó có thời gian thay mới nước (renewal time) rất lớn. Nước ngọt nội địa bao phủ khoảng 2% bề mặt trái đất. Lượng nước ngọt lại tập trung ở một số hồ lớn, sâu. Riêng hồ Baikal ở Nga đã chiếm khoảng 20% tổng dung tích nước ngọt không đóng băng của trái đất. Năm hồ lớn của Bắc Mỹ chứa một dung tích nước ngọt tương tự.

Bảng 1.1. Ước lượng sự phân phối nước trên toàn cầu

Nguồn nước	Thể tích (Km³)	Tỷ lệ % của nước ngọt	Tỷ lệ % tổng số nước
Đại dương, biển và vịnh.	1.338.000.000	--	96,5
Băng tuyết vĩnh cửu	24.064.000	68,7	1,74
Nước ngầm	23.400.000	--	1,7
Nước ngọt	10.530.000	30,1	0,76
Nước mặn	12.870.000	--	0,94
Đất ẩm	16.500	0,05	0,001
Băng và tầng đất đóng băng vĩnh cửu	300.000	0,86	0,022
Hồ	176.400	--	0,013
Nước ngọt	91.000	0,26	0,007
Nước mặn	85.400	--	0,006
Khí quyển	12.900	0,04	0,001
Nước đầm lầy	11.470	0,03	0,0008
Sông	2.120	0,006	0,0002
Nước có nguồn gốc sinh học	1.120	0,003	0,0001
Tổng số	1.386.000.000	-	100

Nguồn: Gleick, P. H., 1996

Các thủy vực nước ngọt nội địa bao gồm suối, sông, hồ, ao, vùng cửa sông và các vùng đất ngập nước có cấu trúc phân biệt rõ ràng được xác định bởi hình thái vùng lưu vực và các mối tương tác vật lý, hóa học và sinh học. Cấu trúc vật lý được xác định bởi sự phân bố ánh sáng, nhiệt, sóng và dòng chảy biến đổi theo ngày, mùa. Cấu trúc hóa học được xác định bởi các yếu tố dinh dưỡng và ô xy hòa tan. Các yếu tố môi trường này là cơ sở hình thành các đặc tính sinh

học của thủy vực. Ngoài ra, các đặc điểm vùng lưu vực cũng như khối khí quyển trên vùng lưu vực cũng là yếu tố quan trọng xác định cấu trúc thủy vực nội địa, đặc biệt là tác động đến chu trình dinh dưỡng.

Một điều mà các nhà nghiên cứu về đầm hồ học (limnology) hiện nay rất quan tâm là phải bảo đảm được chất lượng và số lượng các thủy vực nước ngọt trong khi dân số ngày một tăng lên. Hầu hết các chất dinh dưỡng và các nguồn nước thải có tính chất độc hại chảy vào những sông, hồ và đang tích tụ một số lượng lớn các chất gây ô nhiễm làm suy thoái chất lượng nước.

2. Đặc tính thủy lý - hóa học của môi trường nước

2.1. Ánh sáng

Nguồn ánh sáng chủ yếu trong các thủy vực là từ mặt trời và từ mặt trăng tỏa xuống. Ngoài ra, còn phải kể đến các nguồn ánh sáng phát ra từ các thủy sinh vật. Cường độ và thành phần quang phổ của ánh sáng trong nước phụ thuộc vào lượng bức xạ mặt trời tỏa xuống mặt nước và sự phân bố ánh sáng trong các lớp nước. Ánh sáng từ bên ngoài vào nước một phần sẽ bị phản xạ ngay trên mặt nước và tán xạ trong tầng nước, còn phần lớn sẽ được hấp thụ ở trong nước. Lượng ánh sáng phản xạ phụ thuộc vào góc nghiêng của tia sáng mặt trời so với mặt nước và tình trạng tĩnh lặng của mặt nước, từ vài phần trăm đến vài chục phần trăm tổng lượng ánh sáng chiếu vào mặt nước. Như vậy, lượng ánh sáng mặt trời chiếu xuống nước nhiều nhất ở vùng xích đạo - nơi có lượng bức xạ mặt trời vào nước lớn nhất ở thời gian buổi trưa và khi mặt nước yên tĩnh cũng là lúc lượng ánh sáng phản chiếu ít nhất. Một phần ánh sáng khác (khoảng 1%) bị tán xạ bởi các phần tử nước và các vật lơ lửng trong nước hấp thụ. Hệ số hấp thụ ánh sáng của nước tỷ lệ nghịch với độ trong của nước và khác nhau đối với từng loại tia sáng. Do vậy, các thủy vực nước đục, có lượng chất cái (seston) lớn, sẽ hấp thụ ánh sáng nhiều hơn các thủy vực trong. Tia đỏ được hấp thụ nhiều ngay trong tầng nước nông, còn các tia xanh, tia lục được hấp thụ ở cả các tầng nước sâu.

Bức xạ mặt trời cung cấp nhiệt và hình thành chế độ gió. Năng lượng của gió thổi trên bề mặt nước gây xáo trộn cho cả các thủy

vực ở nội địa và đại dương. Ánh sáng cần thiết cho sự quang hợp của các nhóm thực vật trong nước, mở đầu cho các chuỗi dinh dưỡng của thủy vực.

Tác dụng của ánh sáng đối với thủy vực và thủy sinh vật là rất quan trọng, trước hết nó cung cấp nhiệt cho nước, làm nóng khối nước bề mặt. Ánh sáng ảnh hưởng tới sự di động và phân bố của thủy sinh vật theo độ sâu, đặc biệt là cung cấp năng lượng cho thực vật quang hợp. Sự phân bố của ánh sáng trong thủy vực không đồng đều theo độ sâu đã tạo nên các vùng thực vật phong phú ứng với những vùng sáng của tầng nước. Sự chiếu sáng ngày đêm có tác động sâu sắc tới hiện tượng di động ngày đêm của thủy sinh vật.

Ánh sáng còn giúp động vật trong nước định hướng di động nhờ đặc tính hướng quang, thúc đẩy quá trình sinh hóa trong đời sống cá thể, đặc biệt trong quá trình tạo vitamin. Ánh sáng cũng có ảnh hưởng nhất định đến quá trình sinh sản và lối sinh sản. Ánh sáng còn liên quan đến sự biến đổi về hình thái và màu sắc cơ thể, các cơ quan cảm quan của động, thực vật ở các vùng sáng khác nhau. Ánh sáng trắng, ánh sáng sao mặc dầu có nguồn năng lượng không lớn (bằng $1/30.000$ tới $1/50.000$ lần của mặt trời), đã giúp cho sự di cư của động vật nổi và cá.

Động vật ở nước có khả năng nhận biết ánh sáng phân cực theo một phương duy nhất. Ánh sáng phân cực là phương tiện dẫn đường dưới nước cho sự vận động của động vật thủy sinh. Một thí dụ quan trọng là sự di cư của cá hồi từ đại dương vào bãi đẻ trứng của chúng ở tận thượng nguồn sông. Mặc dù chúng có thể sử dụng khả năng khứu giác ở sông, suối tại địa phương đó nhưng không thể sử dụng nó khi ở đại dương. Thay vì ánh sáng mặt trời, ánh sáng phân cực ở nước đã được xem như cái địa bàn dẫn đường cho cuộc hành trình dài này có thể tới hàng nghìn cây số (Hasler, 1966).

2.1.1. Đo đạc ánh sáng

Ánh sáng tới trái đất là một dòng các sóng điện từ hoặc lượng tử ánh sáng (photon, quanta) liên tục. Bước sóng dùng để đo đặc màu ánh sáng, lượng tử để mô tả năng lượng ánh sáng. Một đặc tính quan trọng của tia sáng là cường độ của nó - lượng photon qua một đơn vị diện tích. Một đặc điểm quan trọng khác nữa của

tia sáng là bước sóng (λ , lambda) hoặc màu của nó là trị số năng lượng ánh sáng.

Để đo tổng lượng bức xạ mặt trời, người ta sử dụng một máy ghi lượng nhiệt mặt trời liên tục (pyroheliometer) đặt ở mặt nước. Thiết bị đơn giản này ghi nhận sự biến đổi ánh sáng bởi sức căng cơ học được tạo thành do sự giãn nở trong quá trình hấp phụ bởi đĩa mặt đen và sự phản chiếu lại của đĩa mặt bạc. Một kiểu đo bức xạ mặt trời khác là tế bào quang mặt trời (photovoltaic solar cells) dựa trên nguyên lý chuyển năng lượng ánh sáng thành điện. Đơn vị đo ánh sáng là microinsteins hoặc watt, hoặc gram-calories/cm². Các nhà nghiên cứu đầm hồ học có thể đo được các bước sóng ánh sáng khác nhau tại từng độ sâu. Một số các thiết bị đo đặc quang phổ hiện đại có thể đo được phổ ánh sáng từ các tia nhìn thấy đến các tia hồng ngoại (400-800nm).

Ánh sáng trong đại dương tại vận tốc bằng với vận tốc ánh sáng trong chân không được phân chia bởi chỉ số khúc xạ (n), thường = 1,33. Như vậy, vận tốc ánh sáng trong nước bằng khoảng $2,25 \times 10^8$ m/s. Do đó, ánh sáng truyền trong nước chậm hơn so với trong không khí, một số ánh sáng bị phản chiếu lại ngay ở bề mặt nước. Hầu hết ánh sáng mặt trời tới mặt biển được truyền xuống nước biển, một ít bị phản xạ trở lại. Điều này có nghĩa là tia tới của ánh sáng mặt trời tới biển và đại dương trong vùng nhiệt đới hầu hết được hấp phụ xuống phía dưới bề mặt nước biển.

Độ trong của nước ở các thủy vực, chủ yếu phụ thuộc vào số lượng và đặc tính khối chất cái (seston) trong nước, thường được đo bằng một thiết bị đơn giản, rẻ tiền là đĩa Secsi. Độ trong của nước lớn nhất thường thấy ở đại dương, các biển và hồ tự nhiên có độ sâu lớn, nghèo dưỡng. Độ trong ở Thái bình dương có thể tới 60m, ở hồ Baican tới 40m, ở hồ Gionevơ tới 21m, ở các hồ nhỏ và biển nhỏ, độ trong của nước thấp hơn rõ rệt, chỉ vài mét tới hàng chục mét. Độ trong theo đĩa Secsi ở các hồ phú dưỡng, sông nhiều phù sa thường thấp 0-2m.

2.1.2. Ánh sáng dưới nước

Các tia sáng đi vào trong nước trong nước không đồng đều, phụ thuộc vào độ dài sóng và độ trong của nước. Độ sâu nhất của các tia sáng xuyên trong nước vào khoảng 1.500-1.700m. Vùng sâu dưới

1.700m, có thể coi là vùng tối, luôn luôn không có ánh sáng mặt trời. Do khả năng xâm nhập của các tia sáng vào nước là khác nhau, nên có thể chia tầng nước từ trên bề mặt xuống dưới sâu thành các vùng ánh sáng khác nhau. Vùng trên (vùng sáng) là vùng còn có đủ các tia sáng từ đỏ tới tím, bảo đảm sự phát triển của thực vật quang hợp. Đây là vùng có thực vật ở nước phát triển mạnh nhất. Vùng giữa là vùng chỉ còn các tia sáng ngắn và cực ngắn. Vùng dưới (vùng tối) là vùng không còn tia sáng nào xuống tới được. Sự phân bố các vùng ánh sáng ở biển tương đối rõ rệt: vùng sáng ở trong khoảng 0-200m, vùng giữa từ 200-500m, vùng tối là vùng biển có độ sâu trên 1.700m. Ở các thủy vực nước ngọt, do độ trong thấp, nhiều chất lơ lửng, độ xâm nhập của ánh sáng kém, nên sự phân bố các tầng sáng trong vùng nước không đồng nhất và không sâu như ở biển. Vùng sáng chỉ ở khoảng vài chục mét, đến 200m sâu đã là vùng tối.

Ánh sáng xuyên xuống nước được khúc xạ, tán xạ, truyền hoặc hấp phụ. Ánh sáng bị khúc xạ khi đi qua những môi trường có mật độ quang học khác nhau. Ánh sáng có bước sóng ngắn có chỉ số khúc xạ cao hơn ánh sáng có bước sóng dài. Như vậy, ánh sáng xanh có chỉ số khúc xạ cao nhất, ánh sáng đỏ thấp nhất. Ánh sáng mặt trời màu trắng được khúc xạ bởi hạt mưa trong bầu trời mà nó như là các lăng kính nhỏ tạo thành cầu vồng. Ánh sáng được tán xạ cũng như được hấp thụ hoặc được khúc xạ bởi các hạt và một số phân tử. Một tia sáng đi qua cửa sổ thường không nhìn thấy nhưng lại dễ dàng nhìn rõ trong phòng có bụi bởi ánh sáng bị tán xạ bởi các hạt bụi. Hiện tượng tương tự xảy ra ở vùng nước đục. Một bầu trời trong sạch hoặc một hồ nước màu xanh do các phân tử ô xy trong không khí và trong nước sạch tán xạ ánh sáng màu xanh nhiều hơn các màu khác. Do ánh sáng xuyên và được hấp phụ nên nó trở thành nhiệt trong nước.

Theo độ sâu, cường độ ánh sáng giảm theo hàm số mũ. Sự giảm ánh sáng được biểu thị theo toán học bởi hệ số triệt tiêu ϵ_λ (epsilon-lambda) của dung dịch, các phần ánh sáng bị hấp phụ theo mét cột nước. Giá trị ϵ_λ cao khi sự truyền ánh sáng thấp hoặc khả năng ánh sáng xuyên qua nước thấp. Đối với một chùm ánh sáng song song đơn sắc (cùng một bước sóng), cường độ I tại độ sâu cột nước z khi mặt trời trực tiếp ở đỉnh đầu được tính theo công thức:

$$I_z = I_0 e^{-\epsilon_\lambda z}$$

I_0 = cường độ xuyên qua mặt nước

Z = độ dài

ϵ_λ = hệ số triệt tiêu của bước sóng cụ thể ở đây

Hệ số triệt tiêu cũng có thể được tính như sau:

$$\epsilon_\lambda = \epsilon_w + \epsilon_d + \epsilon_p$$

ϵ_w = triệt tiêu bởi phân tử nước

ϵ_d = triệt tiêu bởi vật chất hòa tan

ϵ_p = triệt tiêu bởi các hạt nhỏ.

Đối với nước cất thì $\epsilon_d = \epsilon_p = 0$ và $\epsilon_\lambda = \epsilon_w$.

Trong điều kiện tự nhiên, ánh sáng là một phổ phức hợp nhưng chỉ có khoảng một nửa phổ ánh sáng xuống nước được các loại tảo sử dụng để quang hợp, gọi là bức xạ hoạt động quang hợp (PAR), dao động từ 400 đến 700nm. Thực vật nổi và các thực vật thủy sinh có thể phát triển trong môi trường nước có hàng tỷ các hạt lơ lửng. Nhìn chung, ánh sáng nhiều thì quang hợp nhiều nhưng hầu hết các hồ vào những ngày nắng, cường độ bức xạ giữa trưa thường ngăn cản khả năng quang hợp. Hiện tượng này thấy rõ ở các vùng có không khí trong sạch, đặc biệt ở vùng cực. Hầu hết các bước sóng gây hại là tia cực tím (UVB) (có bước sóng từ 290 tới 230nm), có thể phá hủy DNA lặp lại (Bauer et al., 1982) và làm giảm khả năng sinh sản của động vật nổi (Karanas et al., 1981). Trong hầu hết các trường hợp, sự nở rộ thực vật nổi có thể bị phá hủy bởi quá nhiều ánh sáng mặt trời.

2.1.3. Màu nước

Vì ánh sáng xuyên vào nước hồ được lựa chọn để hấp phụ mà thường ở rìa phổ ánh sáng. Sự hấp phụ tương đối khác nhau giữa nước đục và nước trong do ảnh hưởng của sự tán xạ bởi độ đục cho phép khả năng thâm xuyên của ánh sáng có bước sóng dài (tia hồng ngoại) hơn là ở nước trong. Hầu hết các trường hợp, tia cực tím và hồng ngoại của phổ ánh sáng được hấp phụ ngay đầu tiên và bởi vậy, sự thâm xuyên ít nhất. Có phổ ánh sáng hẹp xuống được khối

nước sâu hơn, trong như hồ Tahoe, chỉ có ánh sáng lam được giữ lại ở độ sâu 100m. Nếu ta chia phổ ánh sáng thành các bậc ứng với các tia cực tím (UV), lam (B), lục (G), đỏ (R), và hồng ngoại (IR) sẽ thấy rằng với nước tinh khiết, giá trị triệt tiêu tăng hoặc sự truyền sáng giảm lần lượt là B, G, UV, R, IR. Trong các hồ có chứa nhiều chất hòa tan, ϵ_λ cao nhất đối với ánh sáng có bước sóng ngắn (UV). Nếu có các hạt vật chất gây màu như thực vật nổi (khi ϵ_λ trở thành yếu tố quan trọng) thì các bậc hấp phụ như trên có thể thay thế nhau khi nước có thể có màu của hạt vật chất đó. Thí dụ, sự nở rộ của tảo lam có thể sản sinh ra màu xanh lục hoặc xanh lam thậm chí khi nước hoàn toàn sạch. Trong một số các hồ mang tính kiềm ở Châu Phi, vi khuẩn có thể sản sinh ra màu đỏ tía. Có lẽ thí dụ điển hình nhất cho thấy ở các hồ và vùng cửa sông có phù sa, ánh sáng đỏ có khả năng đâm xuyên sâu nhất, mặc dầu không có ánh sáng nào có thể đâm xuyên sâu như các hồ có độ trong cao hoặc ở đại dương. Tảo có thể thay đổi hàm lượng sắc tố để sử dụng ánh sáng thích hợp tại độ sâu mà chúng sống. Điều này làm cho các dạng tảo sống bám ở đáy (periphyton) dễ phát triển trong điều kiện ánh sáng mờ và thực vật nổi trong tầng nước giữa mà ở đó ánh sáng thường yếu.

Màu xanh của hồ nghèo dinh dưỡng là một trong những đặc điểm quan trọng để phân biệt chúng với các hồ có tình trạng dinh dưỡng khác. Màu xanh nhiều do các phân tử nước tán xạ. Các ánh sáng có bước sóng ngắn nhất bị tán xạ nhiều nhất với tỷ lệ hiệu ứng đạt tới $(1/\lambda)^4$, ánh sáng lam là màu ưu thế tán xạ trở lại bề mặt các hồ có độ trong. Sự tán xạ ánh sáng lam mà mắt nhìn thấy được bởi các phân tử nước ở các hồ cực nghèo dưỡng (ultraoligotrophic) chuyển sang màu xanh cobalt thẫm. Màu của hồ được biểu thị bởi ánh sáng bị phản xạ bởi hai nguồn màu *thực tế* và màu *hiển nhiên/biểu kiến*. Màu thực tế của nước được đo bởi quang phổ kế, còn màu biểu kiến là màu nhìn thấy bằng quan sát từ bờ hồ. Màu biểu kiến phụ thuộc vào mối tương tác giữa bước sóng bị tán xạ trở lại mắt và sự hấp phụ bước sóng ánh sáng đó trong nước giữa độ sâu của sự tán xạ và bề mặt nước. Những biến đổi quang phổ ánh sáng theo ngày, mùa của bức xạ tới, đám mây phủ, sự khúc xạ của thẳm thực vật, và các đồi núi xung quanh hồ làm thay đổi màu biểu kiến của nước. Một điều cũng ảnh hưởng tới sự nhận biết của mắt là màu đáy ở các hồ nông hoặc tại mép các hồ sâu. Một hồ sâu có ít hoặc không có vật chất

hòa tan hoặc lơ lửng sẽ có màu lam. Tuy nhiên, khi có các đám mây bão thậm chí các thủy vực nước cực sạch, sẽ tạo thành màu xám, sắc chì xám của các đám mây. Nếu có một số lượng vừa phải các chất hòa tan và thực vật nổi thì hồ có màu lục. Kính râm phân cực hoặc kính lọc sáng phân cực của máy chụp ảnh, quay phim cũng cho thấy màu biểu kiến thực. Màu xanh lục cũng được sinh ra khi có các hạt lơ lửng mịn. Các hồ ở vùng cao có màu xám hoặc hơi trắng đục do có các hạt đá mịn, gọi là bột băng (glacial flour). Các hồ ở độ cao trung bình có màu xanh lục hơi trắng do trong nước có nhiều các hạt lơ lửng mịn hơn. Các hồ ở vùng thấp hơn có màu lam do tất cả các hạt lơ lửng đã bị lắng.

Nếu có một số lượng lớn các chất hòa tan, đặc biệt các chất hữu cơ, các hồ có màu vàng hoặc màu nâu. Một số hồ bị chua (acid) nặng có màu xanh lục xám do có nhiều các ion kim loại màu hòa tan. Sự nở rộ thực vật nổi ở các hồ phú dưỡng có thể gây màu xanh lục, xanh lam và hiện tượng “thủy triều đỏ” của tảo giáp (dinoflagellates) gây ra sắc màu nâu nhạt hoặc màu nâu đỏ. Tảo lam có thể làm cho hồ có xanh lục, trắng đục hoặc màu nâu tùy thuộc vào từng loài hoặc tình trạng của hồ. Các hồ giàu chất hữu cơ hòa tan, hàm lượng ô xy hòa tan thấp, vi khuẩn quang tổng hợp làm cho màu nước đỏ như máu. Tại các sông và vùng cửa sông, bùn là nơi cư trú cho vi khuẩn ô xy hóa sulfua, tạo thành các hạt sulfua và làm cho nước có màu vàng hơi trắng đục. Ở các vùng biển có năng suất với mật độ thực vật nổi cao, thấy màu xanh lam và xanh lục. Vào các ngày đẹp trời, có thể quan sát thấy màu nước từ vũ trụ.

2.2. Chế độ nhiệt

Trong hệ sinh thái thủy vực, nhiệt giữ hai chức năng chủ yếu:

- Tạo ra sự phân tầng nhiệt trong thủy vực.
- Điều chỉnh tốc độ của các phản ứng hóa học và các quá trình sinh học.

2.2.1. Nguồn nhiệt

Nguồn nhiệt chủ yếu của nước trong các thủy vực là từ bức xạ mặt trời và do các tia có bước sóng dài: hồng ngoại, đỏ, da cam. Lớp

nước trên mặt hút nhiều nhiệt hơn ở dưới sâu, và các tia sáng này chỉ có ở khối nước tầng mặt. Chế độ nhiệt ở môi trường nước tương đối ổn định hơn trong không khí do có độ toả nhiệt và thu nhiệt lớn, các lớp nước ở trên bề mặt và dưới sâu điều hòa nhiệt độ lẫn nhau trong quá trình lạnh đi và bốc hơi, làm cho nhiệt độ của khối nước ít biến đổi.

Nguồn nhiệt của môi trường nước bao gồm nguồn nhiệt đầu vào và đầu ra. Nguồn nhiệt vào được xem như quá trình tích nhiệt trong khi nguồn ra biểu thị lượng nhiệt bị mất đi và ra khỏi môi trường nước.

Nguồn nhiệt vào được phân biệt bởi nguồn nhiệt sơ cấp và nguồn nhiệt thứ cấp:

- Nguồn nhiệt sơ cấp: từ bức xạ mặt trời; từ không khí tới nước; Nguồn nhiệt vào thứ cấp: từ các quá trình sinh hóa diễn ra trong môi trường nước của đại dương, từ các hoạt động thủy nhiệt và bên trong trái đất, từ ma sát do dòng chảy và từ các hoạt động sóng vô tuyến.
- Nguồn nhiệt ra: từ bức xạ ngược của sóng dài; nhiệt truyền trực tiếp vào khí quyển; nhiệt thoát ra từ bốc hơi nước; nhiệt truyền ra theo dòng chảy, hoàn lưu thẳng đứng, các nhiễu loạn.

a. Nhiệt đầu vào (Bức xạ mặt trời)

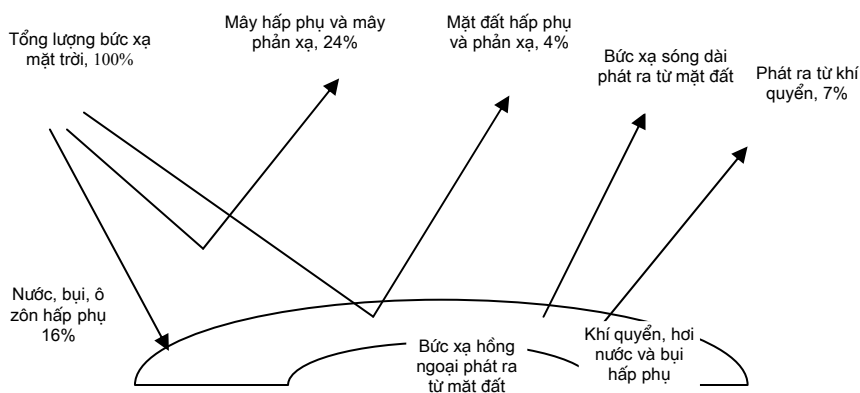
Không phải tất cả bức xạ tiếp nhận từ bên ngoài khí quyển tới được môi trường nước. Nếu tổng bức xạ bình thường là 100% thì 16% được hấp phụ trong khí quyển; 24% bị phản hồi lại bởi đám mây; 7% được bức xạ lại vũ trụ từ khí quyển và 4% tới bề mặt trái đất mà chủ yếu là đại dương. Năng lượng mặt trời tới đại dương biến đổi bất quy tắc theo độ dài bước sóng gây ra sự bức xạ bởi hơi nước và các chất khí khác trong khí quyển, đặc biệt ô xy và hydro các bon. Sự hấp phụ ánh sáng trong nước biển giảm nhanh theo độ sâu. Năng lượng tối thiểu cần cung cấp để duy trì sự quang hợp là 0,003 cal $\text{cm}^{-2}/\text{phút}$. Dưới điều kiện tối ưu này (nước sạch tuyệt đối) tổng lượng này có thể tồn tại ở độ sâu 220m.

b. Nhiệt đầu ra

Một số bức xạ mặt trời tới bề mặt nước mà chủ yếu là biển và đại dương đã được bức xạ trở lại. Sự biến động của nhiệt độ nước bề

mặt biển hàng ngày hoặc theo mùa ít ảnh hưởng tới năng lượng bức xạ trở lại. Nhiệt độ trung bình ở nước bề mặt đại dương ấm hơn $0,8^{\circ}\text{C}$ so với không khí ở phía trên mặt nước. Bởi vậy, sự truyền nhiệt trực tiếp từ nước tới không khí làm cho nước mất nhiệt. Sự truyền nhiệt theo hướng đó xảy ra dễ hơn so với hướng ngược lại bởi hai lý do:

1. Nó sử dụng ít năng lượng để làm nóng không khí hơn so với nước. Năng lượng cần để làm tăng nhiệt độ của lớp nước dày 1 cm lên 1°C là tương đương với tăng nhiệt độ của lớp không khí dày 31m.
2. Nhiệt từ dưới nước vào khí quyển gây ra sự không bền vững (thông qua sự giảm mật độ nước ở đáy), gây ra sự hoàn lưu khí quyển và xáo động nhiệt. Ngược lại, nhiệt từ khí quyển vào đại dương làm tăng sự bền vững (thông qua sự giảm mật độ nước tại bề mặt) và ngăn cản sự truyền nhiệt tới khối nước sâu.



Hình 1.4. Tỷ lệ các nguồn nhiệt vào và ra khỏi trái đất

(từ trang web: Introduction to Physical Oceanography Chapter 5 - The Oceanic Heat Budget.htm)

2.2.2. Tầm quan trọng của nhiệt

Nhiệt lượng trong hồ, sông, đại dương có hai vai trò đặc biệt, tác động tới cấu trúc hệ sinh thái hồ và các phản ứng sinh học, hóa học trong hồ. Nhiệt lượng theo ánh sáng chiếu xuống nước có khả năng tạo ra rất nhiều kiểu phân tầng nhiệt độ trong các thủy vực. Nhiệt cũng điều chỉnh các phản ứng hóa học và các quá trình sinh học. Vào mùa hè, nhiệt độ tăng sẽ thúc đẩy quá trình trao đổi chất. Tốc độ các chu trình chuyển hóa vật chất hữu cơ và các thành phần khoáng hóa tăng khi nhiệt độ tăng. Các phản ứng hóa học thông thường và các hoạt động sinh học như quá trình hô hấp sẽ tăng lên gấp đôi khi nhiệt độ tăng lên 10°C . Do vậy, vào mùa đông, động vật nổi và cá sẽ tốn nhiều năng lượng hơn nhưng sinh trưởng chậm hơn so với mùa hè. Quan hệ nhiệt độ - trao đổi chất được thể hiện qua chỉ số Q_{10} . Thông thường, đối với hầu hết các sinh vật, $Q_{10} = 2$. Tuy nhiên, trong môi trường lạnh hơn thì Q_{10} có thể cao hơn. Đối với một số loài tảo ở vùng đầm lầy tại Nam Cực, Q_{10} cho cố định đạm có thể lên đến 6 khi nhiệt độ từ 0° đến 5°C . Điều này mang lại thuận lợi hiển nhiên trong một số ngày nắng ít ỏi của mùa hè ở ven biển Nam Cực. Khi nhiệt độ tăng, làm tăng tốc độ trao đổi chất của các loài sinh vật ở hồ và sông, đồng thời tăng đòi hỏi nhu cầu ô xy hòa tan. Khi nhiệt độ tăng lên đến cực đại vào mùa hè, tốc độ lọc thức ăn và bài tiết của động vật nổi cũng sẽ tăng. Tất cả các hoạt động này sẽ làm gia tăng một khối lượng lớn chất thải mà các loài vi khuẩn phải phân giải. Lượng dinh dưỡng vô cơ mà các vi khuẩn và động vật nổi thải ra sẽ cung cấp một lượng nhỏ cho thực vật nổi vào mùa hè, và khi sự sinh trưởng thực vật ở giai đoạn sớm hơn, chúng sẽ tiêu thụ hết những dinh dưỡng đã được tạo ra vào suốt mùa đông trước đó. Thậm chí các loài cá máu lạnh hoặc cá biến nhiệt (poikilotherma) trở nên nhanh nhẹn hơn, ở cả những con trưởng thành lẫn giai đoạn cá con đều trở nên phàm ăn hơn khi nước ấm lên. Trên thực tế, cá con thường sống sót nhiều hơn khi vào những năm ấm áp bởi chúng sẽ lớn nhanh hơn, đạt tới kích cỡ mà các loại động vật ăn thịt ít động tới hơn.

Thực vật nổi hô hấp nhiều hơn khi nhiệt độ cao hơn và khi đó chúng dừng không tiếp tục gia tăng hoạt động quang hợp. Ví dụ như ở hồ nhiệt đới George, Uganda, khi nhiệt độ nước vào khoảng $25\div 35^{\circ}\text{C}$, năng suất sơ cấp được đo bởi lượng ô xy được tạo thành

là rất cao, khoảng $15,6\text{g O}_2/\text{m}^2$ trong 12 giờ ngày đêm. Tuy nhiên, quá trình hô hấp cũng trong khoảng 12 giờ đó đã tiêu thụ khoảng $9,1\text{g O}_2/\text{m}^2$. Do đó lượng ô xy có ích thực sự còn lại chỉ vào khoảng $6,5\text{g O}_2/\text{m}^2$ (Ganf & Horne, 1975).

2.2.2. Đo đặc nhiệt

Nhiệt kế thủy ngân bằng thủy tinh hoặc nhiệt kế điện thông thường đều được sử dụng trong nghiên cứu đầm hồ học. Nhiệt kế điện (thermistor) đo sự thay đổi điện trở theo nhiệt bằng đầu dò kim loại trong một bóng khí cực bé được phủ bởi thủy tinh mỏng với sự chính xác đạt tới $\pm 0,01^\circ\text{C}$. Việc sử dụng nhiệt kế điện có thể đọc được từ nhưng xa nhưng đòi hỏi chi phí lớn. Các thiết bị hiện đại truyền số liệu về nhiệt độ và các biến số khác (như pH, độ dẫn điện, DO và độ sâu) trực tiếp tới máy tính. Nhiệt độ có thể được đo ở mỗi một milimét độ sâu để nghiên cứu chi tiết sự chuyển động của nước và thông lượng nhiệt.

Một thiết bị khác được sử dụng rộng rãi trong những năm 1940 và vẫn còn phổ biến trong nghiên cứu hải dương là nhiệt kế đáy - là thiết bị như quả rốc kết được đưa nhanh xuống đáy theo một đường dây dẫn thủy học (hydrograph wire). Trên đường đi xuống đáy hồ, đại dương, nhiệt kế đáy ghi nhận nhiệt độ và độ sâu bằng cách đánh dấu liên tục trên một tấm thủy tinh phẳng phủ vàng hoặc được hun khói. Nhiệt kế đáy có thể thu hồi hoặc sử dụng một lần. Loại sử dụng một lần thường được dùng ở biển, truyền số liệu nhiệt độ và độ sâu trở lại con tàu sau đó rơi tự do xuống đáy.

Một phương pháp đo nhiệt độ hiện nay đang được sử dụng rộng rãi hơn là viễn thám mà nó có thể cảm nhận được bức xạ nhiệt phát ra bởi nước (5.000-14.000nm). Tín hiệu được ghi nhận bởi đầu đo trong máy bay hoặc vệ tinh tầm thấp và được chương trình máy tính tạo thành ảo ảnh.

2.3. Âm thanh trong môi trường nước

Ánh sáng và âm thanh là hai kiểu truyền thông tin chủ yếu được con người và động vật sử dụng. Trên đất liền, âm thanh truyền chậm hơn so với ánh sáng và bởi vậy, ánh sáng thường được sử dụng để truyền thông tin với khoảng cách dài. Trong môi trường nước thì ngược lại: trong khi ánh sáng không thể xuống sâu dưới nước thì âm thanh lại có

thể truyền tới một độ sâu rất lớn. Âm thanh trong môi trường nước được con người sử dụng như đo độ sâu. Động vật thủy sinh sử dụng âm thanh để truyền tín hiệu thông tin. Đa số các động vật thủy sinh không chỉ có khả năng nghe mà còn có thể phát ra âm thanh. Nhiều loài giáp xác, thân mềm và cá có thể phát ra các âm thanh với tần số khác nhau. Các cơ quan tạo âm thanh của cua rất phong phú: càng, giáp đầu, râu I. Cua suối giống *Potamon* có các gai lớn trên tấm mang, đốt háng của chân bò có thể phát ra âm thanh. Tôm he họ Penaeidae truyền âm bằng ria trước của đốt bụng hoặc giáp đầu. Một vài loài giáp xác họ Coenobitidae có bộ phận cơ thể có thể tạo âm như gõ mõ.

Động vật thủy sinh tạo ra âm thanh với nhiều mục đích: báo động, gọi con cùng bầy... Gõ mõ là tín hiệu gọi nhau giữa con cái và con đực trong mùa sinh sản hoặc bảo vệ những nơi phân bố của mình. Cá tạo âm thanh từ răng hầu và các tia của tấm vây ngực, khớp sọ và cột sống, hàm. Cá voi và cá heo (delphin) có khả năng phát siêu âm để dò nơi tập trung sinh vật nổi hay các đàn cá để kiếm ăn, hay báo hiệu cấp cứu cho đồng bọn. Sứa có khả năng nhận sóng âm phát ra do chuyển động của các lớp không khí (8-13%Hz), do đó biết được con bão sắp tới mà di chuyển ra xa bờ để tránh sóng.

Trong môi trường nước biển, tốc độ âm thanh (c) là hàm số của nhiệt độ (T), độ mặn (S) và áp suất (p) và dao động giữa 1.400m/s và 1.600m/s. Trong vùng khơi của đại dương, nhiệt độ và áp suất là các yếu tố chủ yếu tác động tới tốc độ âm thanh. Theo chiều thẳng đứng, tại độ sâu ở tầng giữa, tốc độ âm thanh thấp nhất: nhiệt độ giảm nhanh ở trên một km độ sâu làm cho tốc độ âm thanh giảm theo độ sâu. Trong vùng nước sâu hơn một kilomet, nhiệt độ ít thay đổi, khi đó, tốc độ âm thanh lại được quyết định bởi áp suất, áp suất tăng theo độ sâu bởi vậy, tốc độ âm thanh tăng theo độ sâu. Sự thay đổi độ mặn theo độ sâu là quá nhỏ bởi vậy, độ mặn không có tác động nhưng độ mặn trung bình lại quyết định tốc độ âm thanh: độ mặn trung bình thấp, tốc độ âm thanh thấp, độ mặn cao tốc độ âm thanh cao. Sự truyền âm thanh theo chiều thẳng đứng là theo đường thẳng. Đặc điểm này là cơ sở để âm thanh phản hồi: độ sâu được biết nếu biết vận tốc trung bình của âm thanh, khoảng 1.500m/s và được hiệu chỉnh cho các vùng đại dương khác nhau trên thế giới.

2.4. Muối hòa tan

Các chất hòa tan trong nước thiên nhiên bao gồm nhiều thành phần khác nhau. Có thể chia làm ba nhóm là chất vô cơ hòa tan, chất hữu cơ hòa tan và chất khí hòa tan. Các chất vô cơ hòa tan trong nước lại gồm ba thành phần:

1. Thành phần muối cơ bản là thành phần chủ yếu của chất vô cơ hòa tan trong nước thiên nhiên. Trong nước ngọt, thành phần này chiếm tới 90-95%, trong nước có nồng độ muối cao chiếm, tới 99%. Thành phần muối vô cơ cơ bản này gồm các muối clorit, sunphát, các bô nát, hydro các bô nát của Na, Mg, Ca và K. Thành phần này tồn tại trong nước thiên nhiên dưới dạng các ion chủ yếu Cl^- , SO_4^{2+} , HCO_3^- , CO_3 , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} và Ca^{2+} .
2. Các nguyên tố tạo sinh (biogen) gồm các hợp chất vô cơ và hữu cơ hòa tan của N, P và Si là các chất cần thiết cho sự tạo thành cơ thể sống. Thuộc nhóm này còn có thể kể cả một số muối khác như Na, Ca, K, Mg... gọi chung là các muối dinh dưỡng. Nitrơ ở trong nước dưới dạng các ion NH_4^+ , NO_2^- và NO_3^- và ở dạng chất hữu cơ hòa tan và không hòa tan trong nước. Phốt pho cũng ở dạng vô cơ hoặc hữu cơ hòa tan trong nước. Dạng vô cơ trong nước tự nhiên là H_3PO_4 và các dẫn xuất. Silic trong nước tự nhiên ở dạng hòa tan có thể là H_4SiO_4 và các dẫn xuất.
3. Các nguyên tố vi lượng bao gồm các nguyên tố có hàm lượng rất nhỏ nhưng rất quan trọng đối với đời sống của thủy sinh vật. Các nguyên tố này rất nhiều và càng ngày càng được phát hiện nhiều thêm bằng các phương pháp phân tích hóa học hiện đại. Các nguyên tố vi lượng phổ biến là các kim loại: Fe, Ni, Pb, Cu, Mn, Co...

Hàm lượng các muối hòa tan, đặc biệt các muối vô cơ có nguồn gốc nitrơ, phốt pho và silic trong nước biểu thị mức độ dinh dưỡng và năng suất sinh học của thủy vực. Tuy nhiên, nếu hàm lượng các muối dinh dưỡng này quá cao sẽ gây sự phú dưỡng, thậm chí phì dưỡng của thủy vực.

2.5. Chế độ khí

2.5.1. Nguồn gốc các chất khí

Trong môi trường nước thiên nhiên, có các chất khí hòa tan, trong đó các chất khí thường gặp và có khi có hàm lượng cao là: O_2 , CO_2 , N_2 , CH_4 , H_2S , NH_3 . Nguồn gốc của các chất khí này là:

- Từ không khí đi vào nước (O_2 , CO_2 , N_2).
- Do các quá trình sống của thủy sinh vật và các quá trình chuyển hóa vật chất xảy ra trong thủy vực (CO_2 , CH_4 , H_2S , NH_3 , H_2).
- Do quá trình phân giải khí và chuyển hóa ở các lớp đất sâu dưới tác dụng của nhiệt độ cao và áp lực cao (CO_2 , CO , H_2S , NH_3 , HCl .v.v.).

Khí Ô xy: có trong thủy vực là từ không khí và từ hoạt động quang hợp của thực vật trong tầng quang hợp. Ô xy hòa tan trong nước có vai trò quan trọng trong trao đổi chất. Hàm lượng ô xy hòa tan trong nước còn phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ và áp suất môi trường. Lượng ô xy hòa tan sẽ được tiêu thụ trong quá trình hô hấp, trong quá trình ô xy hóa các chất trong thủy vực và nếu ở hàm lượng cao có thể thoát ra ngoài không khí. Ở nền đáy, ô xy còn được chuyển từ ô xýt man gan khó hòa tan trong nước lắng xuống đáy. Khi mất ô xy, chất này lại trở thành hợp chất man gan hòa tan, lấy lại ô xy trong nước rồi lại lắng xuống đáy. Trong thủy vực, mức tiêu thụ ô xy trong nước thông qua các quá trình sinh hóa, hóa học biểu thị các mức độ ô nhiễm của môi trường nước qua các chỉ số BOD (nhu cầu ô xy sinh hóa) và COD (nhu cầu ô xy hóa học).

Khí Cacbonic (CO_2): là loại khí, từ hoạt động hô hấp của thủy sinh vật và từ các quá trình phân huỷ hợp chất hữu cơ mà vào nước. Khí CO_2 có một vai trò quan trọng trong môi trường sống ở nước. CO_2 hòa tan trong nước được tiêu thụ trong quá trình quang hợp, trong quá trình chuyển hóa thành HCO_3^- và CO_3^{2-} và có thể thoát ra ngoài nước.

Khí dihydro sulphua (H_2S) trong thủy vực được hình thành do hoạt động của vi khuẩn thối rữa phân huỷ chất hữu cơ và vi khuẩn

lưu huỳnh khử sunfat trong nước. Loại thứ nhất hay gặp ở nước ngọt, loại thứ hai hay gặp ở biển và hải dương, nơi có nhiều sunfat. Khối lượng H_2S sinh ra trong thủy vực nhiều khi rất lớn, làm nhiễm độc một diện tích rất rộng trong thủy vực. H_2S là khí độc, trực tiếp hay gián tiếp gây tác hại cho thủy sinh vật. Có những thủy sinh vật chết ở nồng độ H_2S rất nhỏ. H_2S còn làm giảm hàm lượng ô xy trong nước, thu hẹp diện tích hoạt động bắt mồi của thủy sinh vật trong thủy vực.

Khí Mê tan (CH_4) hình thành do quá trình phân huỷ chất xenlulo ở đáy hồ, ao, đầm lầy, rất ít khi có ở biển và thường có dạng các bọt khí nhỏ từ đáy nổi lên mặt nước. CH_4 cũng là khí độc đối với thủy sinh vật.

2.5.2. Hàm lượng các khí

Hàm lượng các khí trong nước bao gồm lượng khí ô xy hòa tan (DO), khí cacbonic (CO_2), khí ni tơ (N), khí mê tan (CH_4) và khí hydro sulfua (H_2S). Hàm lượng các khí này, một mặt được hấp thụ từ khí quyển (ô xy, và các bo níc), mặt khác là những sản phẩm được tạo thành trong các chu trình sinh - địa - hóa trong khối nước và trầm tích đáy. Vai trò của các khí hòa tan trong nước rất có ý nghĩa, chúng tác động trực tiếp đến đời sống của các nhóm thủy sinh vật trong hệ sinh thái thủy vực. Bởi vậy hàm lượng của các khí này là những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng môi trường nước.

Hàm lượng khí ô xy và các bo níc trong nước các thủy vực phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố. Nhiệt độ nước và nồng độ muối càng cao, hàm lượng ô xy và các bo níc trong nước càng giảm. Hàm lượng ô xy và các bo níc trong thủy vực còn biến đổi theo mùa, theo ngày đêm, theo độ sâu, theo hoạt động sống của thủy sinh vật và các quá trình chuyển hóa vật chất hữu cơ trong thủy vực, theo sự thay đổi đặc tính chuyển động của khối nước. Phân bố của ô xy và các bo níc trong thủy vực cũng có những quy luật nhất định. Các tầng nước trên mặt thường giàu ô xy, có khi tới bão hòa, rồi giảm dần theo độ sâu. Các tầng nước sâu thường giàu các bo níc và nghèo ô xy, có khi còn có các khí độc (CH_4 , H_2S). Ở các hồ giàu dinh dưỡng thường có hiện tượng giảm hàm lượng oxy tới mức tối thiểu, có khi hết hẳn ở tầng đáy trong thời

gian nước đứng (mùa đông và mùa hè). Ở các hồ nghèo dinh dưỡng, ô xy ở tầng đáy luôn luôn có nhiều. Khác với khí ô xy, hàm lượng khí các bô nic trong nước biển phụ thuộc nhiều vào đặc tính sinh học và khác nhau giữa các vùng biển. Ví dụ, ở Thái Bình dương, nồng độ CO_2 ít khi đạt tới bão hòa trong khi ở vùng gần xích đạo của biển Ấn Độ dương, hàm lượng CO_2 thường vượt quá bão hòa.

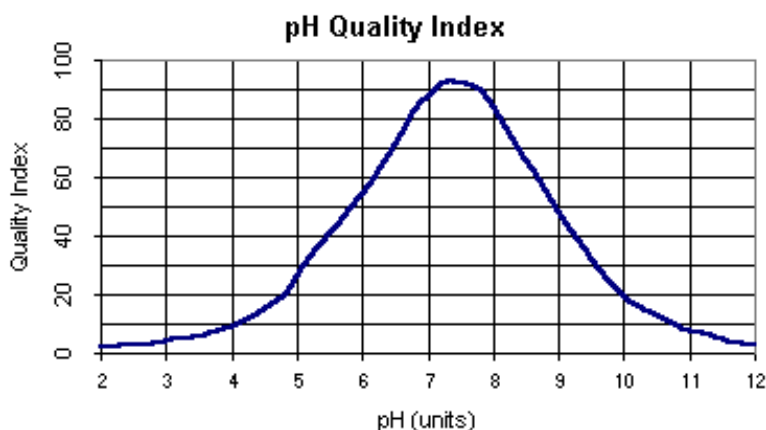
2.6. Độ pH và ô xy hóa khử

Trong thành phần nước tự nhiên, ion H^+ có hàm lượng rất nhỏ nhưng lại có vai trò rất quan trọng. Độ pH của nước phụ thuộc vào nhiều yếu tố và được coi là căn cứ để xác định chất lượng nước thông qua hàm lượng của nhiều thành phần thủy lý - hóa học khác. Yếu tố quyết định độ pH của nước là sự phân ly H_2CO_3 trong môi trường nước. Ngoài ra, độ pH còn phụ thuộc vào hàm lượng a xít muối hữu cơ ở đáy thủy vực và độ thủy phân các muối kim loại nặng. Trong thủy vực tự nhiên, độ pH được tự điều chỉnh nhờ hệ đệm các bô nat thông qua các phản ứng hóa học. Độ pH còn được điều chỉnh bởi các phản ứng sinh học. Một ví dụ điển hình là khi trong thủy vực có sự phát triển mạnh của tảo, hàm lượng CO_2 trong nước bị tảo huy động trong quá trình quang hợp, dẫn tới gia tăng độ pH.

Độ pH thay đổi từ 0-14 nhưng pH của thủy vực tự nhiên thường chỉ ở khoảng 6,5-8,5. Mỗi loại hình thủy vực có các dãy pH khác nhau đặc trưng cho loại hình thủy vực đó. Độ pH của nước biển và đại dương thường ngả về tính kiềm, dao động trong khoảng 8,1-8,4. ở các thủy vực nội địa, độ pH dao động nhiều hơn: từ thủy vực có tính a xít (pH 3,4-6,95), trung tính (pH dao động 6,95-7,3), có tính kiềm (pH dao động từ 7,3-10, thậm chí trên 10 như một số hồ phú dưỡng ở nội thành Hà Nội).

Độ pH trong một thủy vực có thể biến đổi theo ngày đêm, do biến đổi hàm lượng CO_2 trong nước trong quá trình quang hợp hoặc hô hấp. Ở ruộng cây lúa, pH ban ngày là 7,1, ban đêm là 5,6 (Phạm Văn Miên, 1963). Độ pH cũng thay đổi theo độ sâu, càng xuống sâu càng giảm do sự thay đổi hàm lượng CO_2 theo độ sâu. Độ pH còn biến đổi theo mùa do biến đổi các quá trình phân huỷ chất hữu cơ, liên quan tới hàm lượng CO_2 trong nước.

Giữa độ pH của nước trong thủy vực và thủy sinh vật có quan hệ qua lại rất mật thiết. Hoạt động sống của thủy sinh vật (quang hợp, hô hấp) làm thay đổi độ pH của nước trong thủy vực. Ngược lại, độ pH của nước ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp tới sự phân bố và hoạt động sống của thủy sinh vật (sinh sản, hô hấp). Độ pH thay đổi còn làm thay đổi sự cân bằng của toàn bộ hệ thống hóa học trong môi trường nước, qua đó gián tiếp ảnh hưởng tới đời sống thủy sinh vật. Ví dụ độ pH thấp (quá trình chua hóa thủy vực) là môi trường thuận lợi làm tăng các ion kim loại như Al, Fe, Mn, gây độc cho thủy sinh vật.



Hình 1.5. Dãy giá trị pH liên quan tới chỉ số chất lượng nước
(từ trang web: Water quality monitoring pH. htm)

Theo các dẫn liệu nghiên cứu thực nghiệm, trong thủy vực, hầu hết các nhóm thủy sinh vật phát triển bình thường trong giá trị pH từ 6 tới 9. Nhìn chung, các thủy vực có độ pH nghiêng về a xít thì đa dạng sinh vật nổi bị giảm, chỉ có 10-20 loài thực vật nổi, trong khi đó, các hồ nghèo dinh dưỡng nhưng pH trung tính có 30-80 loài (Muniz, 1991).

Ngoài đặc tính pH, người ta còn lưu ý tới hiệu thế ô xy hóa khử của nước trong thủy vực (Eh), xác định quan hệ giữa hàm lượng các thành phần có đặc tính ô xy hóa và các thành phần có đặc tính khử trong môi trường nước. Đặc điểm này là quan trọng đối với hoạt động sống của thủy sinh vật, đặc biệt là vi sinh vật.

Nước biển và các thủy vực nước ngọt có chứa nhiều ô xy, có Eh dương, trong khoảng 300-350mV, là môi trường ô xy hóa. Ở các tầng nước sâu, hàm lượng ô xy giảm đi, Eh trở thành âm, môi trường giảm tính chất ô xy hóa, thậm chí chuyển sang tính khử.

3. Nền đáy thủy vực

Nền đáy thủy vực là môi trường tồn tại và phát triển của khu hệ sinh vật đáy đồng thời còn là nơi cư trú, nơi kiếm mồi trong từng giai đoạn của nhiều sinh vật trong tầng nước. Do đó, đặc tính của nền đáy có một ý nghĩa quyết định đối với đời sống của thủy sinh vật trong thủy vực. Đặc tính của nền đáy phụ thuộc vào hai yếu tố: thành phần cơ học của nền đáy và chất lắng đọng. Cấu tạo nền đáy thủy vực nội địa khác với cấu tạo nền đáy biển và đại dương và được đề cập chi tiết ở phần dưới.

Chất lắng đọng đáy thủy vực:

Sinh vật trong thủy vực có khối lượng chất sống nhiều khi rất lớn, liên tục được hình thành và phân hủy trong thủy vực. Phần nguyên sinh chất nhanh chóng bị phân hủy và tan trong nước, còn bộ xương và các chất khó phân hủy sẽ lắng xuống đáy. Đây là nguồn vật chất hữu cơ tích tụ ở đáy thủy vực, một khâu trong chu trình vật chất của thủy vực, quyết định mức độ dinh dưỡng của thủy vực. Trong từng thời gian, hàng mùa hay hàng năm, các vật chất hữu cơ lắng đọng sẽ tạo thành từng tầng theo chiều thẳng đứng của nền đáy, được phân biệt rõ rệt do thành phần và số lượng khác nhau của lớp chất lắng đọng sinh vật ứng với từng thời gian, gọi là các vi tầng. Tầng trên cùng là tầng trẻ nhất, còn đang phân hủy, gọi là tầng pelogen. Phân tích các vi tầng này về thành phần và số lượng, có thể hiểu biết được quá trình phát triển lịch sử của thủy vực qua các thời kỳ.

II. ĐẶC ĐIỂM MÔI TRƯỜNG SỐNG TRONG THỦY VỰC NỘI ĐỊA

1. Các loại hình thủy vực nội địa

Các thủy vực nội địa chỉ chiếm một diện tích rất nhỏ của môi trường nước so với hải dương, nhưng lại rất phức tạp về hình thái cấu tạo cũng như về đặc tính thủy lý hóa học và sinh học.

Nước trong nội địa có khoảng 8 triệu km³, trong số này các thủy vực trên mặt đất chiếm khoảng một nửa, còn một nửa là nước ngầm.

Các thủy vực nước mặt có thể phân chia thành hai nhóm: nước đứng và nước chảy. Các thủy vực nước đứng tiêu biểu là: hồ, ao, đầm lầy... Các thủy vực nước chảy tiêu biểu có thể kể đến: sông, suối, mạch nước phun. Cũng còn có thể phân biệt các thủy vực tự nhiên và nhân tạo (hồ chứa nước, ruộng lúa nước, ao đào, các hệ thống kênh mương v.v.). Trên thực tế, sự phân chia các loại thủy vực trên đây không thật hoàn toàn rõ ràng và ổn định. Có những thủy vực vừa có tính chất nước chảy, vừa có tính chất nước đứng như hồ chứa nước. Có những loại thủy vực như ruộng lúa nước có thể là thủy vực nước chảy hay nước đứng phụ thuộc đặc tính chế độ canh tác của từng vùng. Có những loại thủy vực như ao có khi có nguồn gốc tự nhiên, có khi là thủy vực nhân tạo.

Các thủy vực trên mặt đất nói chung chứa nước trên mặt đất, lộ dưới ánh sáng mặt trời. Tuy nhiên lại có những loại thủy vực trên mặt đất như mạch nước phun, giếng khơi, lại vừa mang tính chất nước trên mặt, vừa mang tính chất nước ngầm. Do đó để có khái niệm chung về các thủy vực nội địa cần nghiên cứu cụ thể từng loại thủy vực tiêu biểu riêng biệt.

1.1. Thủy vực nước chảy

- **Suối:** là loại hình thủy vực nước chảy phổ biến ở vùng núi. Suối có thể coi là sông cấp 1, một số suối lớn là sông cấp 2. Suối đặc trưng ở lòng hẹp và nông của dòng chảy, mực nước thấp và có nền đáy đá. Theo chiều dài, một con suối có thể chia thành ba phần:
 - Đầu nguồn ở trên sườn núi dốc, nước đổ xuống thành thác nước, đáy là đá tảng lớn;
 - Giữa nguồn là phần suối chảy qua thung lũng, làng, bản dân cư, đồng ruộng, địa hình tương đối bằng phẳng, lòng suối rộng ra có thể đến 15-20m, nền đáy nhỏ hơn hoặc có khi có đáy bùn;
 - Cuối nguồn là nơi suối đổ ra sông, lòng suối mở rộng có khi tạo thành các vịnh nhỏ hay bãi đá rộng.

Dọc theo dòng suối chính thường có các nhánh phụ đổ vào. Nước suối chảy với tốc độ lớn, nhưng giảm dần từ đầu nguồn tới cuối nguồn. Phần khởi nguyên của các con sông vùng núi (phần đầu của đầu nguồn sông) đều có dạng những dòng suối. Đặc tính quan trọng nhất của suối là mực nước biến đổi thất thường. Do dòng suối chảy xiết, bờ thấp và không vững chắc nên dòng chảy của suối thường luôn thay đổi nhất là ở phần đầu nguồn, do tác động của mưa lũ. Mực nước ở suối biến đổi rất đột ngột, mùa mưa lũ nước dâng cao rất nhanh, chảy mạnh, có khi cuốn trôi cả nền đáy. Sau một vài ngày mực nước lại hạ thấp, nước trong lại và chảy với tốc độ bình thường.

□ **Sông**: là thủy vực nước chảy tiêu biểu với đặc điểm: khối nước luôn chảy theo một chiều nhất định, từ thượng lưu đến hạ lưu, so sự chênh lệch về độ cao so với mực nước biển của dòng sông. Dòng chảy của một đoạn sông khi nước đầy, giữa hai bờ sông được gọi là dòng chảy nền. Khi nước cạn, dòng chảy của sông thu vào dòng chảy gốc, cách xa hai bờ sông. Bãi đất cạn hờ ra trong mùa nước cạn nằm giữa bờ sông và dòng chảy gốc gọi là bãi sông, có thể phân thành nhiều tầng. Theo dòng chảy, từ đầu nguồn đến cửa sông, dòng sông có thể phân thành ba phần: đầu nguồn (thượng lưu), giữa nguồn (trung lưu), cuối nguồn (hạ lưu) sai khác nhau về hình thái, tốc độ nước chảy, nền đáy và nhiều đặc điểm khác. Sông ở thượng lưu thường hẹp, nông, tốc độ chảy mạnh, nền đáy là nền đáy gốc bao phủ bởi các phần tử vật chất cỡ lớn. Sông ở trung lưu có dòng sông rộng dần ra, có thêm nhiều phụ lưu, tốc độ nước giảm đi. Nền đáy sông ở phần này có tính chất hỗn hợp: nền đáy gốc chỉ có ở một số nơi, còn chủ yếu là nền đáy bồi đắp, cấu tạo bởi các phần tử vật chất cỡ nhỏ (đá nhỏ, cát, bùn) do nước sông tải đến, lắng đọng xuống. Vùng hạ lưu có lòng sông mở rộng cho đến cửa sông, tốc độ nước chảy giảm nhẹ. Nền đáy ở phần này hoàn toàn là nền đáy bồi đắp và chỉ gồm các phần tử vật chất cỡ nhỏ (cát, bùn). Tốc độ nước chảy của sông cũng thay đổi theo chiều ngang: mạnh ở giữa dòng và giảm nhẹ đi ở hai ven bờ. Do vận động của nước sông, bờ sông và nền đáy sông không ngừng bị bào mòn. Các vật chất bị bào mòn ở nơi này sẽ được tải đến và bồi đắp ở nơi khác, do đó làm dòng sông luôn luôn bị biến đổi theo chiều ngang cũng như chiều thẳng đứng, có khi làm dòng chảy đổi hướng tạo thành hình thái khúc khuỷu của dòng sông ở trung lưu.

Sông ngòi trên toàn lục địa có thể chia thành hai khu vực lớn, được phân đôi bằng đường phân thủy thế giới. Các sông ngòi trong khu vực thứ nhất đều chảy ra Đại Tây Dương, còn khu vực thứ hai chảy ra Ấn Độ Dương và Thái Bình Dương. Các sông lớn trên thế giới là Missisipi (7.330km), Amazôn (6.480km) ở Châu Mỹ, sông Nin (6.500km) ở Châu Phi, sông Vonga (3.690km) ở Châu Âu, sông Gangiơ (2.700km), Hoàng Hà (4.845km), Trường Giang (5.500km) ở Châu Á.

Ở Việt Nam, sông Hồng (1.149km) và sông Mê Kông (4.200km) thuộc vào sông có độ dài trung bình và lớn. Sông ở nước ta rất nhiều, tạo thành một mạng lưới chằng chịt từ bắc tới nam, gồm hai hệ thống sông lớn: sông Hồng ở miền Bắc và sông Mê Kông ở miền Nam. Ở vùng cực bắc nước ta (Cao Bằng, Lạng Sơn), còn có những nhánh đầu nguồn của hệ thống sông Tây Giang của vùng Hoa Nam (Trung Quốc). Tuy số lượng nhiều nhưng sông ở nước ta, trừ sông Hồng và sông Mê Kông, đều thuộc loại nhỏ và có đặc tính sông ven biển (Nguyễn Đức Chính và Vũ Tự Lập, 1963). Ở Việt Nam, nhìn chung sông ngòi có thể chia thành hai bộ phận, sai khác nhau rõ rệt: sông vùng núi và sông vùng đồng bằng.

- Sông vùng núi thường là các phân thượng lưu và trung lưu, có đặc điểm lòng sông hẹp và sâu, tốc độ nước chảy mạnh và thường có thác. Sông ở đầu nguồn thường có dạng suối, lòng sông ít khúc khuỷu, độ dốc lớn, nước chảy mạnh, chảy xiết vào mùa mưa, thường hay có ghềnh thác. Nền đáy cát, ít bùn, có phủ đá hòn, kích thước nhỏ đi về phía trung lưu.
- Sông vùng đồng bằng, thường là phân hạ lưu có dòng chảy khúc khuỷu, nước chảy chậm. Sông vùng đồng bằng chảy qua vùng đồng bằng, ngoài phân hạ lưu của các sông lớn, còn đều là những sông nhỏ, mang tính chất sông ven biển. Lòng sông thường uốn khúc, nước chảy chậm về mùa khô, chảy mạnh vào mùa mưa. Nền đáy mềm là bùn - cát. Do địa hình bằng phẳng, tốc độ nước chảy chậm làm gia tăng khả năng bồi lắng trầm tích tạo thành các đồng bằng alluvi điển hình rộng lớn như đồng bằng châu thổ Bắc Bộ và Nam Bộ. Ở khu vực đồng bằng, ngoài các sông tự nhiên trong các hệ thống sông Hồng, sông Thái Bình, sông Đồng Nai, sông Cửu

Long... còn có mạng lưới dày đặc các sông đào, kênh mương đào cho mục đích thủy nông. Một đặc điểm đáng chú ý rằng các khu vực sông vùng đồng bằng gần biển thường chịu ảnh hưởng của thủy triều.

- *Vùng cửa sông*: là vùng tiếp xúc với biển, chịu ảnh hưởng rõ rệt của thủy triều, nước sông pha lẫn với nước biển tạo thành một vùng có đặc tính thủy lý hóa học và sinh học rất phức tạp và đặc sắc. Cửa sông là hệ sinh thái phức hợp do có sự tương tác giữa sông và biển. Bởi vậy quần xã thủy sinh vật ở đây mang tính hỗn hợp giữa các nhóm sinh thái nước ngọt, nước lợ và nước mặn. Đây vừa là nơi cư trú vừa là nơi nuôi dưỡng, vừa là bãi đẻ trứng của nhiều loài cá biển và nhiều nhóm động vật không xương sống. Một điều đáng lưu ý là trong khu vực cửa sông, rừng ngập mặn rất phát triển cũng là nơi cư trú và nuôi dưỡng cho nhiều loài thủy sinh vật.

Bảng 1.2. Một số đặc trưng của các hệ thống sông lớn ở Việt Nam

Số TT	Hệ thống sông	Diện tích lưu vực (km ²)		Chiều dài sông (km)		Lượng nước sông (km ³)	
		Toàn bộ	Trong nước	Toàn bộ	Trong nước	Toàn bộ	Trong nước
1	Bằng - Kỳ Cùng	12.880	10.902	249	243	8,92/20	7,19/21
2	Hồng	168.700	85.500	1.126	556	137/26	93/33
3	Thái Bình	12.680	12.680	-	288	-	-
4	Mã - Chu	28.400	17.600	512	410	20,1/22,3	15,76/28,2
5	Cả	27.200	17.730	530	360	24,2/28	19,46/36,6
6	Vu Gia-Thu Bồn	10.350	10.350	205	205	19,3/58	19,3/58
7	Ba	13.800	13.800	388	388	10,36/23,6	10,36/23,6
8	Se San	76.700	14.450	-	237	-	-
9	Srepok	-	18.200	-		-	-
10	Sài Gòn-Đồng Nai	44.100	37.400	635	635	30,6/22,6	29,2/24,6
11	Mê Kông	795.000	72.000	4.200	230*	520,6	20,6*
	Cả nước					880	324/30,4

Chú thích : (*) : Không tính ở Tây Nguyên

$$8,92/20 = \text{Lượng nước (km}^3/\text{năm) / Mô đun dòng chảy (l/s.km}^2\text{)}.$$

Nguồn: Lê Thạc Cán và nnk., 1993; NHS/HP (1992) và MWR/Nippon Koei 1992.

- *Kênh rạch*: Ngoài các sông tự nhiên, ở vùng đồng bằng nước ta còn cả một hệ thống kênh mương dày đặc, đang được xây dựng ngày càng nhiều để tưới tiêu trong nông nghiệp, giao thông. Ở miền Bắc, hệ thống kênh đào Bắc Hưng Hải có kênh chính dài đến 207km, rộng tới 30-50m, độ sâu lớn nhất tới 8,5m. Đồng bằng Nam Bộ với đặc điểm địa hình đặc trưng là vùng đất thấp thuộc châu thổ sông Cửu Long (sông Mê Kông) nên hệ thống kênh rạch rất phát triển nhằm các mục đích tiêu thoát nước trong mùa lũ, cấp nước cho nông nghiệp, đồng thời cũng là đường giao thông thủy quan trọng của khu vực này. Theo các dẫn liệu của Đoàn Cảnh và cộng sự (2003), lịch sử canh tác nông nghiệp ở Đồng Tháp Mười (Nam Bộ, Việt Nam) diễn ra từ khá sớm. Bên cạnh mục đích quân sự, giao thông thì mục tiêu mở đất lập điền cho canh tác nông nghiệp ở đây được thể hiện qua hoạt động đào kênh hoặc nạo vét mương rạch tự nhiên ngay từ năm 1785: kênh Bao Bèo được đào. Từ năm 1884, sau khi chiếm được toàn bộ Việt Nam, người Pháp đã bắt đầu tính đến kết hợp giữa giao thông đường thủy với công tác thủy lợi, nhằm mở rộng vùng khai hoang, kinh doanh đất vùng Đồng Tháp Mười. Tiếp đó, các kênh Tổng đốc Lộc, kênh Dương Văn Dương, kênh Đá Biên, Tháp Mười, Long Định... được đào. Từ sau năm 1975, công cuộc phát triển thủy lợi đã diễn ra rất mạnh mẽ. Tính từ năm 1976-1996, đã đào mới và nạo vét 560 kênh lớn, vừa và nhỏ trên tiểu vùng Long An. Tổng chiều dài các kênh được đào mới và nạo vét khoảng 3.200km. Các kênh rạch ở vùng đồng bằng Nam Bộ có môi trường nước, đặc biệt độ pH và độ mặn thay đổi rõ rệt theo mùa khí hậu. Vào đầu mùa mưa, độ pH thường thấp, có tính a xít, dao động 3,5-6 do rửa trôi phèn. Vào mùa khô, do ảnh hưởng của thủy triều, độ mặn cao hơn. Khu hệ thủy sinh vật khá phong phú, bao gồm các loài phân bố rộng. Không có các loài đặc trưng

1.2. Thủy vực nước đứng

- *Hồ tự nhiên*: là loại thủy vực có dạng một vùng trũng sâu lớn trên mặt đất chứa nước, có thể là nước đứng hoặc nước chảy chậm. Về

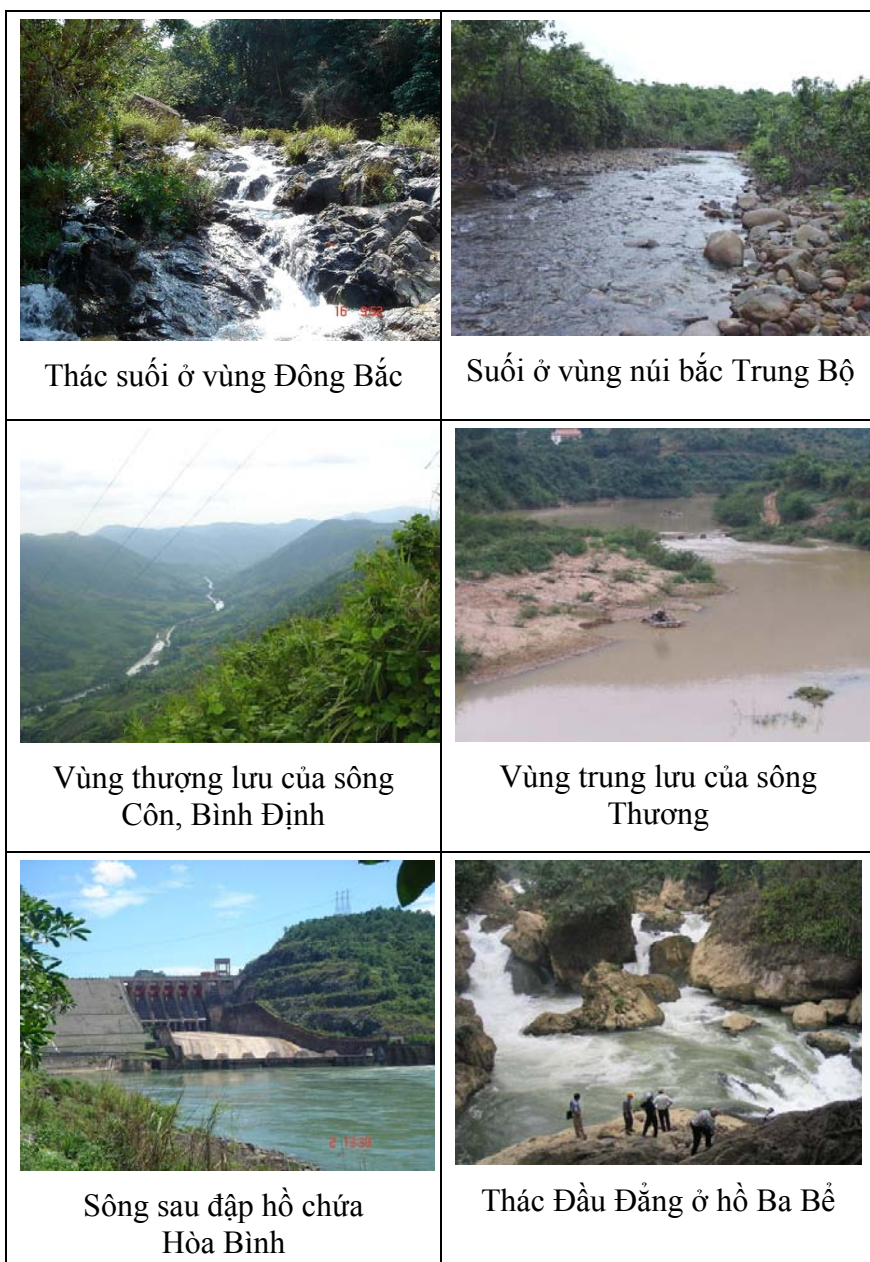
mặt hình thái và khối nước, hồ khác với đầm ao về độ lớn diện tích và độ sâu; hồ cũng khác với sông ở hình thái nền vỏ ngắn hơn, tốc độ nước chảy chậm hoặc nước đứng hẳn. Hồ tự nhiên khác với hồ chứa nước nhân tạo ở nguồn gốc hình thành, không có đập chắn. Hồ tự nhiên thường ở vị trí trung tâm của vùng lưu vực tiếp giáp khá cân đối, đặc biệt có nhiều nguồn nước cấp từ vùng xung quanh vào hồ. Về mặt nguồn gốc, hồ tự nhiên có nhiều loại, phân biệt theo nguyên nhân hình thành: hồ nguồn gốc sông, hồ hang đá vôi, hồ địa chấn, hồ băng hà...

Một điều đáng lưu ý là hiện nay rất ít có những hiểu biết về các hồ nước mặn (có dung tích tương tự như các hồ nước ngọt). Các hồ này có độ mặn thay đổi từ ít mặn đến rất mặn. Một số hồ nước mặn còn có độ mặn cao hơn cả độ mặn nước biển đại dương. Hầu hết các hồ đó được hình thành bên trong lục địa và do sự bốc hơi nước ngọt. Thí dụ như ở Hoa Kỳ có hồ Muối lớn (Great Salt lake) ở Utah và hồ Mono rất mặn ở California. Hồ nước mặn được gọi là athalassohaline (tiếng Hy Lạp là “không phải biển”) có các chất hóa học ưu thế bởi sự bốc hơi can xi, ma nhê và sun phát. Một ít các hồ nước mặn khác kể cả hồ lớn nhất còn có các di vật của biển và có clo rít natri dưới dạng các ion. Tất cả các lục địa kể cả vùng nam cực có các hồ nước mặn.

Trong khoảng hơn 1 triệu các hồ nội địa trên thế giới, hầu hết là các hồ nước ngọt nhỏ. Hồ lớn nhất thế giới kể cả về diện tích cũng như dung tích là biển thuộc Caspian nằm trong vùng biên giới giữa Liên bang Nga và I Ran.

Với đặc tính riêng của mình, hồ có phức hệ thủy sinh vật đặc trưng của mình. Tuy nhiên, khu hệ thủy sinh vật của các hồ vẫn có sự khác nhau theo vùng địa lý, vùng cảnh quan. Khu hệ cá hồ bao gồm nhiều loài cá ăn nổi. Mối đe dọa cho hệ sinh thái hồ là sự di nhập các loài cá lạ, sự ô nhiễm, sự phú dưỡng và sự thay đổi mực nước. Các quần thể thủy sinh vật hồ khá phong phú và nhạy cảm với những biến đổi môi trường. Các nhà sinh học cho rằng hồ có các ổ sinh thái bỏ trống trong khi một số loài lại cùng chiếm một ổ sinh thái hoặc một loài duy nhất có thể chiếm một số ổ sinh thái phụ thuộc vào mùa, hoặc giai đoạn sinh dục của cá thể. Trong thực tế tại một số hồ, cải thiện quần thể cá hồ bằng cách di nhập loài cá lạ vào sẽ làm tăng sản lượng. Nhưng hầu hết các sự di nhập loài cá lạ vào

hồ sẽ gây nguy hại đến các loài bản địa, thậm chí gây tuyệt chủng một số loài địa phương nào đó.



Hình 1.6. Các dạng thủy vực nước chảy

Bảng 1.3. Mười hồ lớn nhất thế giới (sắp xếp theo khu vực)

Hồ	Diện tích (km²)	Dung tích (km³)	Độ mặn
Caspian (Liên bang Nga, I Ran)	374.000	78.200	Hầu như nước biển
Superior (Mỹ, Canada)	82.100	12.230	Ngọt
Victoria (Đông Phi)	68.460	2.700	Ngọt
Aral (Tây nam Liên bang Nga)	64.100	1.020	Hầu như nước biển
Huron (Mỹ, Canada)	59.500	3.537	Ngọt
Michigan (Mỹ)	57.750	4.920	Ngọt
Tanganyika (Tây nam Phi)	32.900	18.900	Hầu như nước ngọt
Bailal (Đông Liên bang Nga)	31.500	22.995	Ngọt
Hồ Gấu lớn (Tây bắc Canada)	31.326	3.381	Ngọt
Hồ Nô lệ lớn (Tây bắc Canada)	28.568	2.088	Ngọt

Nguồn: Horne A. et al., 1994 biến đổi từ Herdendorf (1930).

Thủy vực dạng hồ tự nhiên ở Việt Nam thường là loại hồ có kích thước nhỏ (diện tích không quá 1.000ha), số lượng lại không nhiều. Nhìn chung, các hồ tự nhiên đã có từ lâu, có tuổi hàng trăm năm hoặc lâu hơn nữa. Có thể kể một số hồ tự nhiên tiêu biểu như hồ Ba Bể ở Bắc Kạn là hồ vùng núi các tư với diện tích khoảng 450ha, đầm Vạc ở Vĩnh Phúc với diện tích khoảng 250ha. Ở Hà Nội, có trên 10 hồ tự nhiên với diện tích mỗi hồ trên dưới 20ha. Trong đó, đáng kể có hồ Tây với diện tích mặt nước hơn 540ha. Tại vùng cao nguyên Trung Bộ, có một số hồ tự nhiên vùng núi như Biển Hồ (tỉnh Gia Lai) với diện tích khoảng 600ha, hồ Lắk (Đắk Lắk) với diện tích khoảng 500ha. Vùng cao nguyên Đà Lạt có một số hồ với diện tích xấp xỉ 1.000ha, trong đó có hồ Đơn Dương 1.000ha, hồ Đan Kia với diện tích 200ha và nhiều hồ nhỏ khác.

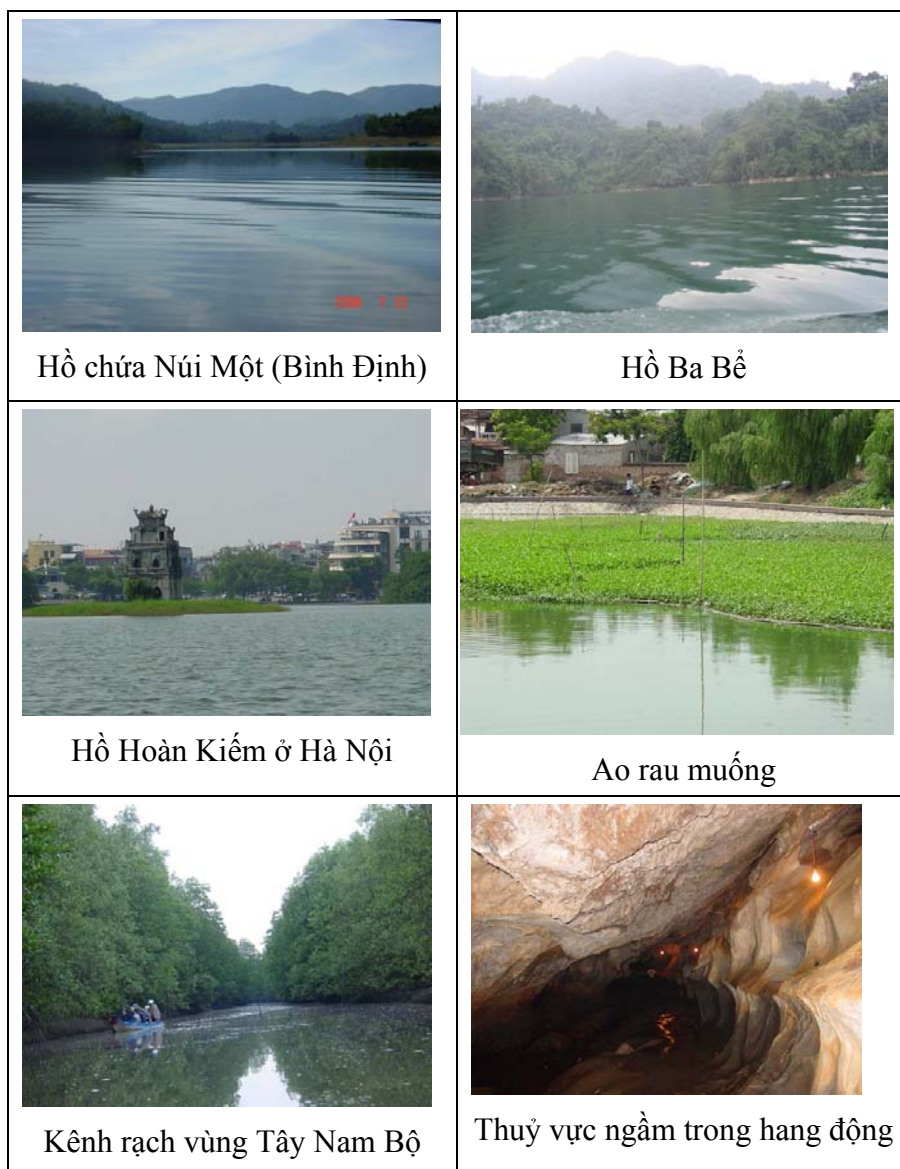
- *Hồ chứa*: Đây là những thủy vực nhân tạo được xây dựng bằng cách đắp đập ngăn dòng chảy của sông hoặc suối. Do đó khối nước trong hồ ở gần đập có tốc độ chảy rất chậm, mang tính chất hồ, trong khi đó ở nơi xa đập, tốc độ nước chảy còn lớn, còn mang tính chất dòng sông. Hồ chứa nhân tạo khác với hồ chứa tự nhiên ở chỗ: vùng lưu vực hồ chứa thường hẹp và kéo dài, chỉ có một phần nhỏ

vùng lưu vực tiếp giáp với hồ chứa. Trong hầu hết các trường hợp, nguồn nước cấp chính hàng năm cùng với lượng trầm tích và dinh dưỡng chỉ qua một sông nằm ở vùng thượng lưu vào hồ. Về hình thái, hồ chứa mất đối xứng ở vùng trũng sâu, vùng sâu nhất không phải ở chính giữa hồ mà lệch về phía gần đập ngăn. Mặt khác, nó cũng khác với sông ở chỗ chỉ có lớp nước trên mặt là luôn luôn chảy theo một chiều mà thôi. Do sự biến đổi lớn của mực nước hồ trong năm, nên các vùng phân chia trong hồ chứa nước nhân tạo thường rất phức tạp và khó xác định.

Sự thay đổi từ hệ sinh thái sông, suối vốn phong phú và đa dạng về thành phần loài sang hệ sinh thái hồ chứa có thành phần loài kém phong phú hơn. Các hồ chứa đều có đặc tính chung là trong giai đoạn đầu mới ngập nước thường phải trải qua giai đoạn yếm khí và bị nhiễm một số độc tố do quá trình phân huỷ thảm thực vật bị ngập nước.

Trong khoảng trên ba thập kỷ trở lại đây, do nhu cầu sử dụng tài nguyên nước cho thủy lợi, thủy điện, ở Việt Nam đã hình thành rất nhiều hồ chứa nước với các kích thước khác nhau. Số lượng các hồ chứa đã được xây dựng cho đến nay chưa được thống kê đầy đủ. Theo một số tác giả, hiện nay có khoảng 3.600 hồ chứa (Nguyễn Đình Trọng, 1994). Nếu chỉ tính các hồ có dung tích trên 1 triệu m³ thì có khoảng 460 hồ. Nguyễn Văn Hào (1994) đã đưa ra con số 539 hồ chứa đang được nuôi thủy sản. So với hồ tự nhiên, số lượng hồ chứa nhiều gấp 2,4 lần và gấp 7,3 lần về diện tích mặt nước.

Hiện nay cũng như trong các năm tới, việc xây dựng các hồ chứa đang có chiều hướng tăng lên, đặc biệt trong số đó có một số hồ chứa nước lớn tương tự như hồ Hòa Bình, thậm chí hồ Sơn La với dung tích gấp gần 3 lần hồ Hòa bình đang chuẩn bị khởi công xây dựng. Các hồ chứa phân bố cả ở vùng núi trung du và đồng bằng, nhưng các hồ chứa nước lớn cho mục tiêu thủy điện với diện tích mặt nước trên 10.000ha thường ở địa hình - cảnh quan đồi núi, vùng trung hoặc thượng nguồn các dòng sông lớn. Trong lãnh thổ Việt Nam, các hồ chứa phân bố khá đồng đều ở cả ba miền Bắc - Trung - Nam, nhưng các hồ chứa nước kích thước lớn thường phân bố ở các sông lớn vùng Tây Bắc Bắc Bộ (sông Đà), Đông Bắc (sông Chảy, sông Lô - Gâm), Tây Nguyên và vùng Đông Nam Bộ (sông Se San, sông Đồng Nai - La Ngà, sông Bé, sông Sài Gòn).



Hình 1.7. Một số dạng thủy vực nội địa

- *Ao*: là loại hình thủy vực nước đứng nhỏ, nông, hình thành do nhiều nguyên nhân tự nhiên hoặc nhân tạo. Ao có thể là vùng trũng sâu tự nhiên (ao tự nhiên) hoặc đào nên (ao đào), tích tụ nước từ nhiều nguồn khác nhau: nước mưa, nước sông, suối v.v.. Ao ở các

vùng núi còn hình thành nên do đắp ngăn một vùng lũng sâu, tích tụ nước suối.

Do diện tích nhỏ và nông (trong khoảng 1-2m) nên các vùng phân chia trong ao không rõ ràng. Thực vật ở nước phát triển ở vùng ven bờ, nhưng do đáy nông, có khi lan cả tới vùng giữa. Các ao có kích thước nhỏ hơn hồ, từ vài chục m² đến vài trăm mét vuông. Nhiều ao được đào để nuôi cá, nhưng cũng có các ao tự nhiên để hoang hóa. Độ sâu trên dưới 1m, nền đáy là bùn, lớp bùn có thể dày 20-40cm. Lượng dinh dưỡng cao. Hệ thủy sinh vật ao có nét chung là các nhóm sinh vật nổi phát triển. Hệ sinh vật đáy chủ yếu là nhóm giun ít tơ. Nếu ao có hệ thực vật thủy sinh bậc cao phát triển, thì hệ động vật phong phú hơn.

Bảng 1.4. Một số sai khác cơ bản giữa hồ tự nhiên và hồ chứa nhân tạo

(Nguồn: Ryding & Rass, 1989)

Các yếu tố	Hồ chứa nhân tạo	Hồ tự nhiên
- Vùng lưu vực	Thường hẹp, kéo dài	Thường tròn, hồ là trung tâm
- Tỷ lệ giữa diện tích vùng lưu vực và diện tích mặt nước	Từ 100/1 đến 300/1	10/1
- Dao động mực nước	Lớn, được điều chỉnh chủ động	Nhỏ, bền
- Độ sâu trung bình	Lớn, tới 50m	Thường nhỏ hơn (với các hồ vùng núi), dưới 2m (với các hồ vùng đồng bằng)
- Độ sâu lớn nhất	Hàng trăm mét	Trừ những hồ tự nhiên vùng núi, còn các hồ vùng đồng bằng chỉ dưới 20m.

- Phân tầng nhiệt	Thường phân tầng, rõ nhất vào mùa hè với các hồ phía bắc, quanh năm với các hồ phía nam	Trừ các hồ sâu vùng núi, còn lại ít hoặc không phân tầng.
- Dòng chảy vào (inflow)	Hầu hết từ các sông suối thượng lưu và chi lưu	Từ các nguồn phân tán xung quanh.
- Dòng chảy ra (ouflow)	Theo yêu cầu sử dụng nước, nước ra từ tầng mặt hoặc tầng đáy, qua đập tràn hoặc cửa nhận nước.	Vững bền, nước ra từ tầng mặt theo dòng tự nhiên hoặc cống.
- Thời gian tồn lưu nước (residence time)	Ngắn, biến động từ vài ngày đến vài tháng	Dài lâu, ít biến đổi từ 1 đến nhiều năm.
- Lượng dinh dưỡng P, N theo đơn vị diện tích	Cao hơn	Thấp hơn
- Lượng bồi lắng trầm tích	Cao, do vùng lưu vực rộng, lớn	Thấp
- Hàm lượng Clorophina	Thấp hơn	Cao hơn

- *Ruộng lúa nước*: là dạng thủy vực nhân tạo đặc trưng cho vùng nhiệt đới, cận nhiệt đới Châu Á, nước nông, ngập nước theo mùa. Đặc điểm của ruộng lúa là có bờ ngăn thành từng ô vuông, đáy bằng, nước nông và có thực vật ở nước phát triển dày đặc (lúa, cỏ, tảo). Tùy theo đặc điểm của chế độ nước, ruộng lúa có thể chia thành nhiều loại. Nếu xét về thời gian ngập nước có thể chia thành :

- Ruộng một vụ có nước: chỉ có nước ở một vụ trong năm, vào thời gian cấy lúa. Thời gian còn lại, ruộng khô.
- Ruộng có nước quanh năm.

Nếu xét về đặc tính khối nước trong ruộng có thể chia thành:

- Ruộng nước chảy: Nước trong ruộng luôn chảy từ những ô ruộng ở đầu nguồn nước tới những ô ruộng ở cuối nguồn nước. Ruộng này có thể thấy ở vùng Trung Á thuộc Liên Xô cũ và ở vùng núi phía bắc nước ta.
- Ruộng nước tĩnh: Nước trong ruộng hầu như không chảy. Ví dụ ruộng nước ở vùng đồng bằng nước ta. Do diện tích nhỏ, nước nông, đáy bằng và là nơi trồng lúa nên đặc tính thủy lý hóa học và sinh học của ruộng lúa phụ thuộc vào rất nhiều điều kiện khí hậu địa phương và chế độ canh tác. Nguồn nước ở ruộng là nguồn nước sông (qua hệ thống mương máng), nước suối (qua hệ thống mương phai), nước hồ ao và nước mưa.

Nhiệt độ nước ở ruộng lúa thường cao, hàm lượng ô xy hòa tan thấp, hệ thủy sinh vật kém phong phú. Ở Việt Nam, trong tổng số khoảng 8,4 triệu ha đất dùng cho nông nghiệp thì diện tích đất trồng lúa tới 4,8 triệu ha, tập trung ở địa hình - cảnh quan đồng bằng, trong đó, chủ yếu là đồng bằng Bắc Bộ và đồng bằng Nam Bộ. Theo thống kê, tại các vùng đất trồng đồi núi trọc, diện tích lúa nước có thể tới 358.842 ha (Trần An Phong, 1993).

- *Đầm*: là loại hình thủy vực có kích thước và độ sâu trung bình, có thể coi là một loại hình thủy vực trung gian giữa hồ và ao, một giai đoạn trong quá trình ao hóa của hồ. Về mặt loại hình, ao và đầm cũng có thể coi là thủy vực dạng hồ.

- *Đầm lầy*: là loại hình thủy vực đặc biệt, nước nông, phủ đầy thực vật ở nước, thường có ở các vùng ôn đới phương bắc. Đầm lầy là loại thủy vực không có giới hạn rõ rệt với vùng đất khô xung quanh và được coi như một dạng chuyển tiếp giữa đất khô và thủy vực. Do đặc tính tự nhiên, các nơi cư trú trong đầm lầy thường có nhiệt độ cao hơn, hàm lượng ô xy hòa tan thấp hơn so với các thủy vực khác. Nhìn chung, đầm lầy là nơi có năng suất sinh học cao. Trong hệ sinh thái đầm lầy, quần xã thực vật ở nước phát triển là cơ sở để động vật không xương sống đáy phát triển phong phú. Hầu hết các loài cá trong hệ sinh thái kiểu đầm lầy là các nhóm phát triển hệ thở không khí khí quyển như các nhóm cá đen da trơn: cá trê... Đồng Tháp Mười là vùng đất ngập nước đặc trưng của hạ lưu

sông Mê Kông, đồng thời còn là vùng đất ngập nước theo mùa lớn nhất Việt Nam hiện nay.

- *Đầm lầy than bùn* (peat swamps): đầm lầy than bùn là đặc trưng cho vùng Đông Nam Á. Đầm lầy có chứa than bùn, do thực vật ở nước phân huỷ lâu năm tạo thành. U Minh thượng và U Minh hạ thuộc các tỉnh Cà Mau và Kiên Giang là hai vùng đầm lầy than bùn tiêu biểu của đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam. Độ pH đầm lầy than bùn nghiêng về axit 3,3-6 (Whitten et al., 1987a, Ng et al., 1992, 1994). Màu nước đầm lầy than bùn thường sẫm hoặc đen. Hàm lượng can xi và ô xy hòa tan thấp. Hệ thực vật vùng đầm lầy than bùn rất đơn điệu. Các kết quả nghiên cứu ít ỏi cho thấy thành phần loài cá hệ sinh thái đầm lầy than bùn kém phong phú. Nhiều loài cá chỉ tìm thấy trong đầm lầy than bùn, một số loài cá kích thước nhỏ giống con giun (Kottelat and Lim, 1994), và cá đen da trơn như cá trê.

Loại hình đầm lầy có thể là giai đoạn cuối cùng trong quá trình phát triển thoái hóa của một hồ tự nhiên, đáy nông dần, thực vật lớn phát triển mạnh mà hình thành.

- *Nước ngầm*: Danh từ nước ngầm chỉ dùng chung cho môi trường nước ở các dạng khác nhau ở dưới mặt đất. Đặc tính chung của môi trường nước ngầm là: không có ánh sáng, độc lập với điều kiện thời tiết bên ngoài, nhiệt độ nước thấp và không thay đổi. Trong tự nhiên nước ngầm có thể chia thành ba loại:

1. Nước ngầm lớp trên là lớp nước ngầm đọng lại trên lớp đất không thấm nước đầu tiên tính từ mặt đất của vỏ trái đất. Loại nước ngầm này có dạng hang nước ngầm, sông, hồ ngầm, hoặc có dạng nước mao dẫn.
2. Nước nén là lớp nước ngầm bị nén giữa hai lớp đất không thấm nước do đó chịu một áp lực lớn.
3. Nước khoáng là nước ngầm tiếp xúc với các khe địa chấn, hòa tan nhiều muối khoáng.

- *Thủy vực ngầm trong hang động*: thường có ở các vùng núi kác tơ. Sống trong điều kiện đặc biệt của nước ngầm, các thủy sinh vật rất đặc trưng về hình thái cũng như về sinh học và được gọi chung là thủy sinh vật nước ngầm (troglobiont). Các cơ thể sống trong hệ sinh thái này thường suy giảm hệ thị giác, sắc tố, cơ quan cảm giác.

Hầu hết các động vật thủy sinh đều phân bố hẹp trong dòng hoặc chỉ một hệ thống dòng. Ở Việt Nam, có hệ thống các sông, hồ ngầm nổi tiếng cả thế giới ở vùng núi đá vôi Phong Nha - Quảng Bình.



Hình 1.8. Một số kiểu thủy vực đầm lầy ở U Minh, Kiên Giang

1.3. Thủy vực nội địa ven bờ

- *Vùng triều*: vùng triều cửa sông ven biển là nơi chuyển tiếp giữa sông và biển, bởi vậy nơi đây một mặt phụ thuộc vào chế độ thủy văn nước ngọt từ sông lục địa đổ ra, mặt khác phụ thuộc vào chế độ thủy triều ngoài biển vào. Dựa trên thành phần cấu tạo nền đáy, độ mặn, chế độ thủy triều cũng như những sinh vật đặc trưng có thể phân loại bãi triều cửa sông phía bắc thành các kiểu:

- Bãi triều lầy cửa sông, chủ yếu ở các vùng cửa sông có rừng ngập mặn phát triển.
- Bãi triều rạn đá, hay gặp ở khu vực Quảng Ninh, vùng biển Trung Bộ và ven các đảo lớn.
- Bãi triều tùng áng, thường gặp ở các đảo trong vịnh Hạ Long, Bái Tử Long.
- Bãi triều san hô chết, hay gặp ở các đảo ven bờ.

- *Đầm phá, vụng biển, vũng biển*: Đầm phá (lagoon) tự nhiên là loại hình thủy vực rất đặc sắc của vùng triều ven biển. Theo định nghĩa, đầm phá là một phần của biển, được tách ra khỏi biển nhờ một dạng tích tụ như đê cát, rạn san hô chắn ở phía ngoài và ăn thông với biển qua một hoặc nhiều cửa (từ điển bách khoa của Liên Xô cũ, 1980).

Ở Việt Nam, đầm phá thường thấy ở vùng ven biển Trung Bộ. Dưới góc độ loại hình học, đầm phá có nét đặc tính của hồ chứa nước ven bờ. Tuy nhiên, giống như vùng cửa sông, do đặc tính pha trộn giữa khối nước ngọt và nước mặn nên khu hệ thủy sinh vật đầm phá rất phong phú bao gồm các loài nước ngọt, nước lợ và nước mặn. Cấu trúc quần xã sinh vật đầm phá thay đổi theo mùa rõ rệt. Cũng là loại hình hồ chứa nhưng đầm phá thường nông nên hệ sinh vật đáy rất phát triển.

Tính chất thay đổi thủy văn theo mùa của vũng biển, vịnh biển không phức tạp nhiều như đầm phá. Do ảnh hưởng của biển nhiều hơn, độ mặn thường xuyên lớn nên quần xã sinh vật biển thường chủ đạo trong cấu trúc sinh vật vũng, vịnh biển.

Ở Việt Nam, có 12 đầm phá ven biển điển hình phân bố ở ven bờ Trung Bộ từ Thừa Thiên - Huế đến Ninh Thuận. Sự hình thành các đầm phá là kết quả của mối tương tác sông - biển dưới tác động của yếu tố tự nhiên như khí hậu, địa hình, chế độ thủy văn và động lực phát triển mang tính chất đặc thù của khu vực. Các đầm phá ven biển miền Trung là những thủy vực nông, hầu như bị ngăn cách với biển bởi các bờ cát phía ngoài, nhận nước ngọt từ vài ba con sông và đổ nước ra biển qua cửa riêng của mình. Tuy nhiên, hướng dòng chảy, lưu lượng, độ sâu, diện

tích, độ mặn của đầm phá một mặt thay đổi theo mùa, mặt khác thay đổi theo chế độ thủy triều.

 Vùng cửa sông nhỏ ở ven biển Trung Bộ	 Ao nuôi tôm trên cát tại Phù Mỹ, Bình Định
 Bãi triều ven biển khi triều lên	 Bãi triều khi triều rút
 Đầm Cầu Hai (Thừa Thiên-Huế)	 Đầm Châu Trúc (Bình Định)

Hình 1.9. Một số kiểu thủy vực nước lợ ven biển

- *Đầm nuôi thủy sản ven biển*: trên vùng ven biển (coastal zone), từ nhiều năm nay đã hình thành loại hình đầm nước lợ nuôi hải sản nhân tạo. Đây là loại hình thủy vực bán tự nhiên, thường nằm ở vùng cao triều và trung triều, nơi có thảm thực vật ngập mặn phát triển (rất ít đầm nuôi nằm ở vùng thấp triều do động lực nước khá mạnh nên việc xây dựng và bảo vệ đê, cống khó khăn). Phương thức hình thành các đầm nuôi nói một cách đơn giản là tại những vị trí thuận lợi về địa hình (độ cao nền bãi), chế độ nước (nước ngọt, nước mặn) được đắp đê bao quanh và xây lắp các cống cấp thoát nước. Diện tích các đầm nuôi một mặt phụ thuộc vào khả năng địa hình cho phép, mặt khác phụ thuộc vào phương thức nuôi. Đầm nuôi theo kiểu quảng canh cải tiến (có một phần chủ động con giống và thức ăn) thì có diện tích nhỏ hơn, thường là từ dưới 1 ha đến trên dưới 10ha. Đầm nuôi bán thâm canh có diện tích nhỏ, chỉ từ 0,1ha đến 2ha. Trong các đầm nuôi quảng canh hoặc quảng canh cải tiến còn lại một ít diện tích thực vật ngập mặn. Nhìn chung, thảm thực vật ngập mặn trong đầm nuôi kém phát triển. Còn đầm nuôi theo kiểu thâm canh, hoặc nuôi theo kiểu công nghiệp năng suất cao (chủ động hoàn toàn con giống, thức ăn và cấp thoát nước) thì diện tích đầm rất nhỏ vài trăm mét vuông.

Trên đây là một số kiểu thủy vực nội địa tiêu biểu có ở Việt Nam. Mỗi kiểu thủy vực như vậy có khu hệ thủy sinh vật đặc trưng của mình. Tuy nhiên, đặc tính khu hệ của các thủy vực kể trên còn phụ thuộc vào từng vùng cảnh quan và vùng địa lý tự nhiên. Trong các kiểu thủy vực trên, đặc điểm thủy sinh học và môi trường nước thủy vực thủy vực đầm lầy than bùn và trong hang động ngầm kác tơ được ít biết đến.

2. Đặc điểm môi trường nước ngọt nội địa

2.1. Độ trong

Độ trong của môi trường nước thủy vực là một yếu tố môi trường liên quan tới độ chiếu sáng của thủy vực. Ánh sáng đối với thủy vực và thủy sinh vật rất quan trọng. Trước hết, ánh sáng ảnh hưởng tới sự di động và sự phân bố của thủy sinh vật theo độ sâu, đặc biệt là đối với thực vật quang hợp.

Độ trong của nước nói chung phụ thuộc và đặc tính và số lượng các chất cái của nước và được đo bằng đĩa Secsi (đơn vị là centimet hoặc mét). Màu trắng của đĩa Secsi đến độ sâu nào đó mà không còn nhìn thấy nữa thì gọi là độ trong theo đĩa Secsi. Tại các thủy vực nước ngọt nội địa, độ trong thường cao nhất ở các hồ nước có độ sâu lớn, nghèo dinh dưỡng. Độ trong của hồ Ba Bể tại Bắc Kạn có thể tới trên 200cm, độ trong của các hồ chứa vào mùa khô cũng thường cao trên dưới 150cm nhưng cũng khác nhau theo mùa thủy văn và theo từng khu vực: độ trong vùng thượng lưu thường thấp hơn so với các vùng trung lưu và hạ lưu của hồ chứa. Độ trong của các hồ nông thấp hơn như độ trong của hồ Tây ở Hà Nội dao động 40-50cm, độ trong của hồ Hoàn Kiếm 30-40cm. Do có nhiều phù sa, độ trong của sông thường thấp hơn so với hồ và cũng thay đổi theo mùa thủy văn. Độ trong của sông, suối vùng thượng lưu cao hơn vùng hạ lưu, có thể tới 100cm vào mùa khô. Độ trong của sông vào mùa lũ thường rất thấp như độ trong của sông Hồng vào mùa lũ chỉ 10-20cm.

2.2. Chế độ nhiệt

2.2.1. Biến động nhiệt độ nước

Các hồ nội địa có được nguồn nhiệt là do việc hấp phụ được bức xạ mặt trời. Hầu hết bức xạ vào nước đều chuyển thành nhiệt một cách nhanh chóng, song nhiệt độ của hồ tăng rất chậm bởi nước có khả năng giữ nhiệt vô cùng lớn. Phần lớn nhiệt bị mất đi do quá trình bốc hơi và quá trình tỏa nhiệt vào không khí hay xuống tầng sâu hơn. Sự thay đổi nhiệt diễn ra tuy chậm chạp nhưng liên tục của hồ, sông và vùng cửa sông là một đặc điểm quan trọng trong cấu trúc hệ sinh thái thủy vực.

Mặc dầu sự ảnh hưởng của nhiệt, nhiệt độ trong suối và cửa sông thì cũng tương tự như đối với hồ nhưng suối, cửa sông không có hiện tượng phân tầng nhiệt. Sự che phủ của thực vật ven bờ đóng vai trò rất quan trọng đối với suối, nhưng ít quan trọng hơn đối với sông và hồ lớn. Sức nóng mặt trời ở những bãi triều rất quan trọng với những cửa sông do hoạt động của thủy triều.

Ở các thủy vực nội địa, quy luật biến đổi nhiệt độ nước theo mùa phức tạp hơn so với đại dương. Các thủy vực ôn đới có chế độ nhiệt

độ nước bề mặt dao động trong khoảng 0-25°C. Ở các thủy vực nhiệt đới, nước bề mặt có nhiệt độ dao động trong khoảng 20-35°C. Ở ruộng cấy lúa vùng nhiệt đới, nhiệt độ nước có thể lên tới 40°C. Biên độ dao động này thay đổi ở các hồ lớn, ở các hồ vùng cao và ở các thủy vực vùng cận nhiệt đới, theo hướng giảm thấp đi. Ở các thủy vực nông, như ruộng lúa nước, ao nông, biến đổi nhiệt độ nước theo mùa phụ thuộc rất nhiều vào biến đổi nhiệt độ không khí theo mùa.

Vì vậy, dao động nhiệt hằng năm của các thủy vực nội địa không lớn: không quá 30-35°C tuy biên độ nhiệt độ nước ở thủy vực nội địa khá lớn: từ -7 tới 75°C (hồ có hàm lượng muối khoáng cao) đến 96,3°C (suối nước nóng). Ở các tầng nước sâu, và các thủy vực nước ngầm, nhiệt độ nước rất ít biến đổi. Chế độ nhiệt của nước trong thủy vực biến đổi theo ba nhân tố chủ yếu: vĩ độ, mùa vụ và độ sâu.

2.2.2. Sự phân tầng nhiệt độ và việc phân loại hồ

Sự phân tầng nhiệt là một trong những hiện tượng vật lý quan trọng nhất trong chu trình hằng năm của các loại hình thủy vực, đặc biệt thủy vực dạng hồ, nó cũng chi phối hầu hết những đặc tính thủy hóa và thủy sinh trong hồ.

Nhiệt độ làm giảm tỷ trọng của khối nước mặt, nó kết hợp với gió tạo ra một hệ thống gồm ba lớp nước trong hồ. Nếu thủy vực đủ sâu thì sự phân tầng trong mùa hè tạo ra khối nước ấm, nhẹ ở trên gọi là tầng nước mặt (epilimnion), khối nước lạnh có tỷ trọng cao hơn ở phía dưới gọi là tầng đáy (hypolimnion), và khối nước chuyển tiếp giữa hai tầng trên gọi là tầng giữa (metalimnion). Vùng nước có sự biến đổi đột ngột về nhiệt độ được gọi là tầng biến nhiệt (thermocline).

Ở nhiều hồ trong vùng ôn đới, sự chênh lệch nhiệt độ theo mùa vào khoảng 10°C÷15°C. Đối với các hồ ở vùng nhiệt đới, do nhiệt độ đồng nhất (liên quan đến tỷ trọng và sự chuyển động của nước) nên sự chênh lệch về nhiệt độ chỉ vào khoảng từ 3°C÷7°C.

Căn cứ vào chế độ nhiệt độ nước và tình hình chu chuyển nước trong thủy vực, nhiều tác giả đã xây dựng các hệ thống phân loại hồ. Forel đã phân chia các thủy vực dạng hồ trên thế giới thành ba nhóm: 1) Hồ nóng có nhiệt độ nước luôn luôn > 4°C, phân tầng

thuận. 2) Hồ ấm: mùa hè $> 4^{\circ}\text{C}$, mùa đông $< 4^{\circ}\text{C}$ phân tầng thuận nghịch. 3) Hồ lạnh có nhiệt độ nước $< 4^{\circ}\text{C}$, phân tầng nghịch. Hutchinson và Loffer (1956) lại phân chia thủy vực dạng hồ chi tiết hơn, căn cứ vào đặc điểm chế độ nhiệt và chu chuyển nước:

- Hồ xáo trộn hoàn toàn (holomictic): là hồ có sự pha trộn từ trên bề mặt tới tận đáy, không có hiện tượng phân tầng xảy ra.
- Hồ quá sâu đến mức không có đủ năng lượng để vượt qua sự phân tầng, làm xáo động từ trên tầng mặt xuống dưới đáy thì gọi là hồ meromictic.
- Loại hồ rất sâu, hoặc phân tầng hóa học, chỉ xáo trộn một phần thì cũng gọi là meromictic.
- Hồ vùng cực (Amictic): là loại hồ ở vùng cực quanh năm đóng băng, nhiệt độ nước $< 4^{\circ}\text{C}$ và chúng không bao giờ xáo trộn.
- Hồ đơn chu kỳ (Monomictic): là loại hồ không đóng băng, chúng chỉ có một thời kì xáo trộn dài trong suốt mùa đông. Trong loại này lại phân biệt: Hồ đơn chu kỳ lạnh (Cold monomictic): nước không quá 4°C , chu chuyển nước hoàn toàn vào mùa hè (hồ vùng cực và cận cực). Hồ đơn chu kỳ ấm (Warm monomictic): nước không dưới 4°C , chu chuyển nước hoàn toàn vào mùa đông (hồ cận nhiệt đới). Các hồ đơn chu kỳ điển hình như Hồ Lớn, Tahoe, Windermere. Các hồ Ba Bể với độ sâu lớn và các hồ chứa ở phía Bắc Việt Nam được xếp vào loại hồ đơn chu kỳ ấm này.
- Hồ hai kỳ (Dimictic): là loại hồ xáo trộn hai lần, một lần vào mùa thu, một lần vào mùa xuân. Chúng bị băng bao phủ vào mùa đông và có thể có sự phân tầng đảo ngược (nhiệt độ tầng dưới cao hơn tầng mặt). Nhiệt độ nước trên dưới 4°C . Sự xáo trộn hoàn toàn chỉ xảy ra trong một khoảng thời gian ngắn giữa thời kì một lần vào mùa thu trước khi băng phủ và một lần vào mùa xuân khi băng tan. Hồ dimictic điển hình có thể kể đến như là hồ Mendota, Wisconsin, Castle ở California
- Hồ ít pha trộn (Oligomictic): nhiệt độ nước $> 4^{\circ}\text{C}$ rất nhiều, chu chuyển nước không hoàn toàn và không đều (hồ nhiệt đới).

- Hồ đa chu kỳ (polymictic): là loại hồ nông, vì vậy chúng xáo trộn hàng ngày hoặc vài ngày một lần diễn ra trong cả năm. Nhiệt độ nước $> 4^{\circ}\text{C}$, chu chuyển nước hoàn toàn thường xuyên (hồ núi cao nhiệt đới). Hồ đa chu kỳ điển hình như là hồ Clear, California, hồ George, Uganda.

Chế độ nhiệt ở các hồ vùng nhiệt đới có những đặc điểm riêng:

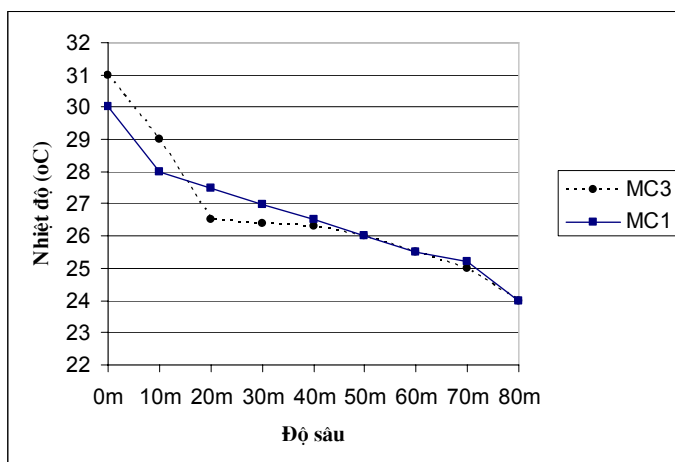
1. Nhiệt độ nước không bao giờ chuyển sang âm độ: nhiệt độ mặt nước thường xuyên cao ($> 20^{\circ}\text{C}$).
2. So với thủy vực ôn đới, biến đổi nhiệt độ nước theo mùa ở các thủy vực nhiệt đới nhỏ hơn, nhưng biến đổi nhiệt độ ngày đêm lại tương đối lớn, có khi $> 10^{\circ}\text{C}$ (ruộng lúa). Chênh lệch nhiệt độ nước ở tầng mặt và tầng đáy không lớn, chỉ trong khoảng vài độ.

Lượng nhiệt lớn nhất của hồ là lượng nhiệt do vào giữa mùa đông có nhiệt độ thấp nhất và mùa hè có nhiệt độ cao nhất. Điều đó phụ thuộc chủ yếu vào độ sâu trung bình và chức năng này có ý nghĩa trong việc dự báo sự khởi đầu của phân tầng nhiệt độ. Trong hồ sâu với một lượng nhiệt khá lớn phải mất một khoảng thời gian khá dài thì mới có thể làm nước nóng lên hay lạnh đi. Do đó, ở các hồ sâu thì sự phân tầng hay không phân tầng, sự đóng băng hay tan băng thường diễn ra chậm hơn so với các hồ nông ở cùng một vùng. Lượng nhiệt lớn nhất được bổ sung mạnh khi thời tiết nóng, tuy nhiên hiện tượng tỏa nhiệt do bốc hơi có thể cân bằng với nguồn nhiệt mặt trời đem lại. Nếu không có hiện tượng tỏa nhiệt do bốc hơi thì các sinh vật trong hồ sẽ không thể tồn tại được do hồ quá nóng. Ở các suối, sông, cửa sông nơi mà hiện tượng phân tầng nhiệt độ hiếm khi xảy ra, sự thay đổi về nhiệt độ hàng ngày hoặc theo không gian đóng một vai trò quan trọng trong quá trình trao đổi chất.

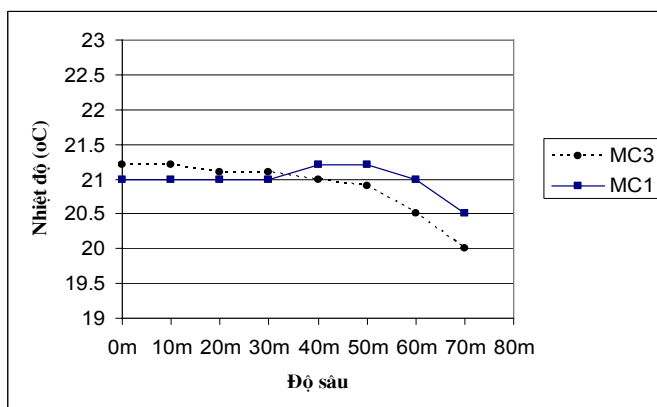
Tầng biến nhiệt luôn luôn nằm ở tầng giữa. Theo quan điểm chung thì thuật ngữ tầng biến nhiệt và khối nước tầng giữa thường sử dụng có thể thay thế cho nhau, khi mà chúng cùng ở trong một vùng chung của hồ. Tuy nhiên, các sinh viên nên thận trọng khi phân biệt hai thuật ngữ này, nhất là khi cần có sự phân biệt rạch ròi giữa chúng. Trong các hồ, khối nước tầng mặt có thể từ bề mặt nước xuống sâu ít là 2m, nhiều có thể tới hơn 20m. Khối nước tầng giữa thường có độ dày khoảng vài mét và khối nước tầng đáy chỉ dày ở các hồ sâu.

Phần lớn những hồ trên thế giới đều thuộc loại hai kỳ (dimictic), đơn kỳ (monomictic) hay đa kỳ (polimictic), tuy nhiên, cũng có một số ví dụ đáng chú ý về sự pha trộn khác nhau giữa các thành phần. Hồ mà luôn đóng băng, không bao giờ có xáo trộn gọi là hồ vùng cực (amictic). Hồ Vanda và Boney ở Nam Cực là ví dụ về những hồ lớn đóng băng vĩnh cửu, nhưng các hồ nhỏ hơn, ở vùng cao và ở vùng vĩ độ cao cũng là loại hồ amictic. Các hồ khác thì ít mang tính chất khí hậu cực đoan, có thể xảy ra hiện tượng tan băng chỉ một lần trong một năm nào đó, là hồ ít xáo trộn (oligomictic).

a



b



Hình 1.10. Phân tầng nhiệt độ ở hồ Hòa Bình trong mùa hè tháng 8/1993 (a), trong mùa đông tháng 12/1991 (b)

Việt Nam nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, nhiệt độ không khí trung bình cao, bởi vậy nhiệt độ nước hồ trung bình cũng cao tương ứng. Tuy nhiên có sự khác nhau về đặc điểm nhiệt độ giữa vùng phía bắc và phía nam Việt Nam. Vùng phía bắc có mùa đông lạnh cho nên nhiệt độ nước các thủy vực nói chung cũng như các thủy vực nước đứng nói riêng ở đây trong mùa đông thấp hơn hẳn so với trong mùa hè. Nhiệt độ tầng mặt các đầm hồ có thể thấp dưới 20°C . Trong mùa hè, ở các vùng phía bắc và quanh năm đối với các vùng phía nam Việt Nam, nhiệt độ nước tầng mặt cao trên dưới 30°C . Khác với các thủy vực nước chảy, các thủy vực nước đứng, đặc biệt là các đầm hồ với độ sâu trên 10m có sự phân tầng nhiệt độ nước theo chiều thẳng đứng. Giữa khối nước tầng mặt (epilimnion) và khối nước tầng đáy (hypolimnion) có sự chênh lệch nhiệt độ khá rõ rệt, đặc biệt là ở khu vực hạ lưu gần đập của các hồ chứa. Nhiệt độ nước tầng mặt thường cao hơn nhiệt độ nước tầng đáy, mức chênh lệch này có thể tới $6-8^{\circ}\text{C}$ như đã diễn ra ở khu vực hạ lưu gần đập của các hồ chứa nước lớn như hồ Thác Bà, hồ Hòa Bình vào mùa hè (hình 1.10). Nơi nhiệt độ thấp đột ngột là tầng đột biến nhiệt, tầng này ở độ sâu 6-8m đối với các hồ chứa lớn và sâu như hồ Hòa Bình, hồ Thác Bà. Tầng đột biến nhiệt của hồ nhỏ hơn như hồ Phú Ninh (Tam Kỳ, Quảng Nam), hồ Yaly (Gia Lai) ở độ sâu 4-6m. Ở các hồ vùng phía bắc, trong mùa đông không có hiện tượng phân tầng nhiệt độ nữa, hoặc nếu có thì mức độ phân tầng cũng rất yếu, khi đó nhiệt độ tương đối đồng đều giữa các khối nước. Thời kỳ này gọi là thời kỳ tuần hoàn giữa các khối nước.

Tuy nhiên, sự phân tầng và mức độ chênh lệch nhiệt độ này biến đổi theo từng mùa đối với các hồ phía bắc (loại hồ kiểu đơn chu kỳ nóng - warm monomictic), thay đổi theo từng thời điểm trong ngày đối với các hồ phía nam Việt Nam (loại hồ kiểu đa chu kỳ nóng warm polymictic). Ở vùng phía nam, một số các hồ có độ sâu lớn được xếp vào loại hồ kiểu ít bị pha trộn (oligomictic) và thường xuyên trong tình trạng phân tầng.

Vùng biến nhiệt theo mùa không cố định theo độ sâu. Trong suốt mùa hè nó giảm dần dần cho đến khi mùa thu đến với sự đồng nhất nhiệt giữa các khối nước. Vùng biến nhiệt theo mùa thường xuất hiện ở tầng giữa, còn vùng biến nhiệt tạm thời thì thường có ở tầng nước mặt. Vùng biến nhiệt tạm thời hàng ngày được pha trộn ở độ sâu trung bình do gió buổi chiều và hiện tượng đối lưu nhiệt về

đêm. Hai hoặc ba vùng biến nhiệt được tạo ra bằng cách này, nó còn tùy thuộc vào hiện tượng khuấy trộn nước. Nhưng rốt cuộc là mọi sự khuấy động tầng biến nhiệt theo mùa đều là do những cơn gió mạnh. Trong suốt mùa hè, thể tích tầng nước mặt tăng, trong khi tầng nước đáy giảm. Cuối cùng sự phân tầng nhiệt xuất hiện vào mùa thu, khi mà lượng nhiệt mất đi do quá trình đối lưu nhiệt và bốc hơi vượt quá khả năng cung cấp nhiệt của năng lượng mặt trời.

2.3. Chế độ khí của các thủy vực nước đứng

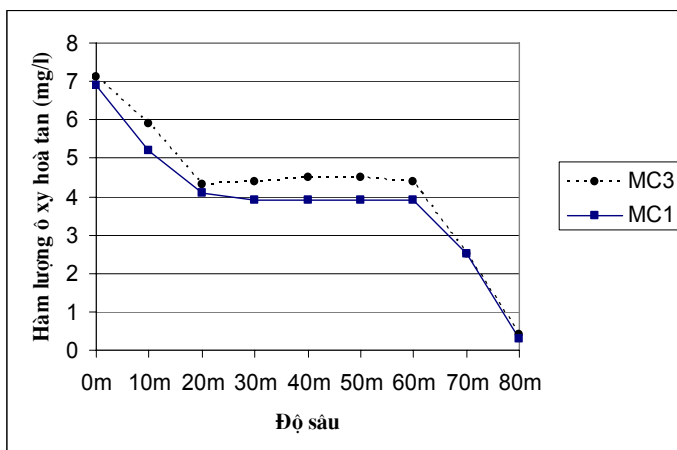
2.3.1. Sự phân tầng khí ô xy hòa tan

Trong các loại hình thủy vực nước đứng như hồ, hồ chứa, ao đầm, dao động của hàm lượng ô xy hòa tan ở thủy vực hồ chứa không lớn. Về mùa đông, ở các hồ đầm phía bắc Việt Nam có nhiệt độ nước thường thấp, hàm lượng ô xy hòa tan thường cao hơn so với mùa hè. Trong ngày, hàm lượng ô xy hòa tan thấp nhất vào lúc nửa đêm về sáng, cao nhất vào buổi trưa chiều. Đặc điểm này liên quan đến cường độ hô hấp của động vật thủy sinh và lượng bức xạ ánh sáng cho sự quang hợp của thực vật. Hàm lượng ô xy hòa tan trong khối nước tầng mặt các hồ chứa dao động không lớn từ 6,3mg/l đến trên dưới 9,2mg/l (hồ Hòa Bình), 6,34-9,8mg/l (hồ Thác Mơ). Trong khi đó, ở hồ Tây và hồ Trúc Bạch (Hà Nội) hàm lượng ô xy hòa tan của khối nước tầng mặt dao động khá lớn từ trên dưới 1mg/l đến trên dưới 18mg/l.

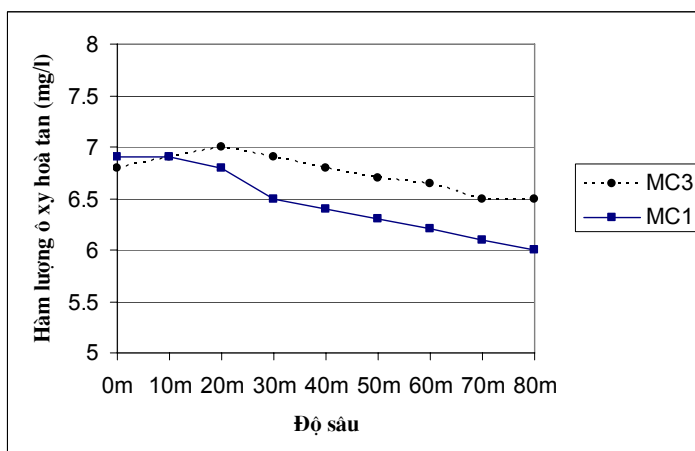
Bên cạnh sự khác biệt về hàm lượng ô xy hòa tan theo diện rộng, hàm lượng ô xy hòa tan còn có sự khác nhau rõ rệt theo chiều thẳng đứng - sự phân tầng khí ô xy hòa tan. Nhìn chung, hàm lượng ô xy hòa tan ở khối nước tầng mặt cao hơn ở khối nước tầng đáy. Một số lớn các thủy vực nước đứng, hàm lượng ô xy hòa tan ở khối nước tầng mặt tới mức bão hòa trong khi ở tầng sát đáy, hàm lượng ô xy hòa tan chỉ dưới 1mg/l hoặc không còn ô xy hòa tan nữa. Ở các hồ chứa, mức chênh lệch hàm lượng ô xy hòa tan giữa khối nước tầng mặt và tầng đáy trong khu vực hạ lưu gần đập tới trên dưới 7mg/l (hình 1.11). Tuy nhiên trong mùa đông, các hồ chứa phía bắc có sự tuần hoàn giữa các khối nước, cho nên đặc điểm phân tầng hàm lượng ô xy hòa tan lại không rõ rệt. Hồ Tây và hồ Trúc Bạch có độ sâu không lớn, trung bình trên dưới 2m nhưng mức chênh lệch giữa

hàm lượng ô xy tầng mặt và tầng đáy cũng rất cao từ 1,4mg/l đến trên 10mg/l.

a



b



Hình 1.11. Phân tầng ô xy hòa tan ở hồ Hòa Bình trong mùa hè tháng 8/1993 (a), trong mùa đông tháng 12/1991 (b)

Sự suy giảm hàm lượng ô xy hòa tan ở tầng đáy của một số loại hình thủy vực nước đứng, bên cạnh do sự tồn tại một gradient nhiệt độ - tỷ trọng giữa các khối nước tầng mặt và tầng đáy dẫn tới sự phân tầng cả nhiệt độ, ô xy và các chất hòa tan khác theo chiều thẳng đứng, mặt khác còn là kết quả của các quá trình sinh hóa,

khoáng hóa vật chất hữu cơ diễn ra ở đây dưới tác động của các nhóm vi sinh vật. Ở tầng sát đáy, do hàm lượng các hợp chất hữu cơ lớn cả trong khối nước lẫn trong lớp trầm tích đáy bề mặt cho nên thường xảy ra quá trình ô xy hóa các hợp chất nitơ, photpho, sulphua..., các quá trình này đã sử dụng hết lượng ô xy hòa tan trong nước và làm cạn kiệt lượng ô xy hòa tan ở đó. Vì vậy, trong một thủy vực, lượng ô xy hòa tan trong nước, đặc biệt là lượng ô xy ở tầng đáy cao hay thấp được coi là chỉ số gián tiếp biểu thị lượng vật chất hữu cơ, vô cơ của thủy vực đó ít hay nhiều.

2.3.2. Khí các bô níc (CO_2)

Khí các bô níc tồn tại thường xuyên trong hồ đầm. Khí CO_2 một mặt là nguyên liệu chủ yếu tạo thành hợp chất hydrat các bon từ sự quang hợp của thực vật thủy sinh, mặt khác nó cũng là chỉ số xác định tính kiềm hoặc tính a xít của môi trường nước. Cũng như ô xy, nhiệt độ nước càng cao thì lượng CO_2 trong nước càng thấp. Khi đó CO_2 kết hợp với Can xi và Ma nhê tạo thành Các bô nát Can xi ($CaCO_3$) và Các bô nát ma nhê ($MgCO_3$) dưới dạng kết tủa, điều đó thường dẫn đến sự gia tăng độ pH tới kiềm (> 8).

Hàm lượng khí CO_2 cũng như khí ô xy khác nhau theo từng loại hình thủy vực, thay đổi theo thời gian trong ngày (thường cao vào ban đêm, thấp vào ban ngày), khác nhau theo chiều thẳng đứng. Ở các hồ chứa, hàm lượng CO_2 dao động từ trên dưới 1mg/l đến trên dưới 20mg/l, thông thường chỉ trên dưới 5mg/l. Nhìn chung, trong một thủy vực, hàm lượng khí các bô níc tỷ lệ nghịch với hàm lượng khí ô xy.

2.3.3. Các khí mê tan (CH_4) và dihydro sulphua (H_2S)

Nhìn chung trong thủy vực, hàm lượng các khí này là sản phẩm được tạo thành trong điều kiện môi trường yếm khí và thường có nhiều trong tầng nước sát đáy và trong lớp bùn trầm tích đáy bề mặt. Tại các hồ chứa hàm lượng H_2S trong tầng sát đáy gần đập khá lớn tới 0,3mg/l (hồ Hòa Bình trong những năm đầu mới ngập nước). Các hồ ở Hà Nội, hàm lượng khí H_2S thấp, dao động từ 0,01 đến 1,55mg/l (hồ Tây), hàm lượng H_2S ở các hồ có kích thước nhỏ hơn như hồ Trúc Bạch, Bưởi Mầu, Hoàn Kiếm lại cao hơn, dao động từ 0,1-4,8mg/l.

2.4. Các muối hòa tan trong nước

2.4.1. Muối dinh dưỡng

Muối hòa tan trong nước bao gồm nhiều thành phần khác nhau. Thành phần muối cơ bản là thành phần chủ yếu của chất vô cơ hòa tan trong nước thiên nhiên. Trong nước ngọt, thành phần này chiếm tới 90 - 95%, trong nước có nồng độ muối cao tới 99%. Thành phần muối cơ bản này gồm muối clorit, sunfat cacbonat, hydrôcacbonat của Na, Mg, Ca và K. Thành phần này tồn tại trong nước thiên nhiên dưới dạng các ion chủ yếu: Cl, SO₄, HCO₃, CO₃, Na, Mg và Ca.

Bảng 1.5. Hàm lượng dinh dưỡng trong sông, suối

Chất dinh dưỡng	Giá trị tiêu biểu (mg/l)		Dãy biến động	
	Sông	Suối	Sông	Suối
Nitrát (NO ₃)	1,0	0,5	0,003-7,0	0,003-5
Ammonia (NH ₄)	0,05	0,04	0,005-10,0	0,005-1,0
Silica (SiO ₂)	9	6	1,4-35	0,5-20
Phốt phát (PO ₄)	0,1	0,002	0,001-1,0	0,001-0,013
Sulphát (SO ₄)	20	8	0,04-290	0,3-20

Nguồn: Horne & Golgman, 1994.

Các nguyên tố tạo sinh (biogen) gồm các hợp chất vô cơ và hữu cơ hòa tan của N, P và Si, là các chất cần thiết cho sự tạo thành các cơ thể sống. Thuộc vào nhóm này có thể kể đến một số muối khác như Na, Ca, K, Mg v.v. Gộp chung là các muối dinh dưỡng. Muối dinh dưỡng có nguồn gốc Ni tơ bao gồm các ion NH₄, NO₂ và NO₃ và ở dạng chất hữu cơ hòa tan và không hòa tan trong nước. Muối dinh dưỡng có nguồn gốc phốt pho cũng ở dạng vô cơ và hữu cơ hòa tan hoặc không hòa tan trong nước (phốt phát lại phần lớn ở dạng hạt). Dạng vô cơ trong nước tự nhiên là H₃PO₄ và các dẫn xuất. Muối dinh dưỡng có nguồn gốc Si líc trong nước tự nhiên ở dạng hòa tan có thể là H₄SiO₄ và các dẫn xuất. Tỷ lệ này thay đổi theo mùa, theo từng vĩ độ khí hậu, theo lượng nước đổ vào, theo tình hình lụt, địa chất của vùng lưu vực.

2.4.2. Nước mềm và nước cứng

Với môi trường nước tự nhiên ở nội địa, phân biệt hai loại nước mềm và nước cứng. Nước suối mềm hoặc cứng được xác định bởi tính chất đất đá vùng lưu vực. Nước cứng do giàu can xi, các bon nát, ma nhê và sul phát. Nước mềm hoặc nước bị a xít là nước có ít các chất trên. Có thể phân biệt nước cứng theo các anion kết hợp:

- Độ cứng các bô nát là độ cứng của nước do các muối các bô nát (CO_3^{2-}) hoặc bi các bô nát (HCO_3^-) của can xi và magiê gây nên
- Độ cứng phi các bô nát là độ cứng của nước do các muối sun phát (SO_4^{2-}) hoặc clo rua (Cl^-) của can xi và ma giê gây nên.

Nước suối mềm hoặc cứng cũng thể hiện sự giàu dinh dưỡng của nước. Đất ở vùng lưu vực nước cứng thường cung cấp nhiều chất hữu cơ nhiều hơn đất ở vùng lưu vực nước mềm. Hầu hết các suối nước cứng thường có khu hệ động vật không xương sống và cá phong phú hơn so với các suối nước mềm hoặc bị a xít hóa.

2.5. Các chất lơ lửng

Trong thủy vực nội địa, chất lơ lửng được xem là yếu tố môi trường biểu thị mức độ ô nhiễm. Chất lơ lửng là tập hợp các phân tử của các chất hữu cơ và vô cơ, kết hợp lại với nhau dưới dạng chất keo, lơ lửng trong tầng nước. Ngoài ra, trong tầng nước còn có cả chất vẫn gồm giá thể là chất hữu cơ mà trên đó có nhiều các chất hữu cơ, vô cơ và sinh vật (vi sinh vật, động vật nguyên sinh, tảo) bám vào. Trong Hóa học môi trường, các chất lơ lửng được xem là chất rắn dạng huyền phù (SS - suspended solid), lơ lửng trong nước.

2.6. Thời gian thay mới nước của hồ

Một thuộc tính vật lý mà có thể tác động tới tính chất thủy hóa và sinh học của hồ là tốc độ thay nước (water renewal). Tốc độ thay mới nước thường được tính bằng năm, đơn giản là thể tích của thủy vực được chia thành thể tích nước chảy ra (sử dụng thể tích nước ra hơn là thể tích nước vào và tính toán tới độ bốc hơi). Các hồ ở vùng có lượng mưa nhiều được thay nước mới nhanh hơn so với hồ ở vùng khô hạn. Thời gian thay mới nước của một hồ nhỏ trên một dòng sông lớn chỉ mất một vài giờ trong khi với hồ lớn

St. Lawrence, thời gian thay mới nước phải tới hàng trăm năm, thậm chí tới hàng nghìn năm đối với các vùng lòng hồ kín như đại dương hoặc các hồ nước mặn ở vùng khô hạn mà ở đó, sự bốc hơi nước là cơ chế chính làm mất nước.

Các hồ có thời gian thay nước nhanh thì ít biến đổi thành phần hóa học, hàm lượng các chất hòa tan chỉ cao gấp hai hoặc ba lần kết tủa. Trong khi các hồ ít hoặc không có dòng chảy ra, ở đó nước chỉ trao đổi bởi sự bốc hơi nước (các chất hóa học bị cô đặc lại), hàm lượng các chất hóa học được xác định bởi tính hòa tan của các hợp chất cation và anion. Thậm chí các hồ có khả năng cô đặc và khả năng sản sinh có thể làm kết tủa các bô nát can xi. Một số hồ, đặc biệt các hồ có vùng lòng hồ kín như hồ Mono ở California trở thành có khả năng cô đặc, nó có thể kết tủa sunphát can xi, sunphát ma nhê, clorua natri và các muối dễ hòa tan khác. Trong một số trường hợp, độ mặn của nước hồ còn cao hơn cả nước biển. Không cần nói cũng biết rất ít sinh vật có thể sống được trong các hồ có các chất hóa học với độ đậm đặc cao và quần xã sinh vật ở đó rất đơn điệu. Một số các hồ ở vùng khô hạn Bắc Mỹ hoặc ở vùng thảo nguyên Canada thì chỉ thấy hầu hết là sự bốc hơi nước, làm thay đổi rất lớn thành phần hóa học của hồ và không thể gọi các hồ này là hồ nước ngọt.

Thời gian thay mới nước cũng là một nhân tố quan trọng điều chỉnh mức độ các chất gây ô nhiễm xâm nhập vào thủy vực. Các nhà chuyên môn đã xây dựng các mô hình dự báo lượng dinh dưỡng xâm nhập vào và gây phú dưỡng của hồ. Gần đây, một số mô hình được xây dựng dựa trên lượng các chất hóa học xâm nhập vào hồ và thời gian thay mới nước để dự báo tổng lượng a xít sulphuric và a xít nitric tồn tại và khả năng trung hòa a xít của hồ. Thời gian thay mới nước lâu có thể có những đặc điểm lợi và bất lợi ở khía cạnh quản lý hồ. Thí dụ, hồ Superior có thời gian thay mới nước trên 100 năm có nồng độ sulphát chỉ bằng 1/3 lượng sulphát có trong mưa a xít rơi xuống lưu vực hồ; nồng độ sulphát cao trong nước mưa không tới được cho tới thế kỷ XX. Ngược lại, nhiều hồ nhỏ ở Adirondacks có nồng độ sulphát cao như có trong mưa a xít do thời gian thay mới nước của các hồ này chỉ có vài tháng. Các hồ có thời gian thay nước ngắn bị ô nhiễm nhanh hơn và hồi phục cũng nhanh hơn, ít nhất là về các thuộc tính hóa học.

Tất nhiên, thời gian thay mới nước đại dương rất lâu. Đại dương chỉ mất nước bởi sự bốc hơi nước. Do giống như một thủy vực bị đóng kín, nồng độ của các chất hóa học xâm nhập vào tăng cho tới khi chúng được kết tủa. Rất may mắn là sau hàng ngàn thiên niên kỷ, các đại dương đều không đạt tới sự bão hòa các các hợp chất hóa học hòa tan như đã xảy ra như với các hồ nước mặn. Các đại dương tất nhiên đã đạt tới bão hòa các bô nát can xi trong hầu hết các khu vực và các bon trong trầm tích biển chủ yếu là dưới dạng các bô nát can xi, chiếm khoảng 99% lượng các bon trên trái đất.

3. Nền đáy

Thành phần cơ học của nền đáy thủy vực nội địa phụ thuộc vào đặc điểm nền địa chất, thổ nhưỡng tại nơi có thủy vực. Có thể chia thành nhiều loại nền đáy, căn cứ vào tỷ lệ các hạt nhỏ có kích thước dưới 0,01mm cấu thành nền đáy.

1. Nền đáy đá: không có các hạt nhỏ, chỉ có các viên đá tảng, đá khối. Đây là nền đáy đặc trưng của suối và sông vùng đầu nguồn ở vùng núi.
2. Nền đáy cát: thành phần các hạt nhỏ chỉ chiếm dưới 5%. Nền đáy cát chủ yếu là các sông lớn vùng trung và hạ lưu.
3. Nền đáy cát bùn : từ 5-10%.
4. Nền đáy bùn cát : từ 10-30%
5. Bùn: từ 30-50%, đặc trưng cho các thủy vực nước đứng, kích thước nhỏ như ao hồ, đầm...
6. Bùn nhão: trên 50%.

Thường thì các nền đáy của một thủy vực có tính chất pha trộn, không đồng nhất, mỗi quãng, mỗi nơi lại có một loại nền đáy khác nhau xen kẽ. Ví dụ: sông vùng thượng lưu thường có nền đáy đá, sỏi; sông vùng trung lưu có nền đáy cát - bùn; sông vùng hạ lưu có nền đáy bùn - cát và bùn.

Ở các thủy vực nước chảy nội địa như sông, các thành phần cơ học bị nước cuốn đi lắng đọng dần dần, các phân tử nặng lắng xuống trước ở đầu nguồn, còn các phân tử nhẹ bị nước cuốn xa hơn tới vùng trung lưu và hạ lưu. Ở hồ, các phân tử nặng ở bờ hồ lõ

xuống lắng đọng ngay ở vùng ven bờ, các phần tử nhẹ bị cuốn ra vùng xa bờ. Mỗi loài sinh vật đáy, đặc biệt động vật đáy, thích ứng với một loại nền đáy riêng biệt. Nếu không tìm được loại nền đáy thích hợp, loài sinh vật đáy đó có thể bị giảm số lượng hoặc bị tiêu diệt hẳn. Thành phần cơ học của nền đáy có thể bị thay đổi trong quá trình phát triển lịch sử của thủy vực do chuyển vận dòng nước và tác dụng của sinh vật.

Chất lắng đọng nền đáy hồ

Người ta chia chất lắng đọng đáy hồ thành hai loại:

1. Bùn mùn: có nguồn gốc ngoại lai, chủ yếu là xác thực vật do các dòng nước chảy qua rừng núi, đầm lầy cuốn vào và tích tụ trong hồ. Bùn mùn thường có ở các hồ vùng rừng núi. Khối lượng xác thực vật lớn này bị phân huỷ liên tục làm nước có tính chất a xít, hàm lượng ô xy giảm xuống thấp, hồ bị mất dưỡng (distrophe).
2. Bùn thối: chủ yếu có nguồn gốc nội tại, do xác sinh vật trong hồ tan rữa, lắng xuống đáy tạo thành. Tùy theo thành phần sinh vật, có thể chia thành các loại:
 - Bùn tảo: trong thành phần chứa nhiều xác tảo bậc thấp.
 - Bùn thực vật lớn: do xác thực vật lớn phân huỷ tạo thành, giàu chất dinh dưỡng hữu cơ, chất sáp. Có thể dùng để điều chế các loại chất đốt, chất sáp.

Hai loại bùn trên thường thấy ở các hồ phú dưỡng.

- Bùn cặn đá vôi: gồm các mảnh cặn đá vôi, lẫn với xác tảo bậc thấp khó phân huỷ, thường là tảo lam. Trong thành phần rất nghèo chất hữu cơ, thường thấy ở các hồ nghèo dinh dưỡng.

III. ĐẶC ĐIỂM MÔI TRƯỜNG SỐNG Ở BIỂN VÀ ĐẠI DƯƠNG

Biển và đại dương là các thủy vực nước mặn cực lớn bao quanh các lục địa, chiếm tới 70,78% diện tích bề mặt trái đất (khoảng 361.059 km²). So với các thủy vực nước ngọt nội địa, biển và đại dương có những sai khác cơ bản về điều kiện tự nhiên: có lịch sử hình thành cổ xưa từ thời kỳ đầu của lịch sử địa chất; lớn hơn hẳn

về diện tích và độ sâu; có độ mặn nước cao hơn, với những điều kiện thủy văn, động lực đặc trưng cho biển và đại dương như thủy triều, tuần hoàn nước, sóng biển... và các đặc điểm khác.

Các đại dương là những vùng nước lớn ở bên ngoài các lục địa bao gồm: Thái Bình dương có diện tích (49,8%) và dung tích nước (52,8%) lớn nhất trong các đại dương, cũng là nơi có độ sâu lớn nhất - rãnh sâu Mariannes ở biển Philippine, tới 11.034m trong khi có tới 80,3% diện tích đại dương có độ sâu trung bình 3-6km. Thứ hai là Đại Tây dương với các chỉ số 25,9% diện tích và 24,7% dung tích nước. Ấn Độ dương chỉ chiếm 20,7% diện tích và 21,3% dung tích nước. Bắc Băng dương là đại dương có diện tích và dung tích nước nhỏ nhất, chỉ chiếm 3,6% diện tích và 1,2% dung tích nước các đại dương.

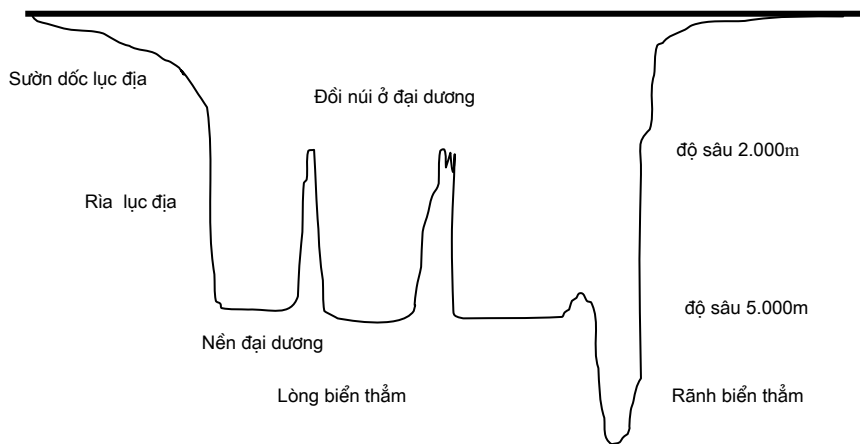
Biển là các phần nhỏ của đại dương tiếp giáp hoặc ăn sâu vào các lục địa, chỉ chiếm 9,7% diện tích và 2,7% dung tích nước đại dương, độ sâu trung bình chỉ trên 1.065m. Biển có thể là biển rìa, tiếp xúc rộng với đại dương bên ngoài như biển Đông, biển Nhật Bản, biển Baren hoặc có thể là biển nội, nằm lọt trong lục địa, chỉ liên hệ với đại dương qua các eo biển hẹp như Địa Trung Hải, Hắc Hải, Hồng Hải...

Dựa trên cấu trúc nền vỏ đại dương, đới sâu và các đặc điểm tự nhiên khác, có thể phân chia đại dương thành các vùng khác nhau.

Trên nền đại dương từ trên xuống dưới, có thể phân biệt các vùng sau:

1. Thềm lục địa (Continental shelf) là vùng tương đối bằng phẳng, tiếp giáp lục địa, có độ sâu tới khoảng 200-500m.
2. Vùng sườn dốc lục địa (Continental slope) là vùng đáy dốc tiếp sau, có độ sâu khoảng 3.000-4.000m.
3. Nền đại dương (Abyssal plain) nằm bên dưới vùng đáy dốc, tới độ sâu 6.000-7.000m.
4. Rãnh đại dương (Oceanic trench): rãnh sâu trên 7.000m, tới độ sâu nhất, trên 11.000m.

Tương ứng với sự phân chia các vùng trên nền đáy là sự phân chia các vùng trong tầng nước. Từ bờ ra khơi, có thể phân biệt các vùng sau:



Hình 1.12. Mô tả mặt cắt hải dương (theo Tomczak M., 1996)

1. Vùng triều (littoral) là vùng bờ biển và đại dương nằm trong biên độ dao động của thủy triều, có chiều rộng thay đổi theo đặc tính của thủy triều từng vùng. Có thể xác định các vùng trên triều (suprakittoral) nằm trên mức cao nhất của thủy triều.
2. Vùng dưới triều (Sublittoral) tương ứng với vùng thềm lục địa với điều kiện thuận lợi về điều kiện môi trường sống, là vùng có sinh vật phát triển, vùng khai thác nguồn lợi sinh vật quan trọng của biển và đại dương.
3. Vùng biển sâu (batial): tương ứng với vùng sườn dốc lục địa.
4. Vùng biển thẳm (abyssal): tương ứng với nền đại dương.
5. Vùng biển cực thẳm (hadal hay ultra abyssal): vùng hẹp, tương ứng với các rãnh đại dương, ở độ sâu nhất đại dương.

Các vùng biển sâu, biển thẳm, biển cực thẳm là những vùng biển có độ sâu rất lớn hàng nghìn mét, rất xa bờ, điều kiện sống thường có những mặt không thuận lợi, hạn chế khả năng khai thác nguồn lợi sinh vật của đại dương.

1. Điều kiện môi trường sống trong tầng nước

Là thủy vực có diện tích bề mặt và dung tích nước cũng như độ sâu cực lớn, biển và đại dương có những đặc điểm riêng về điều kiện

môi trường trong tầng nước, trong đó quan trọng là áp lực nước ở tầng sâu, những điều kiện về hải văn động lực của khối nước.

1.1. Chuyển động của khối nước biển

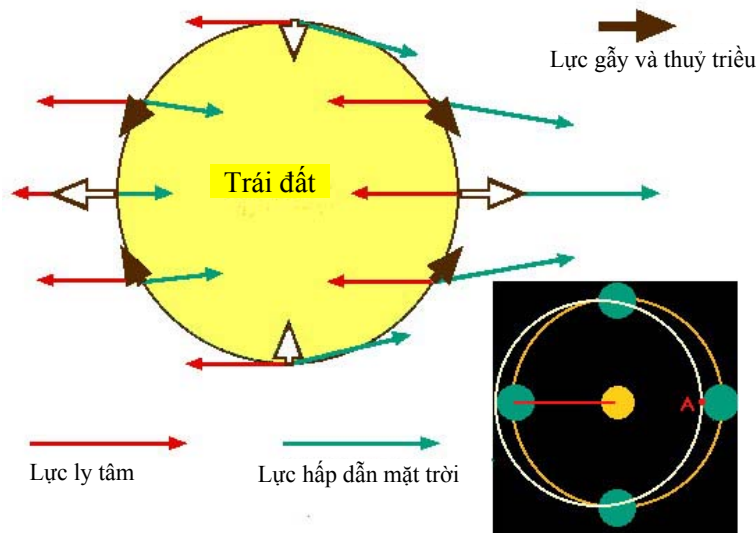
Những nhân tố động lực quan trọng của biển và đại dương là thủy triều, hệ dòng chảy - hoàn lưu nước và sóng biển.

1.1.1. Thủy triều

Thủy triều là hiện tượng đặc sắc của khối nước biển nâng lên, hạ xuống theo chu kỳ do lực hút của mặt trời, mặt trăng. Có hai kiểu thủy triều cơ bản: *nhật triều* - chu kỳ triều nâng lên và hạ xuống một lần trong ngày và *bán nhật triều* - chu kỳ triều trong nửa ngày. Bên cạnh đó, còn có kiểu thủy triều hỗn hợp, xen kẽ cả nhật triều và bán nhật triều. Biên độ dao động rất khác nhau theo từng vùng trên trái đất, có khi chỉ vài centimet (gần như vô triều), có khi tới hàng chục mét. Biên độ triều lớn nhất diễn ra ở vịnh Funday ở bờ Đại Tây dương Canada. Vịnh này dài 151km, rộng 31km và tại lúc triều cường, đã đo được biên độ 21m. Thềm lục địa Tây Bắc của Úc có biên độ triều đạt tới 8m hoặc có thể hơn nữa.

Trong chu kỳ triều, có thể xác định *kỳ triều cường* - khi mực nước triều ở cực đại và *kỳ triều kiệt* - khi ở cực tiểu. Vùng bờ biển nằm trong hoạt động của thủy triều là *vùng triều*, trong đó, có thể phân biệt *tầng triều trên* (cao triều) - phần đất chỉ ngập nước khi triều cực đại, *tầng triều giữa* (trung triều) - luôn ngập nước và *tầng triều dưới* (hạ triều) - ngập nước cả khi triều cực tiểu.

Hoạt động của thủy triều còn có tác động quan trọng đối với môi trường sống ở biển và đại dương. Vùng triều có điều kiện môi trường sống đặc biệt, khi ngập nước, khi cạn nước, tạo nên quần xã sinh vật vùng triều đặc trưng, có khả năng thích ứng với cả điều kiện cạn và ở nước. Thủy triều làm thay đổi có chu kỳ độ sâu đáy biển ở vùng ven bờ, độ rộng hẹp, diện tích của vùng cửa sông, sự xâm nhập mặn vào nội địa tạo nên vùng nước lợ cửa sông. Ngoài ra, thủy triều còn tạo nên các dòng triều ở ven bờ và ngoài khơi, ảnh hưởng tới sự di chuyển của sinh vật biển.



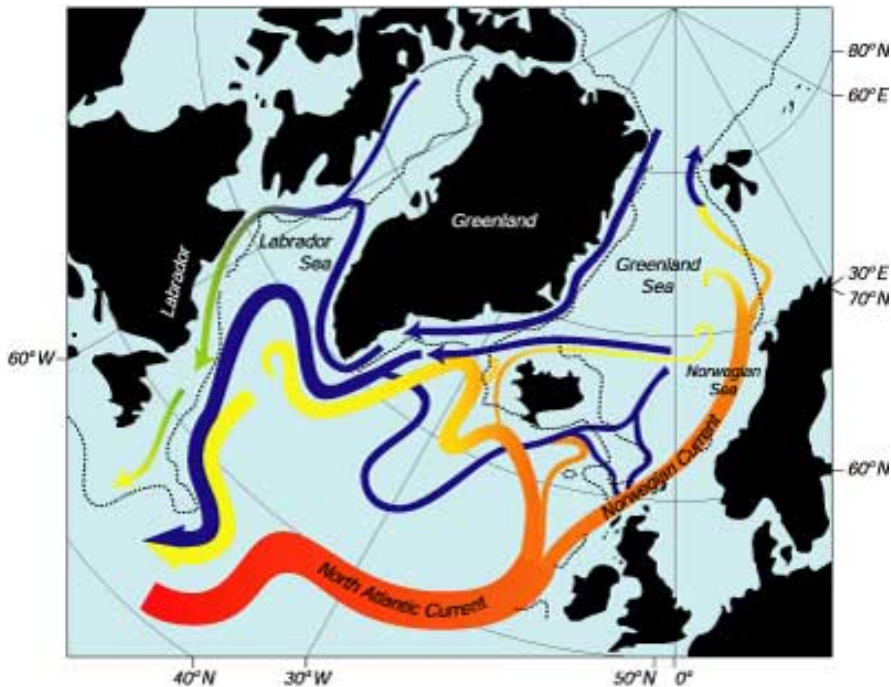
Hình. 1.13. Mô tả các lực hấp dẫn gây hiện tượng thủy triều
(theo Tomczak, 1996-1999)

1.1.2. Hệ dòng chảy đại dương

Dòng chảy đại dương là sự chuyển động của khối nước trên mặt và dưới sâu theo hướng nhất định trên đại dương. Dòng chảy có thể là dòng ngang hoặc dòng thẳng đứng. Dòng chảy sinh ra do tác động của gió, đặc biệt là gió mùa, do sự chênh lệch của áp suất không khí, mật độ nước, do sự sai khác về độ mặn, nhiệt độ ở các vùng và thời gian khác nhau trên đại dương và do các nguyên nhân khác. Dòng chảy đại dương thường là các dòng nước rất lớn, có khi rộng tới hàng chục km, chảy dài tới hàng nghìn kilomet. Các dòng chảy tầng mặt thường là dòng chảy nóng, chảy từ xích đạo về cực. Các dòng chảy sâu thường là các dòng chảy lạnh, chảy từ cực về xích đạo. Có thể lấy sơ đồ đơn giản của hệ dòng chảy đại dương ở bắc bán cầu Đại Tây dương và Thái Bình dương làm ví dụ (hình 1.14, 1.15). Ở vùng phía bắc Đại Tây dương, từ các dòng chảy ven xích đạo do tác động của lực quay trái đất (dòng tín phong và gian tín phong) có một nhánh dòng chảy nóng từ vịnh Mexico chảy ngược lên phía bắc dọc bờ biển Châu Âu, có chiều rộng tới 30km, sâu 700m, tốc độ chảy 9,2km/giờ, lưu lượng hàng năm tới 2,0 triệu km^3 , là dòng chảy nóng quan trọng bậc nhất ở Đại Tây dương lên tới vùng cận cực, nước lạnh đi và chìm sâu xuống và tạo thành dòng

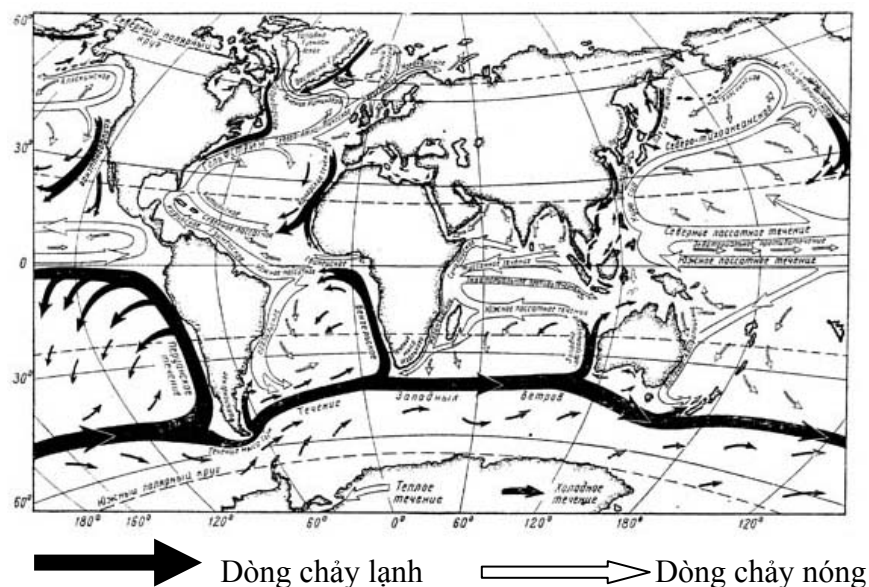
chảy lạnh Labrador chảy ngược lại ven vùng Greenland dọc theo bờ phía đông Bắc Mỹ xuống phía nam. Ở vùng bắc bán cầu Thái Bình dương, cũng tương tự, có dòng chảy tầng mặt Kuro-Sio rộng tới 170km, sâu 700m, tốc độ 6km/giờ, lưu lượng $650.000\text{km}^3/\text{năm}$ từ vùng biển Philippine chảy ngược lên phía bắc qua các biển Trung Quốc, Triều Tiên, nam Nhật Bản sang phía đông Thái Bình dương. Từ vùng cận cực, lại có dòng chảy lạnh Oia-Sio chảy ngược lại qua vùng biển phía tây Thái Bình dương từ vùng Viễn Đông qua bắc Nhật Bản về phía xích đạo.

Hệ dòng chảy đại dương có ý nghĩa rất quan trọng đối với đời sống sinh vật biển ngoài tác dụng cung cấp nhiệt cho các vùng biển, tạo điều kiện phát triển sinh vật biển, các dòng chảy đại dương còn là tác nhân di chuyển sinh vật biển trên đại dương trong đời sống từ vùng xích đạo lên vùng cực và ngược lại.



Hình 1.14. Các dòng chảy tầng mặt (màu đỏ, da cam và vàng) và tầng sâu (màu tím, xanh lam và xanh lục) trong vùng bắc Đại Tây dương. Dòng bắc Đại Tây dương mang nước ấm từ xích đạo về phía bắc ở

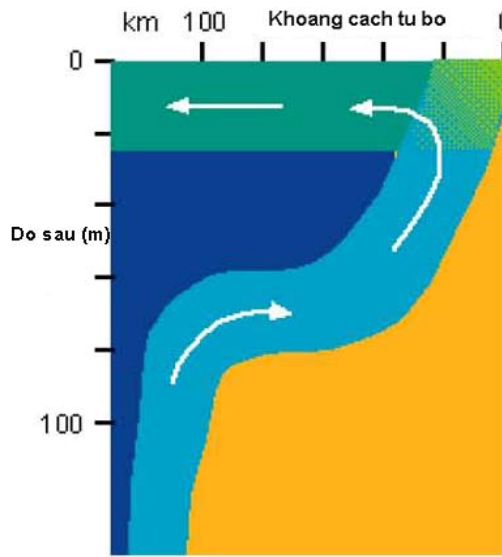
đó nước bị lạnh đi. Nước lạnh chìm xuống sâu, thành dòng nước lạnh và chảy trở lại xích đạo ở phía nam (Theo Viện Hải dương học Wood Hole, trong trang web: Introduction to Physical Oceanography Chapter 13 - Deep Circulation in the Ocean - Importance of the Deep Circulation.htm).



Hình 1.15. Dòng chảy đại dương (theo Moiseev, 1969)

1.1.3. Hiện tượng nước trời (upwelling)

Một trong những hiện tượng quan trọng nhất của vùng đại dương ven bờ là nước trời, đó là chuyển động của nước từ tầng đáy biển đến tầng mặt. Về mặt đời sống ở biển, tác động quan trọng nhất của nước trời là cung cấp chất dinh dưỡng cho khối nước bề mặt. Nếu hoàn lưu nước ở vùng đại dương sâu có một dòng chảy nhanh tới sườn dốc lục địa, sự biến đổi sức mạnh của dòng này có thể sinh ra một dòng nước lạnh giàu chất dinh dưỡng từ đáy đại dương trời lên tới vùng thềm lục địa. Các dị thường về nhiệt độ, độ mặn, chất dinh dưỡng do nước trời sinh ra đã tạo ra các điều kiện môi trường thuận lợi cho việc tập trung các loài cá hình thành các bãi cá ở đây.



Hình 1.16. Mô tả dòng nước trôi đại dương
(theo Tomczak, 1996-1999)

1.2. Chế độ nhiệt

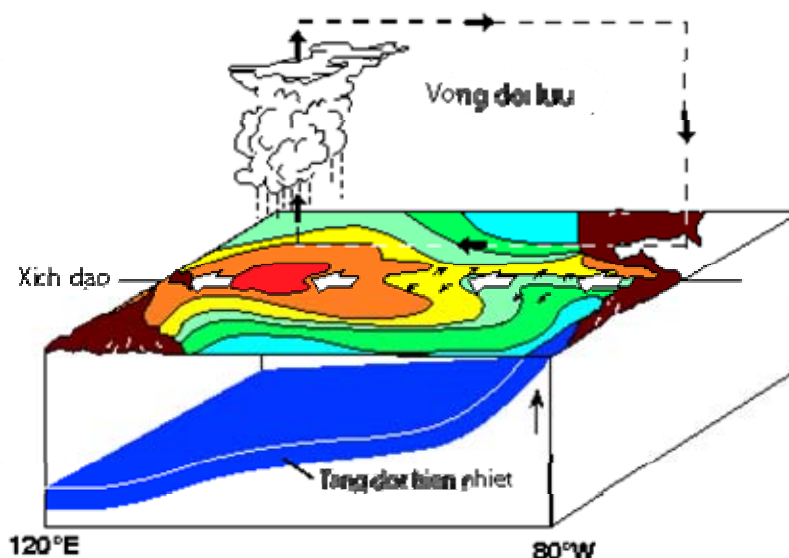
Nguồn nhiệt chủ yếu của biển và đại dương là từ bức xạ mặt trời, qua lớp không khí tới bề mặt đại dương, khoảng 4% tổng bức xạ từ mặt trời chiếu xuống. Ngoài ra, còn có thể có các nguồn nhiệt khác từ các quá trình sinh hóa trong nước biển, các hoạt động thủy nhiệt từ bên trong trái đất. Chế độ nhiệt ở đại dương biến đổi theo ba nhân tố chính: vĩ độ, mùa vụ và độ sâu. Nhiệt độ trung bình năm ở đại dương giảm dần từ vùng xích đạo tới vùng cực, tạo nên các vùng nhiệt độ đại dương theo chiều ngang. Vùng nhiệt đới trong khoảng vĩ độ 40°N và 40°B với nhiệt độ nước biển trung bình $26-27^{\circ}\text{C}$. Vùng cận cực Nam và Bắc, trong khoảng $40-60$ vĩ độ Nam và Bắc, nhiệt độ nước biển trung bình năm trong khoảng $13-14^{\circ}\text{C}$. Vùng cực có nhiệt độ nước biển trung bình năm gần 0°C (đóng băng). Biến đổi nhiệt độ ở đại dương theo mùa cũng có biên độ dao động khác nhau theo từng vùng, nhỏ ở vùng nhiệt đới và vùng cực, lớn ở vùng cận cực. Biến đổi nhiệt độ nước theo độ sâu ở đại dương tạo nên hiện tượng phân tầng nhiệt độ, do có độ sâu lớn. Từ trên xuống, có thể phân chia thành các tầng cơ bản: 1/ Tầng mặt: có

nhệt độ nước tương đối cao và biến đổi theo mùa rõ rệt. 2/ Tầng đáy: có nhiệt độ nước thấp và hầu như không biến đổi. 3/ Tầng giữa hoặc đột biến nhiệt độ: đây là tầng chuyển tiếp, có sự biến đổi đột ngột từ nhiệt độ cao ở tầng mặt xuống nhiệt độ thấp ở tầng đáy. Tầng biến nhiệt độ ở biển và đại dương thường ở trong khoảng độ sâu từ 10-15m nhưng cũng có khi tới hàng trăm mét.

1.3. Hiện tượng El Nino và La Nina

Những vùng nước trôi ở vùng khơi phía tây của Bắc và Nam Mỹ cũng như của Châu Phi trong các năm điển hình là những vùng có năng suất khai thác cao, đã cung cấp một lượng cá lớn và là phần đóng góp kinh tế quan trọng cho các quốc gia ở vùng này. Mặc dầu diện tích nhỏ nhưng những vùng nước trôi đã sản sinh ra gần 1/4 sản lượng cá toàn cầu. Tuy nhiên, những vùng có năng suất đó có thể bị thay đổi đột ngột khi có hiện tượng tự nhiên ở vùng bờ phía tây của Nam Mỹ được biết tới từ thế kỷ trước và được gọi là El Nino (có nghĩa là “cậu bé”, sự kiện này thường xuất hiện xung quanh kỳ giáng sinh, có nghĩa là ngày sinh của chúa Giê Su.).

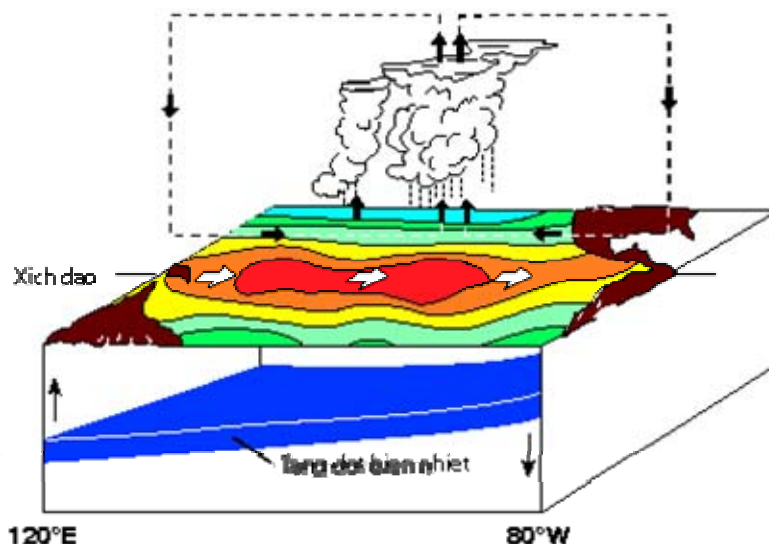
Cho tới khi một số thập niên sau khi biết El Nino, người ta vẫn nghĩ rằng hiện tượng này mang tính địa phương, bắt nguồn từ vùng nhiệt đới phía đông Thái Bình dương và ảnh hưởng chủ yếu tới vùng bờ phía tây của Nam Mỹ. Chỉ khi những có đủ những kiến thức hiện đại về Hải dương học và Khí tượng học, người ta mới biết rằng các số liệu cơ bản trên bình diện rộng của đại dương và khí quyển, El Nino là sự nhiễu động của hệ thống khí quyển - đại dương trong vùng Thái Bình dương nhiệt đới và chúng đã tác động tới thời tiết toàn thế giới. Cho tới nay, chúng ta đã hiểu khá rõ các hoạt động của khí tượng và đại dương đã diễn ra như thế nào thể hiện qua các quá trình vật lý, sinh học đồng thời xảy ra các mối tương tác giữa chúng với nhau ở đại dương. Sự kiện khí tượng kết nối với El Nino tiếp tục tới vùng nhiễu động ở phía nam đông thời và do sự kết nối chặt chẽ giữa các hiện tượng khí tượng và đại dương, toàn bộ sự kiện được gọi là ENSO (các chữ đầu của El Nino và Nhiễu động phía nam - Southern Oscillation).



Hình 1.17. Điều kiện bình thường

(website: El Nino\ El Nino Theme Page images.htm)

Sự chênh lệch khí áp và quay vòng của trái đất đã tạo ra gió Mậu dịch ngoài khơi của vùng bờ phía tây Nam Mỹ. Vào những năm bình thường, gió này thổi khí nóng vào khối nước mặt phía tây Thái Bình dương, sự tích lũy nhiệt độ nước biển ở phía tây đã làm cho mực nước biển ở xung quanh In đô nê xia cao hơn 0,5m so với vùng phía đông Thái Bình dương. Khi đó, tầng mặt với nhiệt độ cao ở phía đông Thái Bình dương trở nên mỏng hoặc tầng biên nhiệt (thermocline) ở chỗ nông hơn gần bề mặt và làm cho tầng nước lạnh ở sâu giàu chất dinh dưỡng có thể trôi lên bề mặt vùng bờ Peru và Chile làm cho năng suất vực nước ở đây cực kỳ cao (hiện tượng nước trời). Các dẫn liệu đo nhiệt độ nước biển ở bề mặt từ 1949-1993 cho thấy nhiệt độ trung bình nước bề mặt ở phía đông Thái Bình dương 22°C , lạnh hơn ở phía tây, nhiệt độ trung bình 25°C . Nhiệt độ nước bề mặt ở phía đông lạnh làm mát không khí ở phía trên, tạo nên những đám mây trôi sang phía tây và tại đây bị làm nóng lên bởi nhiệt độ nước biển ấm ở phía dưới tác động tới khí quyển và gia tăng khả năng mưa cho vùng này.

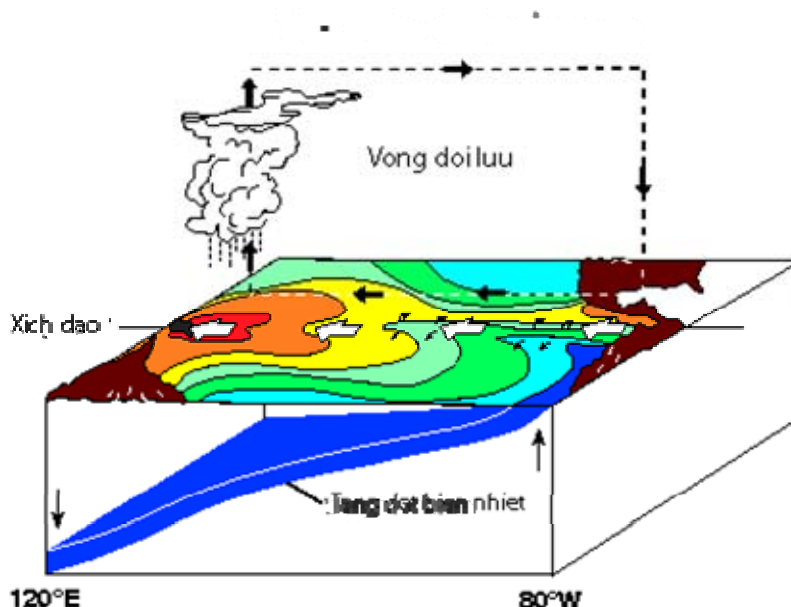


Hình 1.18. Khi có hiện tượng El Nino

(website: El Nino\ El Nino Theme Page images.htm)

Trong những năm có hiện tượng El Nino, áp xuất khí quyển cao ở phía tây Thái Bình dương làm cho gió mậu dịch vùng khơi yếu hơn. Kết quả là tầng biến nhiệt ở sâu hơn và khối nước bề mặt trở nên ấm hơn và hiện tượng nước trời bị suy giảm, làm mất đi lượng dinh dưỡng và năng xuất sơ cấp ở vùng ven biển Nam Mỹ. Sự thay đổi điều kiện tự nhiên đã tàn phá cả nghề cá lẫn nông nghiệp. Nghề cá địa phương bị suy giảm, hiện tượng lụt lội xảy ra ở vùng Nam Mỹ trong khi đó, hiện tượng hạn hán lại xảy ra ở phía tây Thái Bình dương.

La Nina (có nghĩa là “cô bé”) là hiện tượng ngược với El Nino, đặc trưng bởi nhiệt độ nước biển vùng xích đạo Thái Bình dương bị lạnh bất thường. Như vậy, những năm bình thường, nước biển Thái Bình dương vùng xích đạo lạnh ở phía đông, ấm ở phía tây. Những năm El Nino, nước biển ấm toàn bộ vùng xích đạo. Những năm La Nina, nước biển lạnh bất thường ở phía đông, lưỡi nước lạnh kéo dài sang phía tây. Hiện tượng El Nino và La Nina là các pha đối nhau của chu kỳ ENSO và La Nina là pha lạnh và El Nino là pha ấm của ENSO.



Hình 1.19. Khi có hiện tượng La Nina

(website: El Nino\ El Nino Theme Page images.htm)

Cứ từ 3-7 năm lại diễn ra El Nino điển hình và cứ khoảng 20 năm lại diễn ra El Nino với mức độ cực kỳ mạnh. Hiện nay chưa thể dự báo trước những năm El Nino thì những mô hình gần đây cho phép cảnh báo trước hiện tượng này vài tháng. Đã có nhiều tiến bộ trong việc hiểu biết hiện tượng này từ kết quả của El Nino năm 1982-1983. Mối liên kết giữa hải dương và khí quyển mà từ đó sinh ra El Nino đã gây ra một quan tâm lớn về sự nóng lên của trái đất và hiệu ứng nhà kính đã ảnh hưởng tới hệ thống hải dương - khí quyển, gây ra tác động thứ cấp thậm chí còn to lớn hơn so với riêng sự nóng lên và hiệu ứng nhà kính.

Ảnh hưởng của El Nino và La Nina tới các vùng vĩ độ cao thường thấy rõ vào mùa đông: ở lục địa Hoa Kỳ, trong thời kỳ El Nino, nhiệt độ mùa đông ở các bang phía bắc lại ấm hơn bình thường, trong khi các bang phía nam, tây nam lại lạnh hơn bình thường. Trong thời kỳ La Nina, nhiệt độ mùa đông tại các bang phía nam, tây nam lại ấm hơn bình thường và nhiệt độ tại các bang phía bắc lại lạnh hơn bình thường.

Bảng 1.6. Thống kê những năm có hiện tượng El Nino và La Nina

Những năm El Nino			
1902-1903	1905-1906	1911-1912	1914-1915
1918-1919	1923-1924	1925-1926	1930-1931
1932-1933	1939-1940	1941-1942	1951-1952
1953-1954	1957-1958	1965-1966	1969-1970
1972-1973	1976-1977	1982-1983	1986-1987
1991-1992	1994-1995	1997-1998	
Những năm La Nina			
1904-1905	1909-1910	1910-1911	1915-1916
1917-1918	1924-1925	1928-1929	1938-1939
1950-1951	1955-1956	1956-1957	1964-1965
1970-1971	1971-1972	1973-1974	1975-1976
1988-1989	1995-1996		

Nguồn: Trang Web CPC ENSO

1.4. Độ mặn và muối hòa tan

Độ mặn (SÊ) của nước biển và đại dương là yếu tố môi trường quan trọng, sai khác cơ bản với môi trường nước ngọt. Độ mặn của nước biển và đại dương khoảng 35Ê(35 gr. muối hòa tan trong 1 kg nước biển) trong khi nước ngọt chỉ dưới 0,1Ê. Khoảng 78% độ mặn của nước biển là Clorit Natri, ngoài ra là các thành phần muối khác như các muối dinh dưỡng (Ca, Mg, K, N, P, Si) ở dạng vô cơ và hữu cơ, hòa tan và không hòa tan, trong đó các hợp chất N, P, Si được gọi là các nguyên tố tạo sinh (biogen), các nguyên tố vi lượng (Fe, Ni, Cu, Mn, Pb, Cd...). Độ mặn của nước biển liên quan tới các thuộc tính của nước biển như tỷ trọng/mật độ, điểm đóng băng, độ dẫn điện và áp suất thẩm thấu. Độ mặn được đo dựa trên đo hàm lượng Clorit hoặc đo độ dẫn điện. Nước mặn chứa tới 60 nguyên tố hóa học trong thành phần.

Bảng 1.7. Thành phần chính của nước biển

Tỷ lệ	Ion	Tỷ lệ	Nguyên tử
55.3%	Chlorine	55.3%	Chlorine
30.8%	Natri	30.8%	Natri
7.7%	Sulfate	3.7%	Ma nhê
3.7%	Ma nhê	2.6%	Sulfur
1.2%	Can xi	1.2%	Can xi
1.1%	Ka li	1.1%	Ka li

Nguồn: Stewart R. H., 2005.

Giới hạn trên của nước mặn (biển và đại dương) được coi là 47‰ - độ mặn của Hồng Hải. Giới hạn dưới chưa có ý kiến thống nhất, có khi cho là 30‰, có khi lại là 16‰ - giới hạn còn tồn tại của sinh vật biển.

Tại vùng biển ven bờ, tầng mặn có độ mặn thường giao động theo mùa do ảnh hưởng của dòng nước ngọt từ lục địa. Vùng khơi đại dương và vùng biển sâu có độ mặn cao, tương đối ổn định.

Độ mặn là nhân tố môi trường có quan hệ mật thiết với hoạt động điều hòa thẩm thấu ở sinh vật biển, quyết định sự tồn tại, đặc tính phân bố, hoạt động sinh sản, sinh trưởng và phát triển của chúng, vì vậy luôn được coi trọng trong nghiên cứu sinh học, sinh thái - môi trường biển. Độ mặn và nhiệt độ nước biển thường được coi là một cặp nhân tố hàng đầu (thermohaline) kết hợp với nhau như nhân tố quyết định đặc trưng môi trường của một vùng biển.

1.5. Áp lực nước

Do có lượng muối hòa tan cao, nên trọng lượng riêng của nước biển cao, tới $1,347\text{g/cm}^3$. Ở biển và đại dương, cứ xuống sâu 10,3m ở nhiệt độ nước 4°C , áp lực nước lại tăng lên 1 atm (ở nước ngọt là 9,986m). Do có độ sâu lớn, nên ở các lớp nước sâu tới 10km, áp lực nước ở đây có thể lên tới hàng nghìn atm. Như ta biết, 4/5 diện tích đáy đại dương có độ sâu trên 1.000m, chịu áp lực nước trên 100 atm.

Áp lực nước có tác động tới đời sống của sinh vật. Mỗi loại sinh vật biển có khả năng thích ứng với điều kiện áp lực nước khác nhau. Sinh vật vùng triều như ốc nón *Patella*, chỉ sống ở vùng nước nông ven bờ, có áp lực nước thấp. Ngược lại, *Pogonophora*, một số loài mực, bạch tuộc, cá lại chỉ sống ở vùng nước sâu 5.000-6.000m, có áp lực nước lớn. Đa số sinh vật biển có khả năng chịu áp lực nước trong khoảng 100-200atm. Quá giới hạn này, có thể làm thay đổi cấu tạo cơ thể, chuyển sang trạng thái bất động và gây chết.

1.6. Ánh sáng và độ trong

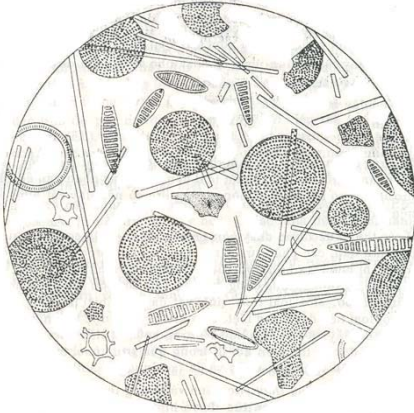
Trong môi trường biển và đại dương, các tia sáng đi vào nước không đều, phụ thuộc vào độ dài sóng và độ trong của nước. Độ xuyên sâu nhất của các tia sáng đi vào nước khoảng 1.500-1.700m. Sâu dưới 1.700m có thể coi là vùng không có ánh sáng mặt trời (aphotic). Đây là vùng không còn hoạt động quang hợp của thực vật biển. Sự phân bố các vùng sáng của biển tương đối rõ rệt. Vùng sáng là từ độ sâu 0-200m, trên vùng thềm lục địa, còn đủ các tia sáng đi vào, là vùng có thực vật biển phát triển mạnh. Vùng kém sáng - từ 200-1.700m là vùng chỉ còn các tia ngắn và cực ngắn. Vùng tối ở độ sâu dưới 1.700m. Vùng nước giữa đại dương, đặc biệt là tầng giữa có độ trong cao nhất, có thể tới hàng trăm mét. Vùng nước ven bờ có mật độ thực vật nổi cao, có độ trong giảm thấp. Sắc tố chlorophin trong thực vật làm biến đổi màu nước tầng mặt đại dương có thể đo được từ vệ tinh là căn cứ để đánh giá mật độ thực vật nổi trong nước biển.

2. Nền đáy đại dương

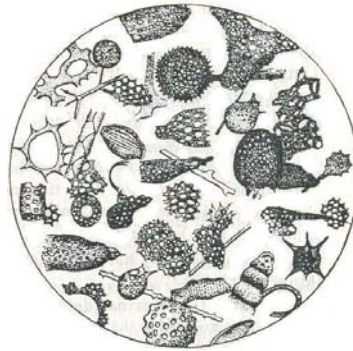
Nền đáy biển và đại dương thường có địa hình rất phức tạp, bị chia cắt, có khi hình thành những dãy núi ngầm, hoặc những dạng địa hình cao thấp, xen kẽ đột ngột. Trên mặt nền đáy có phủ lớp trầm tích được hình thành trong lịch sử phát triển địa chất, có nhiều nguồn gốc khác nhau. Lớp trầm tích có khi rất dày, ở Địa Trung Hải tới 3km, ở Thái Bình dương tới 8km.

Trầm tích đại dương có thể phân thành hai loại: 1/ Trầm tích gốc lục địa (lục nguyên) là vật chất được đưa xuống từ lục địa với các sản phẩm phân huỷ của chúng. 2/ Trầm tích đại dương, được hình

thành chủ yếu từ xác sinh vật sống trong đại dương phân huỷ thành. Trầm tích lục nguyên bao phủ trên 90 triệu km^2 nền đáy đại dương (1/4 diện tích đáy). Khoảng gần nửa (34 triệu km^2) là ở vùng đáy gần bờ. Trầm tích đại dương bao phủ 3/4 diện tích nền đáy đại dương. Dựa trên thành phần chủ yếu của trầm tích này, dưới dạng bùn đáy có thể phân thành các loại khác nhau



Hình 1.20. Bùn tảo khuê ở vùng cận cực



Hình 1.22. Bùn trùng phóng xạ ở Ấn Độ dương



Hình 1.21. Bùn trùng lỗ (Globigerina) ở Ấn Độ dương

1. Bùn Globigerina: do xác trùng lỗ Globigerina sống trôi nổi trên mặt đại dương lắng xuống tạo thành. Bùn này tới 54% vỏ can xi của trùng lỗ Globigerina. Bao phủ tới 50% diện tích đáy Đại Tây dương và Ấn Độ dương, khoảng 130 triệu km² ở độ sâu 6.000-7.000m, ước lượng tới 10¹⁶ tấn. Cứ hàng 1.000 năm, lớp bùn này lại dày lên 1cm, mỗi năm có tới 1,5 tỷ tấn lắng đọng loại này được tạo thành, nhiều gấp 8 lần số lượng đá vôi tiêu thụ hàng năm trên thế giới (0,2 tỷ tấn).
2. Bùn thân mềm chân cánh (Pteropoda): do phần đá vôi của xác thân mềm Pteropoda sống trong tầng nước đại dương lắng xuống tạo thành. Bùn này có tới 79% đá vôi. Số lượng ít hơn so với loại bùn trên, chiếm khoảng 1,3km² ở phía nam Đại Tây dương.
3. Bùn tảo silíc: tảo silíc và trùng phóng xạ (Radiolaria) do vỏ xác tảo khuê và trùng phóng xạ tạo thành. Trong thành phần bùn này, có tới 41% vỏ tảo khuê, 22% vỏ đá vôi của các sinh vật khác. Bùn này được hình thành từng dải lớn ở Nam băng dương và Bắc Đại tây dương.
4. Bùn đất sét đỏ: có nguồn gốc từ bùn Globigerina, ở độ sâu 5.000m. Bùn này phủ kín vùng khơi Thái Bình dương, khoảng 102 triệu km².

Trong thành phần nền đáy đại dương, thời gian gần đây, người ta còn chú trọng tới các loại quặng kim loại như Fe, Mn có dạng các viên nhỏ rải rác ở nền đáy.

3. Đặc trưng môi trường sống vùng biển Việt Nam

Vùng biển Việt Nam nằm ở phía tây Biển Đông, mang tính chất một vùng biển rìa, trải dài trên 15 vĩ độ trong vùng nhiệt đới, gió mùa Đông Nam Á, có những đặc trưng về điều kiện tự nhiên và môi trường sống, liên quan chặt chẽ tới đời sống sinh vật biển trong vùng biển này.

Tính chất biển nông, thềm lục địa trải rộng ở khu vực Vịnh Bắc Bộ phía bắc và biển Đông Nam Bộ và Vịnh Thái Lan, độ sâu chỉ 40-100m, mang tính chất địa hình bằng phẳng, đáy mềm là môi trường sống thuận lợi cho sự phát triển sinh vật đáy bản địa cũng

như khai thác hải sản. Bên cạnh đó, địa hình núi đáy sâu, ở vùng biển miền Trung tiếp giáp với vùng khơi đại dương lại tạo nên nét tương phản về địa hình và môi trường sống thích hợp với quần xã sinh vật san hô, cũng như sự xâm nhập của sinh vật biển từ vùng khơi đại dương.

Chế độ gió mùa có một ảnh hưởng quan trọng tới nhịp điệu của đời sống trong thiên nhiên biển mang tính chất hai mùa vụ trong năm theo gió mùa Đông bắc và Tây nam, cả về chế độ khí tượng, thủy văn và nhịp điệu sinh học trong vùng biển này.

Vùng biển Việt Nam có cảnh quan đa dạng, sinh cảnh bờ biển rất thay đổi từ bắc xuống nam, với nhiều hệ sinh thái nhiệt đới tiêu biểu: rừng ngập mặn, các rạn san hô, các bãi cỏ biển, vùng ngập nước cửa sông (wetland), đầm phá ven biển. Bên cạnh đó, hệ thống hàng nghìn hòn đảo ven bờ và vùng khơi càng làm cho cảnh quan biển thêm đa dạng, phù hợp với tính chất đa dạng của thành phần loài sinh vật biển.

Đặc điểm khí hậu nhiệt đới về cơ bản, với điều kiện nhiệt độ trong năm thường ở mức cao trên 20°C và không bao giờ xuống tới độ âm, thích hợp với sự tồn tại của một khu hệ sinh vật biển nhiệt đới, với các hoạt động sống, nhịp điệu sinh sản, sinh trưởng, kiếm mồi tương đối điều hòa trong năm.

Cũng cần lưu ý tới một luận điểm về lịch sử phát triển địa chất của vùng biển Đông Nam Á trong đó có vùng biển Việt Nam (Sinitsun, 1962) cho rằng vùng biển này còn rất trẻ, chỉ mới ngập nước hình thành từ đợt biển tiến sau cùng vào cuối kỳ Pleistoxen. Tính chất trẻ của vùng biển này có thể liên quan tới tình hình còn rất ít thấy các dạng đặc hữu trong sinh vật biển Việt Nam.

Một đặc điểm khác của môi trường sống biển Việt Nam là sự sai khác về điều kiện tự nhiên giữa hai vùng biển phía bắc và phía nam. Vùng biển phía bắc - Vịnh Bắc Bộ - chịu ảnh hưởng mạnh của gió mùa đông bắc hàng năm, làm nhiệt độ nước giảm thấp về mùa đông có khi tới 10°C ở ven bờ. Trong khi đó, vùng biển phía nam lại ít chịu ảnh hưởng của không khí lạnh mùa đông, vì vậy nhiệt độ nước trong năm thường giữ ở mức trên 20°C . Sự sai khác về chế độ nhiệt độ cùng với những sai khác về điều kiện khí tượng, thủy văn khác, đã tạo nên sự sai khác về thành phần loài sinh vật biển giữa hai

vùng: vùng biển phía bắc có nhiều loài sinh vật biển cận nhiệt đới từ phía bắc di nhập tới, còn ở phía nam hầu như không có mà chủ yếu là thành phần loài sinh vật biển nhiệt đới với những hoạt động sống của sinh vật biển nhiệt đới tiêu biểu.

3.1. Điều kiện địa hình

3.1.1. Bờ biển

Đường bờ biển dài khoảng 3.260km, có địa hình phức tạp thay đổi từ bắc xuống nam. Có thể chia thành các đoạn bờ biển khác nhau về địa hình và cảnh quan.

1. Đoạn Móng Cái - Đồ Sơn: bờ biển kiểu vịnh, đảo, nền đáy đá phức tạp, sâu, nhiều rạn san hô ven bờ, ven đảo. Nhiều cửa sông hình phễu, bãi triều, rừng ngập mặn.
2. Đoạn Đồ Sơn - Lạch Trường: kiểu bờ tam giác châu, phẳng, nhiều cửa sông châu thổ, bãi triều rộng, rừng ngập mặn, nền đáy bùn cát, nông, bồi lắng mạnh, các cồn cát cửa sông biến động thường xuyên.
3. Đoạn Lạch Trường - Hải Vân: bờ biển cát, thoải, tạo nên các đầm phá lớn, nhiều đụn cát, phía ngoài là các đảo đá nhỏ rải rác, các núi đá nhô ra biển.
4. Đoạn Hải Vân - Vũng Tàu: bờ biển phức tạp, các núi đá gốc nhô ra biển tạo nên nhiều vũng, vịnh sâu, với các đảo san hô ven bờ.
5. Đoạn Vũng Tàu - Hà Tiên: kiểu bờ châu thổ, có xu thế lấn ra biển, nhiều cửa sông hình phễu và châu thổ, hệ thống kênh rạch dày đặc, rừng ngập mặn rất phát triển, bãi triều rộng lớn.

3.1.2. Địa hình đáy biển

Đặc điểm chung của địa hình đáy biển Việt Nam và Biển Đông là rất đa dạng và phức tạp, vừa mang di tích hình thái cấu trúc lục địa, vừa mang đặc điểm hình thái cấu trúc đại dương. Sự đan xen giữa các khối lục địa cổ với bồn trũng sâu hình thành nên cấu trúc vô đại dương tạo nên mối tương phản của địa hình đáy biển. Thêm lục địa là phần kéo dài của lục địa Châu á với ranh giới ngoài đến độ sâu 150-300m. Sườn lục địa có độ sâu trung bình 2500-3000m, cực đại tới 4000m. Vùng biển thẳm có độ sâu trung bình 4000m, cực đại tới

5500m. Sự có mặt của hệ thống núi ngầm có chiều cao từ 200-3800m trên nền đồng bằng biển thẳm với các chòm đá san hô rất đặc trưng cho điều kiện địa hình biển rìa (Chuyên khảo Biển Đông, Tập IV, 2003).

Trầm tích đáy Biển Đông có thể chia thành bốn kiểu có nguồn gốc khác nhau.

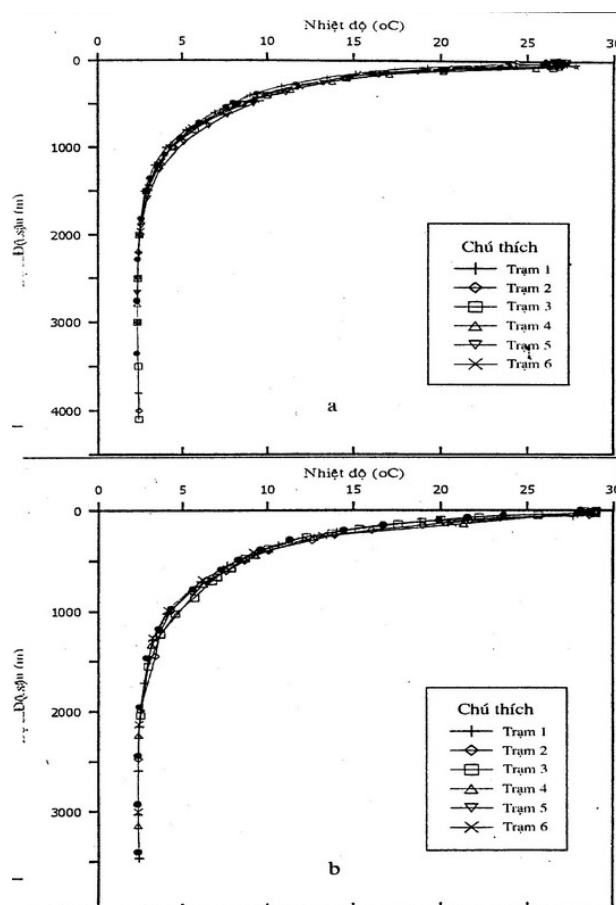
1. Kiểu trầm tích lục nguyên: được hình thành bởi nguồn vật liệu cung cấp từ lục địa hoặc từ các đảo thuộc hai quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa. Bao gồm 4 kiểu đặc trưng: bùn nguyên hiện đại của vùng biển gần bờ; cát lục nguyên hiện đại của vùng biển nông; bùn - cát lục nguyên và kiểu cát - sạn - sỏi lục nguyên cổ của đới triều gian cổ.
2. Kiểu trầm tích sinh vật: vật liệu có nguồn gốc sinh vật (san hô, tảo) bao gồm hai kiểu : trầm tích cát, sạn, san hô vùng biển nông và bùn vôi vùng biển trung bình và biển sâu.
3. Kiểu trầm tích lục nguyên - sinh vật: là loại trung gian của hai kiểu trầm tích trên. Độ sâu phân bố của kiểu trầm tích này từ 4.000-5.000m, đặc trưng cho kiểu trầm tích này là sét biển sâu màu đen, xám đen hoặc xám xanh.
4. Kiểu trầm tích hỗn hợp: chủ yếu là loại vật liệu núi lửa

Trầm tích đáy biển Việt Nam đa dạng, từ hạt thô (cuội, sỏi) tới hạt mịn (bùn sét). Sự phân bố trầm tích cũng không đồng đều, phụ thuộc vào phân hóa địa hình và vận chuyển các nguồn vật chất trong biển. Trầm tích dạng tảng, cuội, sỏi chủ yếu phân bố ở ven bờ và ven các đảo phía bắc. Trầm tích cát, cát bột phân bố thành các vùng lớn trong vịnh Bắc Bộ, vịnh Thái Lan và thềm lục địa phía nam. Bùn sét chỉ gặp các điểm nhỏ ở vùng sâu của vịnh Bắc Bộ, vịnh Thái Lan và Nam Trung Bộ. Ngoài ra, còn có thể gặp trầm tích vỏ sinh vật lẫn trong cát và trầm tích núi lửa. Phân bố trầm tích đáy biển có liên quan chặt chẽ tới phân bố sinh vật đáy, đặc biệt là với san hô, thực vật ngập mặn, cỏ biển cũng như các sinh vật đáy nhỏ sống ở đáy cát và đáy bùn.

3.2. Chế độ nhiệt muối

Chế độ nhiệt - muối biển Việt Nam có quan hệ chặt chẽ với chế độ gió mùa, mặt khác với trao đổi nước với các vùng biển lân cận và với đại dương biên ngoài, trong đó, trao đổi nước phần tây bắc Thái Bình Dương giữ vai trò quyết định.

Các kết quả nghiên cứu về phân tầng nhiệt cho thấy trong biển Việt Nam, về cơ bản, cấu trúc nhiệt vùng khơi Biển Đông Việt Nam gồm có 5 tầng:



Hình 1.23. Phân bố thẳng đứng của nhiệt độ tại vùng khơi biển Đông
(a: mùa đông; b: mùa hè) (Lã Văn Bài trong Biển Đông, tập 1. Khái quát về Biển Đông, 2003)

- Tầng gần đồng nhất nhiệt độ bề mặt: có độ dày khoảng 30-50m trong mùa hè, 50-80m trong mùa đông. Giá trị tuyệt đối của nhiệt độ biến đổi theo không gian và thời gian trong khoảng 20-30°C. Khu vực ở phí, bắc và phía tây Biển Đông thấp hơn ở phía nam và phía đông.
- Tầng đột biến nhiệt độ: có gradient nhiệt độ theo chiều thẳng đứng 0,09-0,12°C/m trong mùa hè và 0,06-0,09°C/m trong mùa đông. Biên dưới của nó dao động ở độ sâu khoảng 150-250m.
- Tầng nhiệt độ giảm khá đều đặn: có gradient nhiệt độ khoảng 0,01°C/m. Biên dưới ở độ sâu khoảng 900-1.000m và hầu như không biến đổi theo mùa.
- Tầng nhiệt độ ít biến đổi từ 1.000 cho tới 3.000-3.500m với nhiệt độ khá đồng nhất theo phương ngang và có nhiệt độ cực tiểu khoảng 2,34-2,38°C.
- Tầng nghịch nhiệt: có hiện tượng nghịch nhiệt ở những nơi có độ sâu lớn hơn 3.500m và nhiệt độ có thể tăng tới 2,61°C ở độ sâu 5.000m.

Về biến động của trường nhiệt muối trong năm, có thể phân biệt hai chế độ nhiệt muối cơ bản.

- Chế độ nhiệt muối trong gió mùa Đông Bắc: lớp nước trên đồng nhất mặt biển trong mùa đông dưới tác động của gió mùa đông bắc đưa nước lạnh ($< 24^{\circ}\text{C}$) tràn xuống phía nam. Trong khi đó ở vùng biển phía nam vẫn là vùng nước mang tính nhiệt đới xích đạo, nhiệt độ trung bình vẫn lớn hơn 27-28°C. Vùng phía bắc vĩ tuyến 16°N, độ muối cao 34-34,5‰, vùng phía nam, độ muối thấp hơn 33,5‰.
- Chế độ nhiệt muối trong gió mùa Tây Nam: trong gió mùa Tây Nam, toàn bộ lớp nước mặt vùng khơi nằm trong nền nhiệt độ cao, trung bình 29°C. Riêng khu vực Nam Trung Bộ do hoạt động nước trời từ tháng 5-9 nên nhiệt độ nước thường thấp hơn 1-3°C. Độ muối khu vực phía bắc cao từ 33-34‰. Riêng khu vực ven bờ phía tây, độ muối thấp 32‰ do ảnh hưởng của các dòng nước nhạt lục địa (Chuyên khảo Biển Đông, tập IV-2003).

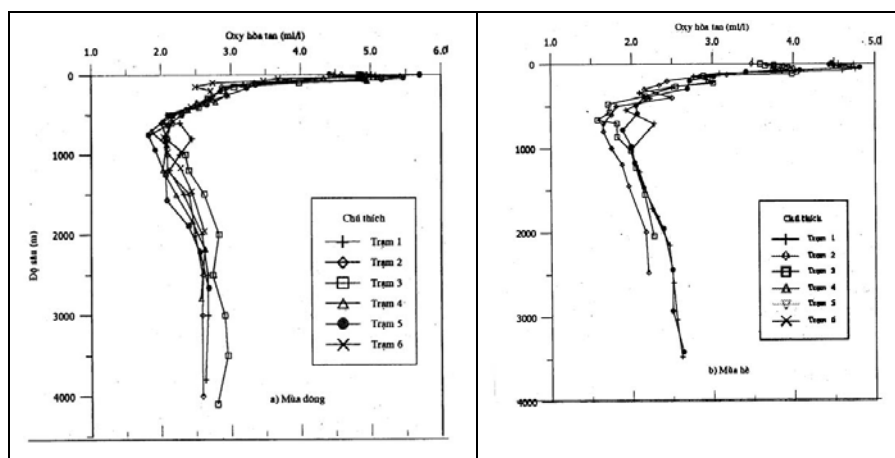
Về cấu trúc các khối nước, ở biển Việt Nam, có thể xác định bốn khối nước cơ bản. Trong mùa đông, khối nước mặt ở độ sâu 0-70m

là lớp nước đồng nhất về nhiệt độ $24-25^{\circ}\text{C}$, độ muối 34.2‰ do quá trình xáo trộn mạnh của gió mùa đông bắc. Khối nước cận mặt ở bên dưới ở độ sâu tới 150m , nhiệt độ thấp 17°C , độ muối giảm tới 34.8‰ . Tiếp theo là khối nước trung gian, có độ muối giảm tới 34.5‰ , nhiệt độ thấp 9°C ở độ sâu tới 450m . Dưới cùng là khối nước sâu, khá ổn định ở độ sâu trên 800m , với nhiệt độ rất thấp tới 3°C và độ muối 34.7‰ . Trong mùa hè, nhìn chung nhiệt độ nước ở các khối nước có xu hướng tăng cao trong khoảng $2-8^{\circ}\text{C}$, trong khi độ muối lại hơi giảm thấp trong khoảng $0.1-0.2\text{‰}$.

3.3. Chế độ ô xy hòa tan

Các kết quả nghiên cứu cho thấy ở vùng khơi Biển Đông, sự phân tầng ô xy hòa tan khá rõ ràng. Từ tầng mặt xuống đáy có thể phân biệt năm tầng phân bố:

- Tầng đồng nhất bề mặt: Gradient O_2 theo phương thẳng đứng có giá trị rất biến động nhưng nhỏ hơn $0,1\text{ml/l}$. Lớp này có độ dày khoảng $50-60\text{m}$ và hàm lượng ô xy hòa tan $4,0-6,0\text{ml/l}$.



Hình 1.24. Phân bố thẳng đứng của ô xy hòa tan tại vùng khơi biển Đông

(a: mùa đông; b: mùa hè); (trong Biển Đông, tập II: Khí tượng, thủy văn động lực biển, 2003)

- Tầng đột biến ô xy: Gradient O_2 theo chiều thẳng đứng lớn hơn 0,01ml/l, nó có giới hạn ở độ sâu từ 60-200m, hàm lượng ô xy hòa tan dao động 2,5-4,5ml/l.
- Tầng trung gian: là tầng chuyển tiếp giữa tầng đột biến và tầng ô xy cực tiểu. Ô xy hòa tan trong tầng này giảm không đáng kể theo độ sâu với gradient O_2 nhỏ hơn 0,01ml/l. Biên dưới của nó thường ở độ sâu 400-600m. Hàm lượng ô xy hòa tan dao động 2,0-2,8ml/l.
- Tầng ô xy cực tiểu: là tầng có hàm lượng ô xy hòa tan nhỏ nhất trong toàn bộ cột nước biển. “Nhân” của tầng này thường nằm ở độ sâu 600-800m. Hàm lượng ô xy hòa tan khoảng 1,4-1,8ml/l.
- Tầng sâu: ở bên dưới tầng ô xy cực tiểu cho tới đáy biển. Hàm lượng ô xy hòa tan lại tăng chậm theo độ sâu và dao động 2,0-2,8ml/l.

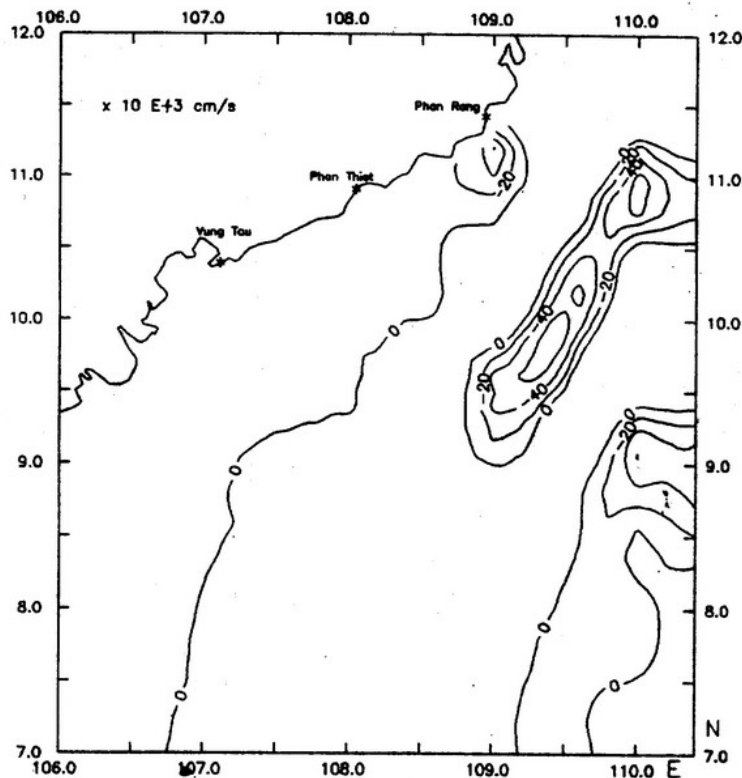
3.4. Hiện tượng nước trôi

Hiện tượng nước trôi là hệ quả của sự chuyển động của khối nước biển lạnh từ vùng sâu tới vùng mặt, mang theo các chất dinh dưỡng lắng đọng ở tầng sâu lên tầng mặt để tham gia vào chu trình vật chất, tạo sinh khối cho vùng biển có nước trôi. Đây thường là các vùng biển có năng suất sinh học cao. Nước trôi hoặc dòng chảy ở sâu được hình thành ở từng vùng biển ven bờ, do tác động của gió, đặc điểm địa hình đáy, đường bờ, tạo nên dòng chảy lạnh chìm sâu đi vào sườn dốc lục địa, tới thềm lục địa và rồi từ tầng đáy trôi lên tầng mặt.

Kết quả nghiên cứu biển ở Việt Nam cho thấy thềm lục địa phía đông nam Việt Nam là vùng nước trôi. Lê Phước Trình (2003) đã xác định có ba khu vực nước trôi ở đây (hình 1.25):

- Dải nước trôi ven bờ: có tâm trôi mạnh nhất ở khu vực từ vịnh Phan Rang (Ninh Thuận) đến vịnh Phan Rí (Bình Thuận), giá trị tốc độ $w_{max} = 40 \cdot 10^{-3} \text{cm/s}$. Từ đây, dải nước trôi ven bờ kéo dài về phía nam với xu thế ngày càng yếu đi và không gian ngày càng rộng ra, giới hạn ngoài khu vực nước trôi lần theo gần đúng vết đường đẳng sâu 50m.

- Dải nước trôi đông đảo Phú Quý: dải này hẹp khoảng 50km, kéo dài suốt suốt 300km theo hướng bắc - đông bắc đến nam - tây nam, diện tích vào khoảng 15.000km². Cường độ trôi ở đây mạnh nhất so với toàn vùng, w_{max} trên 60×10^{-3} cm/s kéo dài hàng chục kilomet.
- Dải nước trôi bắc bãi Tư Chính: ở vào khoảng $9^{\circ}00''$ N, $110^{\circ}00''$ E hình thành một tâm nước trôi mạnh trên 40×10^{-3} cm/s. Tâm này kéo dài xuống phía nam bao trùm lên cả bãi ngầm Tư Chính trên sườn lục địa đông nam, nhưng càng xuống phí nam càng yếu đi, tốc độ $< 10 \times 10^{-3}$ cm/s. Dải nước trôi này nằm ở vùng khơi có độ sâu trên 200m.



Hình 1.25. Các khu vực nước trôi ở ven biển Đông Nam Bộ Việt Nam

(Trong Chương trình KHCN 06: Biển Đông, tập II: Khí tượng, thủy văn động lực biển, 2003)

3.5. Chế độ thủy triều

Nghiên cứu về chế độ thủy triều ở biển Đông Việt Nam, Đỗ Ngọc Quỳnh (2003) cho thấy sự hình thành chuyển động thủy triều ở đây được thực hiện bởi hai con đường: một là sóng triều được hình thành trong Thái Bình dương rộng lớn và truyền vào biển Đông qua các cửa như eo biển Đài Loan, eo Basi, eo Kalimantan, eo Malaca... hai là sóng triều được hình thành ngay tại biển Đông dưới tác dụng trực tiếp của lực gây triều. Các tác giả đã cho thấy con đường thứ nhất là cơ bản hình thành triều chuyển động ở biển Đông, con đường thứ hai là thứ yếu không đáng kể.

Với chiều dài bờ biển trên 3.260km, thủy triều ở biển Việt Nam rất đa dạng, có đủ 4 kiểu triều chính trên thế giới: nhật triều đều, nhật triều không đều, bán nhật triều đều và bán nhật triều không đều, trong đó, tính chất nhật triều chiếm ưu thế. Biên độ triều cũng rất khác nhau, biến đổi từ bắc vào nam. Vùng triều ven bờ từ Quảng Ninh đến Hà Tĩnh - bắc Quảng Bình thể hiện tính ưu thế của chế độ nhật triều. Trong đó, khu vực Hồng Gai - Hòn Dấu có chế độ nhật triều thuần khiết nhất, độ cao thủy triều kỳ nước cường có thể đạt tới 3,6m, đặc biệt cực đại theo chu kỳ 19 năm có thể đạt tới 4,35m. Vùng ven bờ từ nam Quảng Bình tới bắc Quảng Nam (Thuận An, Đà Nẵng) chuyển sang khu vực có chế độ bán nhật triều với biên độ nhỏ nhất. Cửa Thuận An là khu vực có chế độ bán nhật triều thuần khiết nhất, độ cao mực nước chỉ nhỏ hơn 0.5m, hầu như không có khác biệt giữa kỳ nước cường và kỳ nước kém trong chu kỳ nửa tháng. Vùng ven bờ từ nam Quảng Nam đến Nha Trang, Ninh Thuận lại là chế độ nhật triều không đều, triều cao nhất chỉ đạt 1,2-1,6m. Tiếp theo, vùng ven biển từ Bình Thuận tới mũi Cà Mau, lại lặp lại chế độ bán nhật triều không đều, biên độ triều trong thời kỳ nước cường khoảng 2,0-2,5m. Từ Cà Mau tới Hà Tiên lại chuyển sang chế độ nhật triều không đều, độ cao mực nước trong thời kỳ nước cường dao động xung quanh 1,0m.

Những dẫn liệu trên cho ta thấy một hình ảnh đặc sắc của chế độ thủy triều dọc ven bờ Việt Nam, sự lặp đi, lặp lại xen kẽ giữa nhật triều đều (Hòn Dấu) và không đều (Quy Nhơn, Hà Tiên), giữa bán nhật triều đều (Thuận An) và không đều (Vũng Tàu). Độ cao của

mực nước triều nhìn chung không lớn (không quá 4,5m), có hai đỉnh cực đại ở Hòn Dấu và Vũng Tàu và cực tiểu tại Thuận An và Rạch Giá (Chuyên khảo Biển Đông, tập IV, 2003).

3.6. Cấu trúc hoàn lưu Biển Đông

Hoàn lưu Biển Đông có quan hệ chặt chẽ với chế độ gió mùa của vùng biển này cũng như đặc điểm đặc địa hình đáy thêm lục địa Việt Nam. Trong mùa gió Đông Bắc từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau, một khối nước lạnh và mặn (24°C và 34 ‰) từ tây bắc Thái Bình Dương xâm nhập vào Biển Đông qua eo biển Đài Loan và Luzon, hình thành dòng chảy tầng mặt Đông bắc - Tây nam lan truyền tới vùng ven bờ miền trung Việt Nam. Khối nước này còn được tăng cường bởi dòng nước từ vịnh Bắc Bộ chảy xuống phía nam. Ở khu vực trung tâm của biển, hình thành các xoáy thuận quy mô lớn đồng thời ở vùng phía bắc và phía nam và những dòng xoáy nghịch quy mô nhỏ ở khu vực cực nam gần Borneo. Dòng nước chính theo hướng Đông bắc - Tây nam này chảy dọc ven bờ Việt Nam đến ven bờ Đông Nam Bộ thì chia thành hai nhánh đi vào Vịnh Thái Lan và đi xuống tới biển Java, một phần chảy ngược lên phía bắc ở ngoài khơi Philippin hội nhập vào xoáy thuận trung tâm Biển Đông.

Trong mùa gió tây nam từ tháng 6 đến tháng 8, xuất hiện những dòng nước mạnh từ biển Java xâm nhập vào Biển Đông, hình thành dòng nước chảy dọc theo bờ biển Việt Nam theo hướng Tây nam - Đông bắc, nơi thoát ra qua eo Đài Loan và eo Basi. Trong thời kỳ này, hình thành một xoáy nghịch quy mô lớn ở nam Biển Đông.

Về hoàn lưu nước trong vịnh Bắc Bộ, các kết quả nghiên cứu cho thấy trong Vịnh tồn tại quanh năm một xoáy thuận. Trong mùa gió đông bắc, dòng nước lạnh từ trong Vịnh chảy men theo bờ tây xuống phía nam và được tăng cường khi gặp dòng chảy chính Đông bắc - Tây nam của Biển Đông ở khu vực vĩ độ $17-15^{\circ}\text{N}$ và còn có thể đi xa hơn tới biển Nam Trung Bộ và Đông Nam Bộ. Trong mùa gió tây nam, khối nước trong vịnh Bắc Bộ ấm và nhạt hơn, không có khả năng đi xuống phía nam do gặp dòng chảy đối lập Tây nam - Đông bắc từ phía nam lên.

Ở Vịnh Thái Lan, hoàn lưu nước biển đổi theo mùa, mùa gió Đông Bắc hình thành xoáy thuận còn mùa gió Tây Nam hình thành xoáy nghịch, chi phối dòng chảy ở trong Vịnh theo mùa.

Hoàn lưu nước Biển Đông như đã nói trên tạo nên hiện tượng nước trôi ở vịnh Bắc Bộ và biển Nam Trung Bộ, có ý nghĩa quan trọng về môi trường sống ở vùng biển này.

I. ĐẶC TÍNH MÔI TRƯỜNG NƯỚC	17
1. Chu trình nước và nguồn nước trong thiên nhiên	17
1.1. Chu trình nước	17
1.2. Sự phân bố nước trên trái đất	19
1.3. Nguồn nước	20
2. Đặc tính thủy lý - hóa học của môi trường nước.....	22
2.1. Ánh sáng	22
2.1.1. Đo đặc ánh sáng	23
2.1.2. Ánh sáng dưới nước	24
2.1.3. Màu nước	26
2.2. Chế độ nhiệt	28
2.2.1. Nguồn nhiệt.....	28
2.2.2. Tầm quan trọng của nhiệt.....	31
2.2.2. Đo đặc nhiệt	32
2.3. Âm thanh trong môi trường nước	32
2.4. Muối hòa tan	34
2.5. Chế độ khí	35
2.5.1. Nguồn gốc các chất khí	35
2.5.2. Hàm lượng các khí	36
2.6. Độ pH và ô xy hóa khử	37
3. Nền đáy thủy vực	39
1. Các loại hình thủy vực nội địa	39
1.1. Thủy vực nước chảy.....	40
1.2. Thủy vực nước đứng	44
1.3. Thủy vực nội địa ven bờ	54
2. Đặc điểm môi trường nước ngọt nội địa	57
2.1. Độ trong	57
2.2. Chế độ nhiệt	58
2.2.1. Biến động nhiệt độ nước	58
2.2.2. Sự phân tầng nhiệt độ và việc phân loại hồ.....	59
2.3. Chế độ khí của các thủy vực nước đứng	64
2.3.1. Sự phân tầng khí ô xy hòa tan	64
2.3.2. Khí các bô níc (CO_2)	66
2.3.3. Các khí mê tan (CH_4) và dihydro sulphua (H_2S).....	66
2.4. Các muối hòa tan trong nước	67
2.4.1. Muối dinh dưỡng.....	67
2.4.2. Nước mềm và nước cứng	68
2.5. Các chất lơ lửng	68
2.6. Thời gian thay mới nước của hồ	68
3. Nền đáy	70
III. ĐẶC ĐIỂM MÔI TRƯỜNG SỐNG Ở BIỂN VÀ ĐẠI DƯƠNG	71

1. Điều kiện môi trường sống trong tầng nước	73
1.1. Chuyển động của khối nước biển.....	74
1.1.1. Thủy triều.....	74
1.1.2. Hệ dòng chảy đại dương	75
1.1.3. Hiện tượng nước trời (upwelling)	77
1.2. Chế độ nhiệt	78
1.3. Hiện tượng El Nino và La Nina	79
1.4. Độ mặn và muối hòa tan	83
1.5. Áp lực nước.....	84
1.6. Ánh sáng và độ trong	85
2. Nền đáy đại dương.....	85
3. Đặc trưng môi trường sống vùng biển Việt Nam.....	87
3.1. Điều kiện địa hình	89
3.1.1. Bờ biển.....	89
3.1.2. Địa hình đáy biển	89
3.2. Chế độ nhiệt muối.....	91
3.3. Chế độ ô xy hòa tan.....	93
3.4. Hiện tượng nước trời	94
3.5. Chế độ thủy triều.....	96
3.6. Cấu trúc hoàn lưu Biển Đông.....	97

Chương II

ĐỜI SỐNG CỦA THỦY SINH VẬT TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC

Đặc điểm cơ bản nhất của đời sống thủy sinh vật là chúng sống trong môi trường nước. Các quá trình sống của thủy sinh vật, nhìn một cách tổng quát, đều diễn ra trong mối quan hệ qua lại giữa cơ thể thủy sinh vật và môi trường nước nói chung, rất khác với môi trường ở cạn về các đặc điểm lý, hóa, cơ học và sinh học. Các nhân tố sinh thái: nhiệt độ, ánh sáng, gió v.v.. đều tác động tới đời sống thủy sinh vật thông qua môi trường nước, sau khi đã biến đổi một cách có quy luật trong môi trường nước. Mặt khác, môi trường nước trong thiên nhiên không phải là đồng nhất mà biến đổi theo từng địa phương theo từng thủy vực cụ thể. Vì vậy, đời sống của thủy sinh vật một mặt tuân theo những qui luật chung, một mặt lại có những đặc điểm riêng trong điều kiện cụ thể của từng thủy vực, từng vùng của thủy vực.

Thủy sinh vật trong thủy vực bao gồm nhiều loại: động vật, thực vật, vi khuẩn, nấm. Trong từng nhóm cũng lại gồm nhiều bậc tiến hóa từ thấp tới cao. Do đó, đời sống của từng nhóm thủy sinh vật tùy theo bậc tiến hóa của chúng trong thế giới sinh vật cũng lại có những sai khác chi tiết, không phải hoàn toàn đồng nhất.

Các nhân tố sinh thái tác động tới các hoạt động sống của thủy sinh vật rất nhiều bao gồm các nhân tố vô sinh: nhiệt độ, ánh sáng, nồng độ muối, pH, v.v.. và các nhân tố hữu sinh (các thủy sinh vật khác và các sinh vật ngoài thủy vực). Mỗi nhân tố này ít hay nhiều, gián tiếp hay trực tiếp đều đồng thời có ảnh hưởng nhất định tới từng quá trình sống của thủy sinh vật trong thủy vực. Nói một cách khác, đời sống của thủy sinh vật ở mức độ cá thể, quần thể cũng như quần loại trong thủy vực đều nằm trong mối quan hệ phức tạp với cả một phức hệ nhân tố, ảnh hưởng nhiều mặt hỗ trợ hoặc hạn chế lẫn nhau, chứ không phải chỉ chịu tác động của từng nhân tố riêng lẻ. Ví dụ: hoạt động quang hợp của thực vật ở nước có thể được tăng cường vì độ chiếu sáng mạnh, nhưng đồng thời lại có thể

bị kìm hãm nếu như trong thời gian đó lượng CO_2 bị giảm sút. Cường độ ăn của thủy sinh vật dị dưỡng có thể mạnh do số lượng thức ăn lớn, nhưng đồng thời có thể lại bị hạn chế do điều kiện ô xy không thích hợp.

Vì vậy, nghiên cứu đời sống của thủy sinh vật một cách đúng đắn là phải nghiên cứu trong tác động tương quan đồng thời của cả phức hệ nhân tố sinh thái, trong thủy vực đối với hoạt động sống đó và ảnh hưởng của hoạt động sống đó đối với môi trường bên ngoài. Tuy nhiên cũng phải thấy rằng các nhân tố sinh thái của môi trường, trong tác động đồng thời và nhiều mặt lên hoạt động sống của thủy sinh vật, cũng không phải đều có một hiệu quả tác dụng như nhau, mà có những nhân tố có tác dụng chủ yếu hoặc thứ yếu. Các nhân tố tác động chủ yếu hay thứ yếu là do mức độ tác động hoặc vai trò quan trọng trong từng quá trình sống cụ thể của thủy sinh vật quyết định. Ví dụ, đối với hoạt động sinh sản thì điều kiện nhiệt độ là chủ yếu, đối với hoạt động trao đổi nước muối thì nồng độ muối và thành phần ion lại là nhân tố chủ yếu. Do đó, trong việc nghiên cứu, đời sống thủy sinh vật trong môi trường nước, việc phân tích rõ nhân tố chủ yếu và thứ yếu để xác định nhân tố tác động chủ đạo trong từng hoạt động sống là rất quan trọng, giúp ta tìm hiểu đúng đắn nguyên nhân và hậu quả của hiện tượng sống. Đời sống cá thể của thủy sinh vật trong môi trường nước là rất đa dạng, nhưng có thể tập trung lại trong các vấn đề: di động, dinh dưỡng trao đổi nước muối, trao đổi khí, sinh sản sinh trưởng và phát triển. Trong tự nhiên mọi hoạt động sống của thủy sinh vật không phải diễn ra một cách đơn độc ở riêng một cá thể, mà trong thực tế, mỗi cá thể đều sống trong một quần thể nhất định của loài, trong mối quan hệ qua lại với các cá thể khác trong quần thể. Vì vậy, nghiên cứu đời sống cá thể một cách đúng đắn không thể tách rời khỏi đời sống quần thể, phải luôn luôn gắn liền với mối quan hệ hỗ trợ hoặc hạn chế của quần thể.

Thủy sinh vật sống trong thủy vực có cấu tạo và đời sống thích ứng với từng loại sinh cảnh khác nhau. Có thể phân chia thủy sinh vật thành ba nhóm sinh thái lớn, sống ở ba sinh cảnh lớn: sinh vật trong tầng nước (pelagos), sinh vật đáy (bentos), và sinh vật vùng triều. Trong tầng nước còn có thể phân biệt: sinh vật nổi (plankton), sinh vật màng nước (neiston), sinh vật trôi (pleiston), sinh vật tự bơi (neikton). Ngoài ra còn có thể có những sinh vật sống trên các vật

thể ở nước (cây cỏ, rác, đá .v.v.) gọi là sinh vật bám (periphyton). Tập hợp các sinh vật sống trong tầng nước và các chất vụn trong nước (detritus hay tripton) gọi chung là chất cái (seston).

I. HOẠT ĐỘNG DINH DƯỠNG

Do thành phần thủy sinh vật trong thủy vực rất đa dạng bao gồm nhiều nhóm sinh vật khác nhau nên lối dinh dưỡng của thủy sinh vật, bao gồm các quá trình lấy thức ăn từ ngoài cơ thể, tạo nên vật chất hữu cơ của cơ thể và năng lượng để sinh trưởng và phát triển, thải, tái các sản phẩm phân hủy ra ngoài thường rất khác nhau, tùy thuộc vào đặc tính sinh học của từng nhóm. Dinh dưỡng của thủy sinh vật giữ vai trò quan trọng trong quá trình chuyển hóa vật chất và năng lượng trong thủy vực. Qua hoạt động dinh dưỡng, thủy sinh vật tạo nên các sản phẩm sơ cấp và thứ cấp, các chất khí (O_2 , CO_2 , CH_4 , H_2S v.v...), các chất muối dinh dưỡng và các chất khác. Do đó, nghiên cứu dinh dưỡng ở thủy sinh vật cũng chính là nghiên cứu phần quan trọng về vai trò của thủy sinh vật trong chu trình vật chất trong thủy vực, nghiên cứu các khâu cơ bản của quá trình chuyển hóa vật chất và năng lượng trong thủy vực.

Xét về mặt cơ chế, có thể chia ra hai kiểu dinh dưỡng ở thủy sinh vật:

1. Dinh dưỡng tự dưỡng: thủy sinh vật sử dụng trực tiếp vật chất vô cơ để tạo nên vật chất hữu cơ của cơ thể dựa vào nguồn năng lượng ngoài cơ thể.
2. Dinh dưỡng dị dưỡng: thủy sinh vật sử dụng vật chất hữu cơ có sẵn (sinh vật ở dạng sống hay đang phân hủy) để tạo nên vật chất hữu cơ của cơ thể, sử dụng nguồn năng lượng cơ thể.

Thuộc vào nhóm thứ nhất có thực vật ở nước, các vi khuẩn hóa tổng hợp. Thuộc vào nhóm thứ hai có động vật ở nước, vi khuẩn dị dưỡng và các nấm hoại sinh.

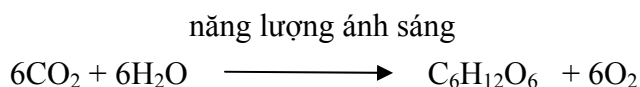
1. Dinh dưỡng tự dưỡng

Thủy sinh vật dinh dưỡng tự dưỡng giữ vai trò sinh vật sản sinh trong thủy vực, tạo nên khối lượng vật chất ban đầu (thức ăn thực

vật, muối dinh dưỡng) làm cơ sở cho sự phát triển của sinh vật dị dưỡng. Ngoài ra, trong quá trình dinh dưỡng chúng còn cung cấp ô xy cho thủy vực, hấp thụ các bô nic (CO_2), loại trừ các khí độc khác như dihydro sulfua (H_2S), mêtan (CH_4) trong quá trình ô xy hóa, làm cho điều kiện sống trong thủy vực tốt hơn. Thủy sinh vật tự dưỡng tiến hành hai lối dinh dưỡng khác nhau. Thực vật có diệp lục tiến hành tổng hợp chất hữu cơ trong quá trình quang hợp sử dụng năng lượng ánh sáng mặt trời. Các vi khuẩn tự dưỡng tạo thành chất hữu cơ sử dụng năng lượng của quá trình ô xy hóa các hợp chất vô cơ có trong thủy vực: NH_4 , H_2S , FeO v.v.. Thực vật bao gồm thực vật nổi (trong đó chủ yếu là các tảo đơn bào) và các thực vật lớn sản sinh ra phần lớn vật chất hữu cơ trong thủy vực. Các vi khuẩn bao gồm các loại vi khuẩn ô xy hóa như: vi khuẩn nitơ (nitrit và nitrat hóa), vi khuẩn lưu huỳnh, vi khuẩn sắt, chỉ tạo nên một phần nhỏ chất hữu cơ mà thôi.

1.1. Dinh dưỡng tự dưỡng nhờ quang hợp

Thực vật ở nước - thực vật nổi và thực vật thủy sinh bậc cao tiến hành quang hợp trong môi trường nước. Ta biết rằng quang hợp ở thực vật được thực hiện bằng hai quá trình: Chuyển hóa năng lượng ánh sáng thành hóa năng nhờ chất diệp lục và hấp thụ CO_2 , tạo thành chất hữu cơ nhờ năng lượng sẵn có. Quang hợp của thực vật được tóm tắt trong phản ứng hóa học như sau:



Do đó, có thể thấy là: quang hợp của thực vật ở nước phụ thuộc chủ yếu vào khả năng hấp thụ năng lượng ánh sáng của thực vật trong thủy vực và lượng CO_2 có trong nước. Năng lượng ánh sáng trong nước tùy thuộc vào đặc tính phân bố của ánh sáng trong nước và đặc điểm thích ứng của thủy vật ở nước về mặt hấp thụ tia sáng. Lượng CO_2 trong nước phụ thuộc vào quá trình khuếch tán của CO_2 từ không khí, điều kiện nhiệt độ và nồng độ muối, hoạt động hô hấp của thủy sinh vật và các quá trình sinh hóa học trong thủy vực.

Khả năng hấp thụ tia sáng của thực vật trong nước

Ta biết rằng độ xâm nhập của tia sáng vào nước không đồng đều, phụ thuộc vào độ trong của nước và vào độ dài sóng của các tia sáng. Phân bố của chùm tia sáng trong nước quyết định phân bố của năng lượng bức xạ trong nước. Ở hồ nước kém trong (độ trong 1-2m), xuống sâu 1m chỉ còn lại 5 - 10% tổng năng lượng bức xạ đi vào mặt nước, xuống sâu 2m chỉ còn vài phần mười. Ở hải dương, có độ trong lớn (30-40m), xuống sâu 140m vẫn còn 1% năng lượng của tia sáng có độ dài sóng 450mμ chiếu xuống bề mặt nước.

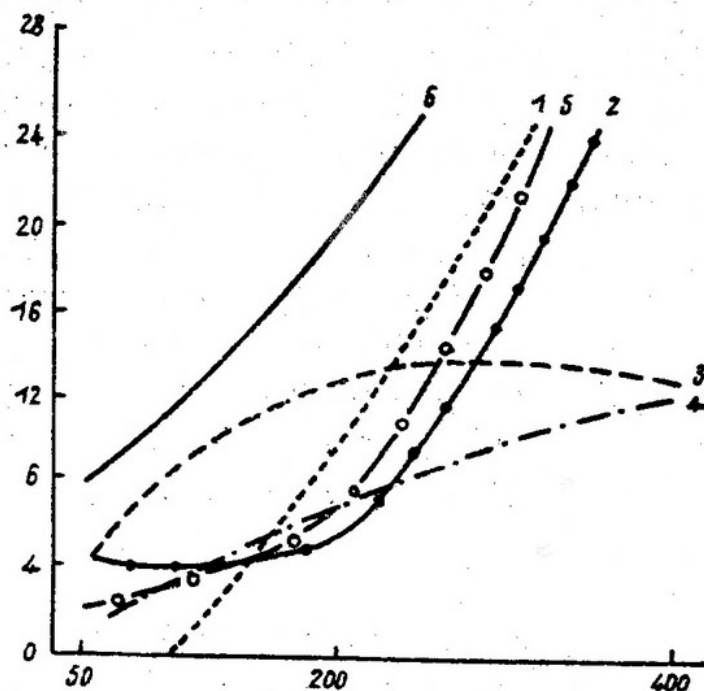
Năng lượng bức xạ tổng cộng ở hồ có độ trong thấp (1-2m) ở độ sâu hơn 2m chỉ có 0,003-0,01 Cal/cm²/min. Ở hải dương năng lượng này ở độ sâu 75-100m vẫn còn tới 0,1-0,5 Cal/cm²/min. Như vậy có thể thấy: năng lượng bức xạ mặt trời càng xuống sâu càng giảm đi và nước càng đục càng giảm nhanh. Từ đó có thể suy luận: hoạt động quang hợp của thực vật trong nước, nếu xét riêng về mặt sử dụng năng lượng, càng xuống sâu cũng càng giảm đi.

Cường độ bức xạ mặt trời tỏa xuống trái đất lớn nhất ở vùng tia lục và tia xanh, nhưng chất diệp lục hấp thụ ít nhất các tia này, mà hấp thụ mạnh nhất tia đỏ và tia tím. Tia xanh và tia lục được các loại sắc tố khác có trong thực vật hấp thụ, như phycophein có nhiều ở tảo nâu và phycoerythrin có nhiều ở tảo đỏ. Độ xâm nhập của các loại tia sáng này vào nước khác nhau: tia đỏ chỉ xuống rất nông, còn tia lục và tia xanh xuống sâu hơn. Do đó tạo nên tình hình phân tầng thực vật trong thủy vực, phù hợp với khả năng hấp thụ từng loại tia sáng của từng loại thực vật: tảo lục ở tầng mặt, tảo nâu ở tầng giữa và tảo đỏ ở tầng sâu hơn. Như vậy, quang hợp của thực vật trong nước không những phụ thuộc vào phân bố của tổng số lượng năng lượng bức xạ, mà còn cả vào thành phần của ánh sáng xâm nhập vào nước nữa.

Thích ứng của thực vật ở nước với điều kiện chiếu sáng còn thể hiện ở sự sắp xếp các hạt lục lạp trong tế bào, hình thành các dạng thực vật ưa sáng và ưa tối. Dạng ưa sáng, như tảo sống ở tầng nước mặt vùng xích đạo cần nhiều ánh sáng hơn cho quang hợp, dạng ưa tối như các loại tảo sống ở vùng cực cần ít ánh sáng hơn. Tảo lục cần nhiều ánh sáng hơn cả, tảo khuê cần ít hơn, ít hơn nữa là tảo lam.

Lượng CO₂ trong nước. Hàm lượng CO₂ trong nước tự nhiên rất thay đổi, nhưng trong điều kiện bình thường là khoảng 0,2-0,5ml/l.

Trong thủy vực giàu thực vật, lượng CO_2 mất đi trong một giờ ban ngày cho quang hợp phải tới 0,2-0,3ml/l. Do đó có thể thấy, để có đủ CO_2 trong quang hợp trong thủy vực, cần có nhiều nguồn cung cấp. Hàm lượng CO_2 trong nước tăng lên (CO_2 tự do và liên kết) quang hợp cũng sẽ tăng lên, đặc biệt trong trường hợp độ chiếu sáng cao (hình 2.1). Hàm lượng CO_2 tối thuận cho quang hợp ở từng loại thực vật cũng khác nhau và thay đổi theo các nhân tố của môi trường nước. Thực vật ở nước chỉ sử dụng CO_2 tự do trong quang hợp. CO_2 này được cung cấp chủ yếu từ quá trình hô hấp của sinh vật trong thủy vực từ khí trời khuếch tán vào, từ quá trình phân hủy các chất hữu cơ trong nước và nhất là trong sự chuyển hóa biacacbonat thành monocacbonat trong nước. Khi CO_2 trong nước càng được sử dụng nhiều, quá trình chuyển hóa này càng mạnh giải phóng CO_2 vào nước bảo đảm cung cấp cho hoạt động quang hợp chừng nào hàm lượng biocacbonat còn đủ.



Hình 2.1. Biến đổi quang hợp ở một số thực vật nước ngọt theo hàm lượng CO_2 trong nước. Độ chiếu sáng trung bình là 77.000 lux (2, 3, 5, 6) và 38.000 lux (1, 4) (theo Konstantinov, 1972)

Ngoài khả năng hấp thụ tia sáng của thực vật và lượng CO₂ trong nước, quang hợp của thực vật ở nước còn phụ thuộc vào thành phần loài, đặc điểm sinh trưởng của thực vật quang hợp, vào các nhân tố của môi trường ngoài như nhiệt độ, pH và cả vào thành phần và hàm lượng muối dinh dưỡng của môi trường nước. Tăng thêm lượng N và P trong nước sẽ làm tăng thêm khả năng sử dụng năng lượng của thực vật trong quang hợp.

1.2. Dinh dưỡng tự dưỡng bằng hóa tổng hợp

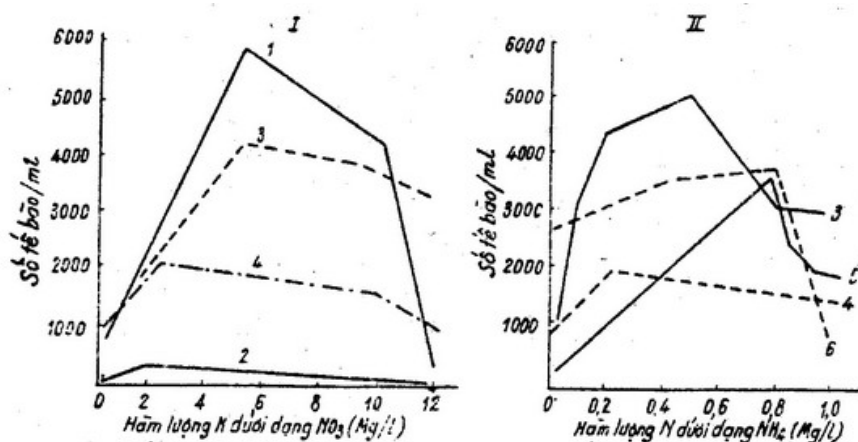
Vi khuẩn hóa tổng hợp có ở các loại thủy vực, nước ngọt và nước mặn, cả trong tầng nước và ở nền đáy. Các nhóm quan trọng là: vi khuẩn nitơ (nitrit hóa và nitrat hóa), vi khuẩn lưu huỳnh, vi khuẩn sắt. Trong quá trình dinh dưỡng, các vi khuẩn này tham gia vào các chu chuyển hóa nitơ, lưu huỳnh và sắt trong thủy vực. Hoạt động của vi khuẩn hóa tổng hợp cần ô xy và các sản phẩm phân hủy chất hữu cơ trong điều kiện kị khí. Do đó, các loại vi khuẩn này tập trung nhiều nhất ở nền đáy. Trong tầng nước, chúng có nhiều ở tầng nước đáy hơn tầng nước mặt. Trong các loại nền đáy, nền đáy bùn chứa nhiều vi khuẩn hóa tổng hợp hơn các loại khác.

Cường độ hóa tổng hợp của vi khuẩn ở trong tầng nước thường thấp hơn ở nền đáy đến hàng chục hay hàng trăm lần. Ở trên mặt nước, rất nghèo các sản phẩm phân hủy, cường độ càng thấp hơn. Nhiệt độ tăng cao làm tăng cường độ hóa tổng hợp. Ngoài các vi khuẩn, các loại tảo lam như *Anabaena*, *Nostoc* còn có khả năng sử dụng nitơ ở dạng phân tử lấy từ khí trời.

Hấp thụ muối dinh dưỡng hòa tan

Thực vật ở nước trong quá trình tạo chất hữu cơ từ chất vô cơ, ngoài các nguyên tố C, H, O còn cần nhiều nguyên tố khác nữa. Các nguyên tố này ở dạng các muối hòa tan trong nước và thường được gọi chung là muối dinh dưỡng. Trong số các nguyên tố chủ yếu cần thiết cho đời sống của thủy sinh vật tự dưỡng có thể kể: Na, K, Ca, N, P, Si, Fe, Mg, Mn. Đặc biệt quan trọng là các nguyên tố N, P cần cho quá trình sinh trưởng và phát triển của sinh vật thường được gọi là các chất tạo sinh (có khi còn kể thêm Si). Các muối dinh dưỡng có thể có nguồn gốc từ ngoài thủy vực (nguồn muối khoáng từ đất, chất hữu cơ ngoài thủy vực) và các sinh vật trong thủy vực rửa nát, bị phân hủy rồi được vô cơ hóa nhờ các quá trình sinh hóa học với

sự tham gia của các vi khuẩn. Hàm lượng muối dinh dưỡng trong nước gắn liền với sự phát triển của thực vật nổi (hình 2.2). Khi thực vật nổi phát triển mạnh, thường có hiện tượng giảm thấp có khi đến hết hẳn các muối dinh dưỡng ở tầng mặt, trước hết là các muối tạo sinh N, P và Si. Hiện tượng này thường thấy ở các hồ nhiệt đới khi thực vật nổi phát triển mạnh. Ở vịnh Bắc Bộ, các nghiên cứu thủy hóa học năm 1960 cho thấy hàm lượng các muối tạo sinh, trong nước luôn luôn thấp, muối P chỉ $0-30\text{mg/m}^3$, muối Si chỉ $10-100\text{mg/m}^3$, so với các vùng biển khác ở vùng cận nhiệt độ và ôn đới Thái Bình dương. Tình hình này là do thực vật nổi trong vịnh “nở hoa” thường xuyên quanh năm trong vịnh.



Hình 2.2. Số lượng tảo phát triển ở các hàm lượng khác nhau của muối nitơ dưới dạng NO_3 (I) và NH_4 (II) 1: *Ankistrodesmus*; 2: *Eudorina*; 3: *Kirchneriella*; 4: *Chlamydomonas*; 5: *Astetionella*; 6: *Melosira*. (theo Konstantinov, 1972)

Hàm lượng muối dinh dưỡng thay đổi tùy theo từng loại thủy vực, thay đổi theo mùa và theo độ sâu, thường chỉ trong khoảng vài mg/l tới vài phần mười hay vài phần trăm mg/l , ít khi lên tới vài chục mg/l . Hàm lượng muối dinh dưỡng thường được dùng làm căn cứ để đánh giá độ dinh dưỡng của thủy vực, nhất là hàm lượng muối N, P, Si.

Natri. Trong nước biển, muối Na chiếm tới 30,59% và trong nước ngọt tới 5,15% trọng lượng muối hòa tan. Trong thành phần cơ thể thủy sinh vật, muối Natri chiếm tới 0,05 - 1%. Muối Na có trong thành phần dịch cơ thể, cần cho hoạt động cơ. Trong dung dịch muối, nếu không có muối Ca trung hòa, muối NaCl sẽ làm tan rã các tế bào, phôi, làm ấu trùng cá phát triển không bình thường.

Kali. Trong nước biển, muối K chiếm 1%, trong nước ngọt là 1,9%. Muối K chiếm ưu thế hơn muối Na trong thành phần cơ thể thực vật (ở động vật Na chiếm ưu thế hơn). Muối K cần cho sự tạo thành gluxit ở thực vật. Ở động vật, K cần cho hoạt động bình thường của tế bào, giúp cho quá trình thẩm nước vào tế bào.

Canxi. Hàm lượng Ca ở nước biển là 1,2%, ở nước ngọt - 18,15%. Muối Ca trong nước chủ yếu ở các dạng CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ và CaCO_3 hòa tan và không hòa tan. Độ hòa tan của Ca trong nước phụ thuộc vào nhiệt độ thấp, nồng độ muối cao, tính axit của nước. Muối Ca có tầm quan trọng trong quá trình chuyển hóa qua lại giữa hai dạng bicacbonat và cacbonat giải phóng CO_2 cung cấp cho hoạt động quang hợp. Muối Ca còn là chất cơ bản trong các cấu tạo nâng đỡ cơ thể ở thủy sinh vật. Ở động vật, Ca có khi chiếm tới 50% trọng lượng cơ thể (san hô, thân mềm). Ca còn cần cho các quá trình sống trong cơ thể động vật. Ca và Mg là ion đối kháng của Na và K.

Manhê. Hàm lượng khoảng 3% trong nước biển và nước ngọt. Trong cơ thể thực vật Mg có thể chiếm khoảng 7-10%, ở động vật ít hơn. Mg quan trọng đối với thực vật vì là thành phần tạo thành chất diệp lục. Đối với động vật, Mg cũng có tác dụng trong hoạt động sống. Cùng với Ca, Mg là ion đối kháng của Na.

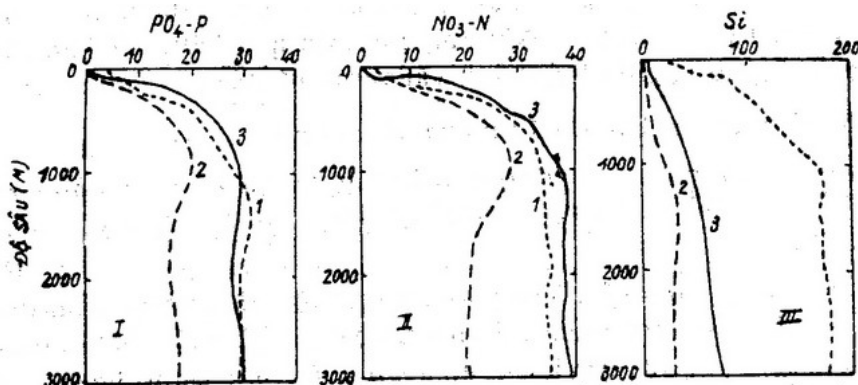
Nitơ. Trong môi trường nước, nitơ có thể ở dạng phân tử, nhưng thường ở dạng hợp chất: NH_3 , NH_4 , nitrit (NO_2) và nitrat (NO_3). Trong nước biển, nhìn chung hàm lượng các hợp chất nitơ vô cơ hòa tan thường thấp hơn ở nước ngọt. Ở biển hàm lượng nitrat trong khoảng 0,2-0,4mg/l, ở nước ngọt có thể tới 1mg/l. Nitrit ở biển trong khoảng 0,003-0,03mg/l, ở nước ngọt có thể tới vài phần mười mg/l. Muối NH_4 ở biển trong khoảng 0,03-0,2mg/l, vùng ven bờ nhiều hơn ngoài khơi. Ở nước ngọt, hàm lượng NH_4 cũng ở trong khoảng này.

Thực vật ở nước hấp thụ được các dạng muối này, nhưng hấp thụ muối NH_4 mau hơn. Mỗi loại thực vật ưa một loại muối nitơ khác nhau. Tảo lục có yêu cầu muối nitơ cao nhất rồi đến tảo khuê. Muối N rất cần thiết cho quá trình sinh trưởng của thực vật là thành phần cơ bản của protit, vì vậy được thực vật hấp thụ rất mạnh ở tầng mặt thủy vực. Trong thời kỳ thực vật nổi phát triển mạnh, thường có hiện tượng cạn muối nitơ ở tầng mặt, trong khi ở tầng đáy hàm lượng muối N vẫn bình thường. Do đó có thể coi nguồn muối N dự trữ của thủy vực là ở tầng đáy. Ở các thủy vực có chu chuyển nước thẳng đứng mạnh (các thủy vực ôn đới) muối N lại tiếp tục được vận chuyển từ đáy lên mặt để cung cấp cho thực vật tiếp tục phát triển. Ở các thủy vực không có chu chuyển nước thẳng đứng mạnh, có khi lượng muối N bị tiêu hao ở bề mặt không được kịp thời bổ sung, có thể làm ngừng sự phát triển của thực vật nổi.

Phốtpho. Trong nước biển ở tầng mặt, hàm lượng muối photphat chỉ vài phần nghìn mg/l. Ở dưới sâu có thể tới vài phần mười mg/l (hình 2.3). Ở nước ngọt hàm lượng muối này cao hơn ở nước biển nhưng cũng chỉ trong khoảng vài phần trăm mg/l, tới vài phần mười đã coi là nhiều.

Muối photphat cần cho quá trình phát triển của thực vật trong sự tạo thành các sản phẩm sinh dục. Vì vậy, muối photphat ở tầng mặt, trong thời kỳ thực vật nổi phát triển, thường bị sử dụng cạn cùng với muối nitơ. Nếu không có các dòng nước thẳng đứng đưa nguồn muối bổ xung từ đáy lên, sẽ xảy ra tình trạng đói muối photphat làm ngừng phát triển của thực vật nổi, hiện tượng thường thấy ở các vùng biển nhiệt đới và cận nhiệt đới.

Silic. Ở dạng axit hay các dẫn xuất như SiO_2 , nH_2O . Trong nước biển tầng mặt, muối này chỉ ở trong khoảng trên dưới 1mg/l, ở dưới sâu có thể tới vài mg/l. Trong nước ngọt, muối này có hàm lượng cao hơn, có thể tới vài mg/l hay có khi tới hàng chục mg/l ở các hồ giàu dinh dưỡng (Hồ Tây). Si là nguyên tố tạo thành vỏ tảo khuê, có số lượng lớn ở cả các thủy vực nước ngọt và hải dương. Vì vậy khi tảo này phát triển mạnh, muối Si cũng bị hấp thụ cạn hết và chỉ được bổ sung nhờ chu chuyển nước đưa từ tầng đáy lên. Dự trữ muối Si ở đáy thủy vực là do xác tảo khuê và các động vật có Si (hải miên, động vật nguyên sinh) khi chết lắng xuống đáy.



Hình 2.3. Biến đổi của hàm lượng photphat (I), nitrat (II) và silicát (III) theo độ sâu (theo Konxtantinov, 1972).

1: Thái Bình dương; 2: Đại Tây dương; 3: Ấn Độ dương.

Sắt. Có ở trong nước dưới dạng ion Fe^{3+} và Fe^{2+} trong muối hòa tan, dạng keo và hợp chất hữu cơ. Hàm lượng muối Fe ở biển trong khoảng vài phần mười tới vài mg/l, còn ở nước ngọt có thể tới vài chục mg/l. Hàm lượng muối Fe trong nước phụ thuộc vào độ tăng của độ axit của nước, vì vậy khi quang hợp trong nước mạnh, pH tăng cao, muối Fe ở tầng mặt hầu như hết hẳn. Sắt cần cho sự phát triển của tảo, ở hàm lượng thấp chỉ vài mg/l. Khi hàm lượng quá cao muối Fe có thể gây độc cho thủy sinh vật.

Mangan Có hàm lượng thấp ở nước biển (0,001-0,01mg/l), cao hơn gấp 10 lần ở nước ngọt. Mn ở trong nước có thể ở hai dạng: dạng ion ở tầng đáy và dạng keo (hydratô xyt) ở tầng mặt. Dạng ion có hoạt tính cao hơn, vì vậy có tác dụng mạnh hơn. Mn ở hàm lượng thấp (0,001-0,0002mg/l) có tác dụng kích thích sinh trưởng ở thực vật mạnh lên 5-6 lần. Nhưng ở hàm lượng cao từ 0,1mg trở lên lại có tác dụng độc.

2. Dinh dưỡng dị dưỡng

Thủy sinh vật dinh dưỡng dị dưỡng bao gồm các động vật - bọn sinh vật tiêu thụ - ăn chất hữu cơ có sẵn dưới dạng sinh vật, hay các sản phẩm phân hủy của chúng ở các giai đoạn khác nhau. Ngoài ra, còn có thể kể đến các vi khuẩn dị dưỡng, các nấm hoại sinh trong

thủy vực, vô cơ hóa các chất hữu cơ rữa nát để cho các muối dinh dưỡng cung cấp cho thực vật. Khác với thủy sinh vật tự dưỡng hình thức dinh dưỡng, cách ăn và thức ăn của thủy sinh vật dị dưỡng rất đa dạng, là kết quả của một quá trình tiến hóa lâu dài về mặt quan hệ dinh dưỡng giữa thủy sinh vật và môi trường.

2.1. Nguồn thức ăn sinh vật trong thủy vực

Nguồn thức ăn là sinh vật trong thủy vực bao gồm rất nhiều loại: chất vẩn, vi khuẩn, thực vật, động vật. Có thể nói các loại thức ăn là sinh vật là từng mắt xích trong chuỗi thức ăn tự nhiên của thủy vực. Cấu trúc lưới thức ăn tự nhiên được đề cập chi tiết trong chương 5 (Hệ sinh thái thủy vực) .

Trong nghiên cứu về thức ăn của thủy sinh vật dị dưỡng trong thủy vực, thường dùng một số khái niệm để đánh giá số lượng thức ăn trong thủy vực.

Nguồn thức ăn của thủy vực là khối lượng tất cả động vật, thực vật, các sản phẩm phân hủy của chúng, có thể được sử dụng làm thức ăn cho mọi thủy sinh vật và xác định được bằng các phương pháp định lượng.

Cơ sở thức ăn là khái niệm để chỉ lượng động vật, thực vật, chất hữu cơ trong thủy vực có thể dùng làm thức ăn cho một nhóm thủy sinh vật nhất định nào đó. Khái niệm cơ sở thức ăn gắn liền với một nhóm thủy sinh vật nhất định nào đó, ví dụ, cơ sở thức ăn của một nhóm thủy sinh vật nào đó thường chỉ là một bộ phận của nguồn thức ăn trong thủy vực và biến đổi theo thành phần của nhóm thủy sinh vật đó. Ví dụ cơ sở thức ăn của khu hệ cá trong thủy vực trong thời gian nào đó, bao gồm tất cả các loại sinh vật và sản phẩm phân hủy mà các loài cá có trong thủy vực trong thời gian đó có thể sử dụng.

Lượng thức ăn của thủy vực đối với một loại thủy sinh vật nào đó ví dụ với cá là phần cơ sở thức ăn thực tế của thủy vực được cá ăn trong một thời gian nào đó. Lượng thức ăn của thủy vực thường nhỏ hơn cơ sở thức ăn, vì thế nào cũng có một thành phần thức ăn có thể sử dụng được nhưng vẫn chưa được sử dụng.

Thành phần thức ăn được thủy sinh vật sử dụng và đặc điểm thích ứng về cấu tạo, sinh lý, sinh thái thủy sinh vật để sử dụng những đối

tượng thức ăn nào đó trong cơ sở thức ăn đưa tới khái niệm về diện thức ăn (hay phổ thức ăn). Đó là giới hạn và thành phần thức ăn của một loài thủy sinh vật nào đó trong thủy vực. Diện thức ăn có thể rộng (euryphage) khi thành phần thức ăn đa dạng, hoặc hẹp (stenophage), khi thành phần thức ăn không nhiều loại, hoặc đơn thức (monophage), khi vật chỉ ăn một loại thức ăn. Tùy theo loại thức ăn trong thủy vực, có thể có các loài ăn bùn (pelophage), ăn chất vắn (detritophage) ăn thực vật (phytophage) ăn động vật (zoophage) ăn sinh vật nổi (planktophage), hay ăn sinh vật đáy (bentophage). Đặc tính của diện thức ăn trên đây thường là căn cứ vào phần thức ăn chủ yếu, có số lượng nhiều nhất được xác định bằng các phương pháp định lượng. Ngoài ra, thủy sinh vật còn có thể sử dụng cả các loại thức ăn khác, nhưng là thứ yếu, có số lượng ít.

Diện thức ăn có thể biến đổi theo một số nhân tố. Theo độ sinh trưởng, diện thức ăn của một số loài có thể thay đổi. Ví dụ: cá mè con ăn cả động vật nổi, khi lớn lên chủ yếu chỉ ăn thực vật nổi. Thường diện thức ăn ở động vật non bao giờ cũng hẹp hơn ở con trưởng thành và đặc điểm này được coi như một thích ứng về dinh dưỡng của loài, để có thể đảm bảo thức ăn cho loài. Nhưng cũng có trường hợp diện thức ăn ở con trưởng thành thu hẹp lại, nhưng số lượng tăng lên. Trường hợp này thường xảy ra khi trong thủy vực có nhiều một loại thức ăn nào đó.

Diện thức ăn có thể thay đổi theo địa phương, tùy theo đặc điểm thức ăn của thủy vực. Ví dụ: giáp xác *Calanus finmarchicus* ở vùng cực chỉ ăn tảo khuê, đi về vùng xích đạo, lượng tảo khuê ít đi, nên loài này ăn cả tảo giáp có nhiều ở vùng này. Diện thức ăn cũng có thể biến đổi theo mùa và theo ngày đêm, tùy theo sự biến đổi của cơ sở thức ăn và khả năng lấy thức ăn của thủy sinh vật.

Các nghiên cứu đầu tiên về thức ăn của cá trong thủy vực ở miền Bắc Việt Nam (sông hồ, vịnh Bắc Bộ) cho thấy: các loài cá đã được nghiên cứu đều mang tính chất ăn tạp, có nhiều loại ăn tới 50 thành phần thức ăn khác nhau. Chuỗi thức ăn phần nhiều ngắn. Ở các thủy vực nước ngọt, có nhiều loại cá ăn chất vắn, mùn bã thực vật và thực vật sống (Mai Đình Yên và các tác giả khác, 1979, 1990). Ở vịnh Bắc Bộ, các loài cá ăn sinh vật nổi nhiều hơn các loài ăn sinh vật đáy (Nguyễn Phi Đính, 1972). Những đặc tính trên về thức ăn

được coi như đặc điểm sinh học của cá vùng nhiệt đới. Các nguồn thức ăn chủ yếu trong thủy vực tự nhiên có thể được dẫn như sau:

2.1.1. Chất vẩn

Các nghiên cứu về chất vẩn (detritus) trong nước (Rodina, 1966) cho thấy chất vẩn trong thủy vực không phải chỉ đơn thuần là một cấu tạo chất bã vô sinh như trước đây vẫn quan niệm, mà là cả một phức hệ sống phức tạp. Phần cơ bản của một mảnh chất vẩn là một giá thể, một mảnh xác thực vật hay động vật tùy đặc tính thủy vực hay có khi là một giá thể vô cơ. Các giá thể này có khả năng hấp thụ chất hữu cơ hòa tan và dạng keo trên bề mặt, tạo thành một màng chất hữu cơ là môi trường tốt cho vi khuẩn phát triển. Do hoạt động sống của vi khuẩn mà sinh ra các bọt khí làm các chất vẩn lơ lửng trong nước. Ngoài các vi khuẩn có thể còn có cả tảo, nguyên sinh động vật và cả luân trùng ăn vi khuẩn cũng sống trên giá thể. Giá trị dinh dưỡng của chất vẩn chủ yếu là ở tập hợp vi khuẩn nhiều loại sống trên giá thể. Các vi khuẩn này có khả năng hấp thụ chất hữu cơ hòa tan, sinh ra các loại axit amin, vitamin các men và cả các kích thích tố sinh trưởng khác.

Khối lượng chất vẩn ở các thủy vực là rất lớn. Ở vùng khơi đại dương, chất vẩn có thể chiếm tới 80-90%, còn ở vùng ven bờ là 50-90% vật chất hữu cơ trong nước. Chất vẩn ở Hắc Hải, Địa Trung Hải, biển Ô man vùng nhiệt đới Thái bình dương và Đại tây dương có thể tới 90% khối lượng Seston (Finenko, 1971). Ở Thái bình dương ước tính có tới hàng tỷ tấn (Fox, 1955). Ở các hồ giàu dinh dưỡng có thể tới vài mg/l. Chất vẩn được các loài sinh vật đáy và cả các sinh vật ở tầng nước sử dụng. Các sinh vật đáy ăn chất vẩn tiêu biểu là: giun nhiều tơ *Nereis*, giun ít tơ *Tubificoides*, hà *Balanus*, nhiều loài *Amphipoda*, *Mysidacea*, trai, hàu. Trong tầng nước có thể kể đến loại luân trùng giống *Brachionus*, *Filinia*, *Keratella*, giáp xác *Daphnia*, *Bosmina*, *Chydorus*, cá *Chondrostoma nasus*, cá trôi và nhiều động vật khác.

2.1.2. Vi khuẩn

Vi khuẩn có số lượng rất lớn cả ở nền đáy và ở trong tầng nước. Số lượng vi khuẩn ở tầng mặt biển tới 9.10^3 - 224.10^3 tế bào với khối lượng 1,8-44,8mg/m³. Ở nền đáy (biển Okhót) trong 1g bùn ở sâu

1267-3400m có tới 119-709 triệu tế bào với khối lượng $0,2-1,4g/m^2$, ở Hắc Hải tới 1,5 tỷ tế bào với khối lượng $3-6g/m^2$. Số lượng vi khuẩn ở hồ ao còn nhiều hơn. Ở các ao nuôi cá, trong nước có thể tới 19 triệu tế bào, 31,6mg/l và trong 1g bùn đáy có thể tới 5,9 tỷ tế bào với 6,8mg. Số lượng vi khuẩn tăng cao ở thủy vực có nước thải và bón phân.

Động vật các ngành đều ăn vi khuẩn, đặc biệt là các động vật ăn bùn và ăn chất cái (seston), như giáp xác nhỏ và trai ăn lọc. Thành phần vi khuẩn cũng nhiều trong thức ăn cá con.

2.1.3. Thực vật nổi

Thực vật nổi nói chung là thành phần thức ăn cơ bản của động vật trong thủy vực, có số lượng rất lớn. Ở đại dương trong tầng nước sâu 50m, khối lượng thực vật nổi tới $600mg/m^3$, ở hồ ao, số lượng thực vật nổi tới hàng triệu tế bào/l. Ở những hồ ao giàu dinh dưỡng (Hồ Tây) có thể tới hàng trăm triệu tế bào/l. Động vật nổi tiêu thụ thực vật tùy theo thành phần loài và kích thước. Giáp xác nhỏ ăn nhiều tảo cầu (*Proto coccales*) rồi tới Volvocales, tảo lam chúng ăn ít hơn. Nhưng dạng nhỏ và tròn, kích thước trong khoảng 5-150 μ dễ ăn hơn các tảo dạng sợi, có gai và lớn (*Dinobryon*, *Asterionella*, *Anabaena*, *Microcystis*). Chính do vậy nên các dạng này không bị ăn và thường có số lượng nhiều trong thành phần thực vật nổi ở ao hồ. Động vật ăn thực vật nổi có: động vật nguyên sinh (trùng chân giả, trùng phóng xạ, trùng mặt trời, nhiều loài trai luân trùng (hầu, vẹm.v.v.) giáp xác nhỏ, cá mè trắng, cá trích và nhiều loài cá khác.

2.1.4. Thực vật lớn

Ở biển, thực vật lớn quan trọng nhất là tảo nâu (*Fucus*, *Laminaria*) rồi tới tảo lục, sau cùng là tảo đỏ. Ở các thủy vực nước ngọt, thành phần thực vật lớn phong phú hơn, tập trung ở vùng ven bờ hay sống nổi trên mặt nước. Khối lượng thực vật lớn ở các thủy vực thường rất lớn.

Các nghiên cứu của Gaievakaia (1966) chứng minh rằng vai trò của thực vật lớn trong chuỗi thức ăn trong thủy vực lớn. Có tới 314 loại thực vật lớn được 565 loài động vật sử dụng. Các động vật ăn thực vật lớn thuộc các nhóm: giáp xác, thân mềm

(ốc) côn trùng, cá, rùa, chim, động vật có vú. Ở vùng cực, thực vật lớn chỉ có trong một vụ nên không có các loài ăn thực vật. Càng về phía xích đạo, thực vật lớn có quanh năm, càng xuất hiện nhiều loài ăn thực vật lớn, có những loài chỉ ăn thực vật như cá trắm cỏ, cua.

2.1.5. Động vật nổi

Ở biển, thành phần thức ăn động vật nổi quan trọng nhất là giáp xác nhỏ (Copepoda, Euphausiaceae, Mysidacea, Cladocera). Nguyên sinh động vật (trùng phóng xạ, trùng lỗ, trùng roi), ruột khoang (sứa lược, sứa dù), thân mềm Pteropoda và chân đầu, giun nhiều tơ sống nổi và Nemertini sống nổi. Ở nước ngọt, quan trọng nhất là giáp xác râu ngành và chân chèo, luân trùng và động vật nguyên sinh.

Thành phần động vật ăn động vật nổi gồm nhiều nhóm thuộc nhiều bậc dinh dưỡng khác nhau. Ăn động vật nguyên sinh có các loài trùng mao, luân trùng, giáp xác nhỏ và cả thân mềm và cá cơm. Các động vật ăn ruột khoang có nhiều loài giáp xác thân mềm sống trong tầng nước, đuôi rắn (Da gai), giun nhiều tơ, cua, cá và một số loài sứa lược. Giáp xác nhỏ thường là thức ăn quan trọng của các loài cá có giá trị (cá mè hoa, cá diếc), cá trích, cá sardine v.v.. Euphausia superba là thức ăn của cá voi. Giáp xác còn bị ăn bởi các loài giáp xác ăn thịt, sứa, sứa lược, giun và thân mềm sống nổi. Động vật nổi và thực vật nổi cỡ nhỏ là thức ăn của cá con kể cả các loài cá nổi cũng như cá đáy.

2.1.6. Động vật đáy

Thành phần thức ăn động vật đáy quan trọng ở biển, gồm các bọ: trai, ốc, giun nhiều tơ, giun vùi, da gai, giáp xác ở đáy. Ở nước ngọt, thành phần thức ăn động vật đáy quan trọng gồm có: giun ít tơ, trai ốc, ấu trùng, côn trùng và giáp xác (tôm, cua). Các động vật ăn trai ốc gồm có: các loài ốc ăn thịt, giun nhiều tơ Aphrodite, tôm cua lớn, sao biển, nhiều loài cá và động vật có vú. Giun nhiều tơ và giun ít tơ chủ yếu là thức ăn của nhiều loài cá kinh tế và một số ốc ăn thịt (Conus), ấu trùng côn trùng (một số loài Chironomidae). Da gai là thức ăn của một số loài cá, ốc (Doliidae, Cassidae, Trionidae) và sao biển.

2.1.7. Động vật có xương sống

Thức ăn động vật có xương sống ở nước chủ yếu là cá và động vật có vú ở nước. Cá là thức ăn của nhiều loài cá ăn thịt, chim, hải cẩu. Cá nhỏ còn bị sứa, hải quỳ, sao biển ăn. Động vật có vú ở nước nhiều khi là thức ăn của cá mập, gấu trắng v.v..

2.2. Các hình thức dinh dưỡng của thủy sinh vật dị dưỡng

Dựa vào nguồn chất dinh dưỡng mà sinh vật sử dụng và vào cơ chế dinh dưỡng, có thể chia thủy sinh vật dị dưỡng thành năm nhóm, có năm lối dinh dưỡng khác nhau.

Dinh dưỡng tự cung cấp. Thủy sinh vật thuộc nhóm này, dinh dưỡng nhờ các chất dự trữ chứa sẵn trong cơ thể (noãn hoàng, chất mỡ, chất đường). Trong giai đoạn chưa kiếm được thức ăn (giai đoạn phôi, hậu phôi) hoặc ở giai đoạn nghỉ ăn (sống tiềm sinh, giai đoạn nhịn đói) chúng dinh dưỡng bằng cách sử dụng các chất dự trữ có sẵn nói trên. Lối dinh dưỡng này thấy nhiều ở bọ động vật, nhưng chỉ có ở từng giai đoạn của đời sống mà thôi. Khả năng sống nhờ lối dinh dưỡng này nhiều khi rất dài. Đĩa có thể kéo dài tới 800 ngày. Nhện nước có thể kéo dài đến 260 ngày. Cá chép, trong thời gian trú đông có thể không kiếm thức ăn trong 191 ngày. Khi nhiệt độ càng tăng, quá trình trao đổi chất tăng, chất dinh dưỡng dự trữ giảm mau, thời gian dinh dưỡng tự cung cấp càng ngắn.

Dinh dưỡng nhờ tảo cộng sinh. Ở nhiều loại động vật nguyên sinh, thủy tức, hải quỳ, san hô, sán tiêm mao, thân mềm, trong cơ thể có các loại tảo cộng sinh (*Chlorella*, *Cryptomonadina*, *Chrysomonadina*), nhờ quang hợp tạo chất hữu cơ glucit, cung cấp thức ăn cho chúng. Ví dụ: ở sán tiêm mao *Convoluta roscoffensis*, tảo cộng sinh trong các tế bào nhu mô, các hạt tinh bột từ tế bào tảo lọt ra ngoài và được các tế bào nhu mô tiêu hóa. Để đảm bảo cho các tảo cộng sinh có đủ ánh sáng để quang hợp, các động vật này thường có nhiều tập tính sinh học thích ứng với ánh sáng. Sán tiêm mao *Convoluta* vùi sâu xuống cát để tránh sáng khi nước triều lên, khi triều rút lại nổi ngay lên mặt cát để phơi ra ánh sáng.

Dinh dưỡng hoại sinh. Các vi khuẩn và nấm hoại sinh sống trên các xác rữa nát của sinh vật chết, hấp thụ chất hữu cơ bằng lối thẩm thấu rồi phân hủy chúng nhờ các men phân hủy tạo thành các muối

vô cơ hòa tan vào nước. Các vi khuẩn hoại sinh giữ vai trò quan trọng trong chu trình vật chất của thủy vực cung cấp muối dinh dưỡng và CO₂ cho thực vật.

Dinh dưỡng chất hữu cơ hòa tan bằng thẩm thấu.

Vào năm 1909, Putter nêu lên ý kiến cho rằng: thủy sinh vật dị dưỡng chủ yếu là sống bằng chất hữu cơ hòa tan qua con đường thẩm thấu. Theo ông, các chất này là sản phẩm sinh ra trong quang hợp của tảo và hoạt động sống của vi khuẩn. Lối ăn này đảm bảo 90% nhu cầu thức ăn của thủy sinh vật dị dưỡng từ động vật nguyên sinh tới cá. Thức ăn sinh vật chỉ chiếm phần nhỏ và chủ yếu chủ là nguồn cung cấp vitamin mà thôi. Bằng tính toán, Putter cho rằng: trong thực tế, thức ăn sinh vật không đủ cung cấp nhu cầu thức ăn của thủy sinh vật dị dưỡng.

Những nghiên cứu sau này chứng tỏ rằng: chất hữu cơ hòa tan có một vai trò nhất định trong dinh dưỡng của thủy sinh vật dị dưỡng, nhưng không phải như Putter quan niệm. Người ta đã xác minh được khả năng hấp thụ chất hữu cơ hòa tan ở dạng axit amin của các động vật từ thấp đến cao, bao gồm đại diện của 10 ngành động vật (Stephens, Schinske, 1961). Nhưng đồng thời cũng dễ chứng minh được rằng: việc hấp thụ qua thành cơ thể bằng thẩm thấu là khó khăn, các chất hữu cơ hòa tan đều khó hấp thụ, số lượng chất hữu cơ hòa tan có hạn, chỉ có khi các tế bào bị phân hủy.

Lối ăn sinh vật và các sản phẩm sinh vật dạng phân hủy.

Đây là lối dinh dưỡng cơ bản của phần lớn thủy sinh vật dị dưỡng. Người ta gọi lối dinh dưỡng này và dinh dưỡng chất hữu cơ hòa tan nói trên là dinh dưỡng ngoại sinh (exogen). Còn lối dinh dưỡng nhờ chất dự trữ và vật cộng sinh là dinh dưỡng nội sinh (endogen).

Trong lối ăn tích cực này, sinh vật phải tiêu hao một phần năng lượng vào việc lấy thức ăn từ môi trường ngoài, tiêu hóa thức ăn trong cơ quan tiêu hóa nhờ các men, nhưng đồng thời chất lượng thức ăn cũng cao hơn, vì thành phần phong phú hơn và số lượng lớn hơn. Mặt khác do quan hệ thức ăn trong lối dinh dưỡng này là quan hệ giữa sinh vật với sinh vật, vì vậy phụ thuộc rất nhiều vào các nhân tố vô sinh cũng như hữu sinh của môi trường ngoài, cũng như đặc điểm của vật ăn và vật bị ăn.

Đặc tính thích ứng của vật ăn và vật bị ăn trong quan hệ thức ăn.

Trong quá trình tiến hóa, về mặt quan hệ giữa vật ăn và vật bị ăn, hình thành hai xu hướng thích ứng đối lập nhau. Nếu vật ăn có những đặc điểm thích ứng nhằm tăng cường khả năng ăn mồi, thì ở vật bị ăn lại có những đặc điểm thích ứng về mặt cấu tạo sinh học để tăng cường khả năng tự bảo vệ, tránh khỏi bị ăn.

Thích ứng của vật bị ăn. Đặc điểm thích ứng tự bảo vệ của vật bị ăn thể hiện rõ ở các động vật nhỏ, là các vật dễ bị ăn hơn các vật lớn. Các đặc điểm này rất đa dạng: màu sắc ngụy trang, khả năng lẫn trốn, có cấu tạo bảo vệ và các đặc điểm khác nhau.

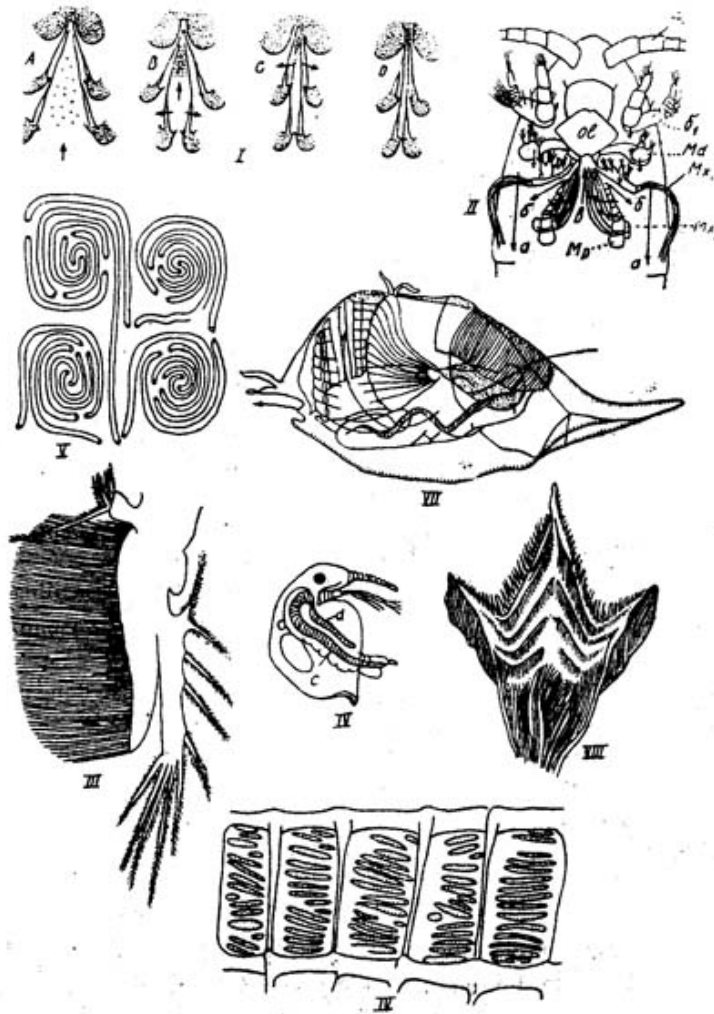
Màu sắc ngụy trang nhằm giúp vật bị ăn dễ lẫn với môi trường xung quanh để khỏi bị vật ăn phát hiện: màu xanh lá cây, màu bùn, màu trong suốt để lẫn với nước. Các thí nghiệm cho thấy là vật có màu sắc ngụy trang bị ăn ít hơn hẳn. Ví dụ: ấu trùng Chironomus có màu đỏ, đặt trên nền đỏ chỉ bị ăn 6%, trong khi đó, nếu đặt trên nền xanh và trắng sẽ bị ăn tới 59% và 84%.

Khả năng lẫn trốn có thể là chui sâu xuống bùn, chui vào khe, vật rắn, bám vào vật rắn, xây tổ cứng. Ở đáy bùn, nhiều loại giun, ấu trùng côn trùng có thể chui sâu xuống tới 40cm, hạn chế khả năng bị ăn. Lối bám vào vật rắn và chui vào vật rắn (đá, thành tàu thuyền) thấy ở bọ hà, hàu, giun nhiều tơ, cầu gai và thân mềm. Lối xây tổ cũng thấy ở ấu trùng côn trùng, giun nhiều tơ, giáp xác.

Các cấu tạo bảo vệ thể hiện ở lớp vỏ cứng, nhiều gai thấy ở nhiều bọ thân mềm, da gai, và cả giáp xác, luân trùng. Một số thủy sinh vật còn có khả năng tiết chất độc, tiết chất mùi khó chịu để vật bắt mồi phải lánh xa như hải miên, tảo lam, ốc, sứa lược.

Các đặc điểm thích ứng bảo vệ của vật bị ăn mỗi một mặt có tác dụng tiêu cực: hạn chế việc sử dụng thức ăn của các vật bị ăn, nhưng đồng thời cũng có tác dụng tích cực: bảo vệ cơ sở thức ăn, tái lập lại số lượng bị tiêu hao.

Thích ứng của vật ăn. Đặc điểm thích ứng của vật ăn phát triển theo hai xu hướng: một mặt để bảo đảm cho vật ăn lấy được nhiều thức ăn nhất về số lượng, mặt khác để giúp vật ăn lựa chọn được đầy đủ những thức ăn cần thiết về mặt chất lượng.



Hình 2.4. Thủy sinh vật ăn lọc thụ động (theo Konstantinov, 1972).

I- Chân lọc của *Daphnia* (a,b,c,d: các giai đoạn hoạt động liên tiếp); II- *Diaptomus*; III- Chân lọc của *D. brachyum* với lược lọc; IV- *Bosmina*; V-VI- Khe mang của Hải tiêu *Phallusia*; VII- *Oikopleura albicans* (có cuống) ở trong tổ; VIII- Bộ mang cá trích *Clupea alosa*

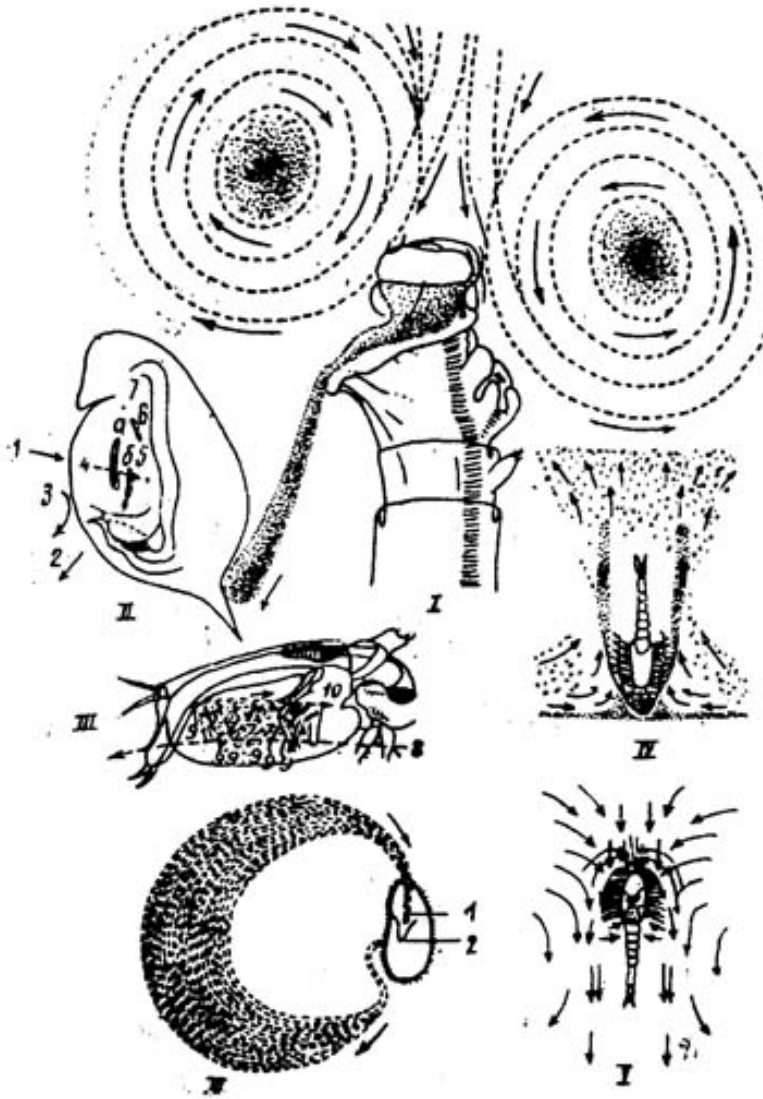
Thích ứng của vật ăn thể hiện ở cấu tạo của cơ quan bắt mồi, săn mồi, ở phương thức lấy thức ăn và các tập tính bắt mồi, săn mồi ở khả năng lựa chọn mồi và ở cường độ ăn của vật ăn.

Cách lấy thức ăn. Có thể phân biệt hai phương thức lấy thức ăn ở thủy sinh vật ăn sinh vật và sản phẩm phân hủy. Thủy sinh vật có thể lấy thức ăn hàng loạt, không phân biệt rõ từng đối tượng thức ăn riêng biệt. Phương thức này thấy ở các thủy sinh vật ăn bùn đáy, ăn sinh vật phù du nhỏ, ăn chất vẩn trong nước. Với phương thức này, thủy sinh vật đảm bảo được số lượng thức ăn lớn, nhưng do thức ăn lấy vào lẫn lộn, không phân biệt nên chất lượng thức ăn không cao, nhiều vật thừa. Phương thức thứ hai là lấy thức ăn có chọn lựa, tìm những thức ăn thích hợp, nhờ khả năng săn mồi, đuổi mồi. Lối ăn này đảm bảo chất lượng thức ăn cao hơn.

Lấy thức ăn không phân biệt. Có thể tiến hành ở nền đáy hoặc trong tầng nước. Lối ăn này thấy ở hầu hết các bọ động vật từ thấp đến cao: giun, giáp xác, thân mềm, da gai, cá, động vật có vú. Thức ăn của chúng là chất mùn, vi khuẩn lẫn trong đáy bùn và trong nước, thực vật và động vật nổi cỡ nhỏ.

Bọ ăn ở đáy thường ăn trực tiếp, nhờ các cơ quan ăn mồi như vòi, xúc tu, lưới gai chân bám (da gai). Bọ ăn trong tầng nước thường ăn theo cách lọc hay cách lắng, hay phối hợp cả hai cách như các cơ quan lọc hay lắng (hình 2.4, 2.5, 2.6). Cơ quan lọc thường là cơ quan mang (cá) phân phụ có nhiều tơ rậm (giáp xác) hay những cơ quan lọc đặc biệt ở miệng cá (cá voi) ấu trùng muỗi *Culex*, *Anopheles*. Vật ăn lọc tạo nên dòng nước chảy lọt qua cơ quan lọc và giữ lại thức ăn rồi chuyển vào lỗ miệng. Cơ quan lọc còn có thể là mạng lưới chằng ở miệng tổ, đối diện với dòng nước chảy như ở ấu trùng. *Trirhoptera*, ấu trùng *chironomidae*, giun nhiều tơ sống trong tổ.

Lối ăn theo cách lắng thấy ở hải miên, động vật nguyên sinh, luân trùng và một số ấu trùng côn trùng. Khác với cách ăn lọc, bọ ăn lắng chỉ tạo nên dòng nước xoáy vào quanh lỗ miệng nhờ các cơ quan tiêm mao vòng xúc tu hay bằng vận động cơ thể nhờ đó thức ăn trong nước sẽ lắng dần vào quanh lỗ miệng. Ở bọ trai, có thể thấy lối ăn phối hợp giữa hai kiểu lọc và lắng. Bọ này nhỏ hoạt động của biểu mô tiêm mao hút nước vào qua xiphông hút, chảy qua xoang mang rồi ra ngoài xi phông thoát. Thức ăn trong nước sẽ lắng lại trong xoang và lọc qua khe mang rồi được đưa tới lỗ miệng. Các chất thừa không ăn được sẽ được viên lại và thải ra ngoài dưới dạng “phân giả”.



Hình 2.5. Thủy sinh vật ăn lọc chủ động (theo Konstantinov, 1972).

- I- Phần đầu trùng bánh xe họ Philodinae, dòng nước do bánh xe tiêu mao tạo nên và con đường di chuyển của thức ăn. II- Dòng nước do hoạt động của chân *Daphnia* tạo nên; III- Ở *Sida crystallina*. IV. *Hemimysis larmornae* lấy thức ăn, lọc chất bẩn. V- Khi bơi, các dòng nước vận động hô hấp, lấy thức ăn. VI- Dòng thức ăn ở *Paramecium bursaria*.

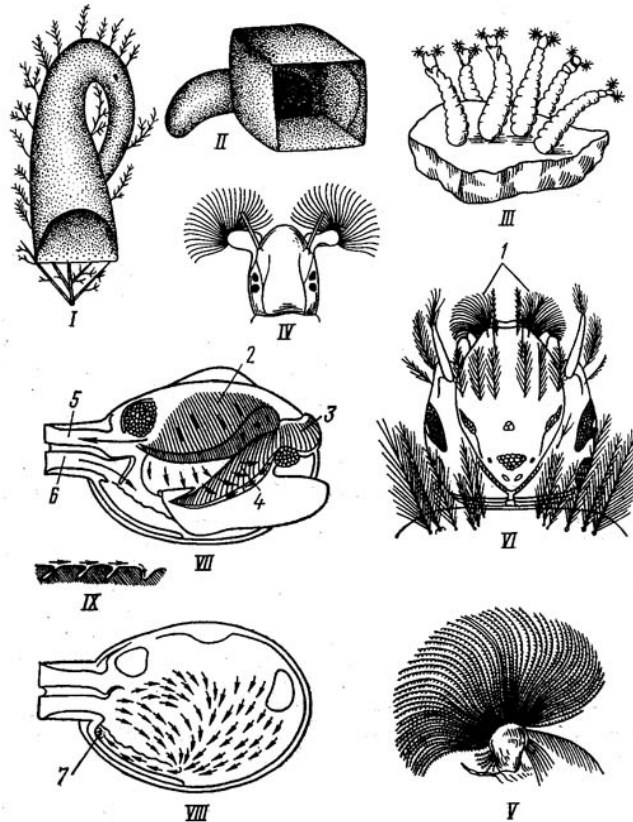
Lấy thức ăn phân biệt. Thấy ở cả ở bọ ăn thực vật và động vật. Lối ăn thực vật có lựa chọn có thể thấy ở nhiều loài thân mềm, da gai, ấu trùng côn trùng và cá. Ốc *Patella*, *Fissurella* ở ven biển chỉ ăn tảo nâu và tảo đỏ lớn. Cá trắm cỏ lớn chỉ ăn thực vật lớn. Ở bọ ăn động vật, đặc điểm thích ứng phát triển cao hơn. Bọ này có thể lấy thức ăn theo lối rình mồi hoặc săn mồi. Lối rình mồi thấy ở một số loài ruột khoang, thân mềm, ấu trùng côn trùng (chuồn chuồn). Lối săn mồi thấy ở nhiều loài mực, giáp xác ăn thịt, ấu trùng côn trùng, nhiều loại cá dữ (cá mập) cá nhà táng. Có thể có hình thức trung gian, chủ động đi tìm mồi, nhưng không đuổi mồi thấy ở giáp xác Cyclops, ấu trùng Chaoborus, sứa *Gonionemus*. Bọ săn mồi có những đặc điểm thích ứng nhiều khi rất tinh vi. Cá điện *Torpedo*, *Electrophorus electricus* có cơ quan phát điện có điện thế tới 200-300V. Mực, cá mập, có tốc độ bơi rất nhanh. Loài cá *Laleoscopus lasae* ở Địa Trung Hải có sợi râu dài, đỏ, kéo lê trên đất như hình một con giun để nhử mồi.

Đặc tính chọn thức ăn. Khả năng lựa chọn thức ăn của thủy sinh vật dị dưỡng có thể coi là thích ứng bảo đảm chất lượng thức ăn. Khả năng này được thể hiện ở hiện tượng: tỷ lệ các thành phần thức ăn trong ruột thủy sinh vật không giống với tỷ lệ thành phần thức ăn ngoài môi trường. Thủy sinh vật biết lựa chọn thức ăn cần thiết trong cơ sở thức ăn có trong thủy vực, không sử dụng những đối tượng thức ăn không thích hợp. Khả năng này phụ thuộc vào giá trị thức ăn của đối tượng thức ăn, vào độ dễ ăn của vật bị ăn và hoạt động của vật ăn.

Hiện tượng lựa chọn thức ăn thấy ở tất cả các bọ động vật từ thấp tới cao, ở cả bọ lấy thức ăn phân biệt và không phân biệt, trong đó bọ thứ hai có tính lựa chọn cao hơn.

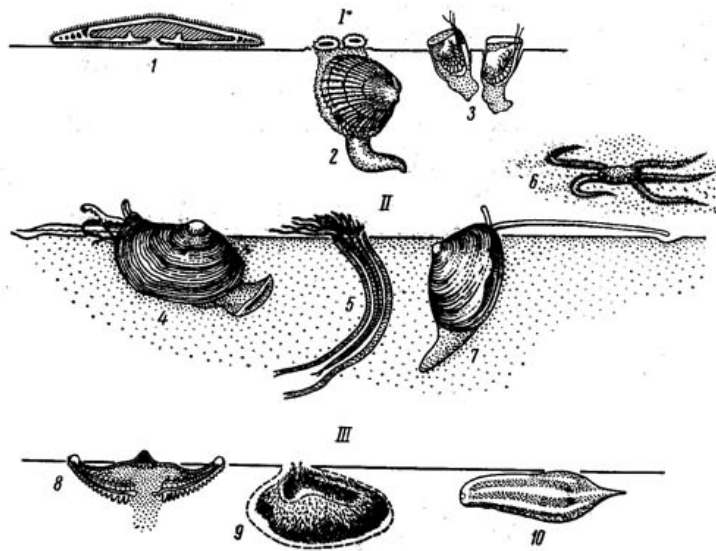
Các thí nghiệm với trùng mao, hải quỳ cho thấy các vật này chỉ ăn các thức ăn thông thường, không ăn các vật lạ như thủy tinh, giấy thấm, mảnh sứ. Ở giáp xác ăn lọc *Daphnia magna* cũng thấy hiện tượng tương tự. Không những chỉ lựa chọn thức ăn với vật lạ, không phải thức ăn và còn lựa chọn loại thức ăn thích hợp trong số các loại thức ăn có trong thủy vực. Ốc *Viviparus contectus* không ăn thực vật lớn, chỉ ăn tảo *Scenedesmus* và *Hydrodictyon*. Giáp xác bơi nghiêng rất ít khi ăn tảo lam, dù có nhiều ở môi trường, mà chỉ ăn tảo lục và tảo khuê. Tôm *Leander*, *Palaemonetes*, *Palaemon* chỉ ăn một số thực vật lớn và tảo lục,

còn tảo lam (*Microcystis*, *Oscillatoria*) không bao giờ ăn. Trong số thức ăn động vật, chúng chỉ ăn râu ngành *Daphnia*, không ăn chân chèo *Cyclops* và ấu trùng côn trùng hai cánh *Chaoborus*. Ngoài khả năng lựa chọn loại thức ăn, thủy sinh vật còn lựa chọn kích thước thức ăn nữa. Giáp xác *Paracalanus* chỉ ăn tảo 4-36 μ , tảo lớn hơn không ăn, tuy có nhiều trong thủy vực. Ấu trùng *Centropages krøyeri* chỉ ăn tảo giáp và tảo khuê nhỏ, loại lớn không ăn.

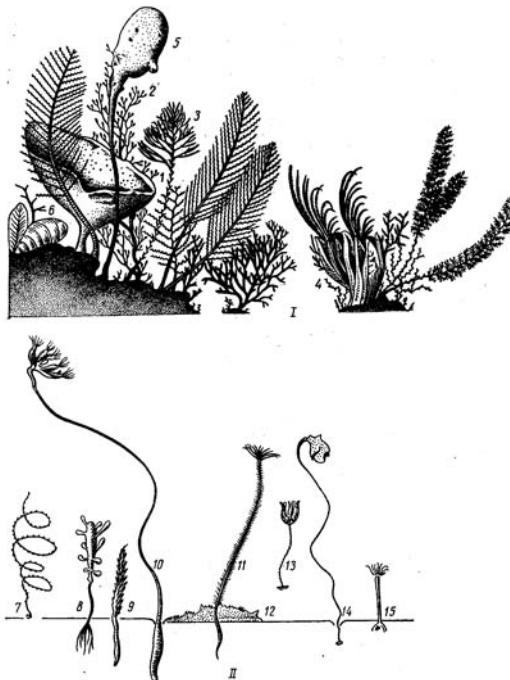


Hình 2.6. Thủy sinh vật ăn lắng, chủ động và thụ động (Zernova, 1949)

I- Lưới bắt mồi của *Neureclipsis bimaculata*. II- Sơ đồ tổ của ấu trùng *Hydropsyche*, thành bên phải có cửa sổ chằng lưới. III- Ấu trùng *Simulium* bám vòng móc vào đá. IV- Đầu ấu trùng *Simulium* với hai phần phụ lọc thức ăn. V- Phần phụ lọc thức ăn của ấu trùng *S. mulleri*. VI- Bộ máy bánh xe của ấu trùng muỗi *Anopheles superpictus*. VII- Hình cơ thể trai *Schizotherus*. VIII- Nhìn bên trong xoang áo. IX- Cắt ngang mang.



Hình 2.7. Các nhóm thủy sinh vật có lối ăn khác nhau (theo Xavilov, 1961).
I. Nhó măn chất cái (seston); II. Nhóm ăn chất vắn; III. Nhóm ăn bùn.



Hình 2.8. Nhóm thực vật hấp thụ chất cái (theo Konxtantinov, 1972).
I. Nhóm ở đáy cứng; II. Nhóm ở đáy mềm

Để xác định tính lựa chọn thức ăn bằng số lượng, người ta dùng một số chỉ số. Chỉ số lựa chọn của Sarughin (1940) là tỷ số trọng lượng loại thức ăn nghiên cứu trong ruột và thấy ở ngoài môi trường, tính theo phần trăm.

$$I = \frac{b}{a}$$

b: phần trăm thức ăn trong ruột

a: phần trăm thức ăn ngoài môi trường (tính theo khối lượng).

Ví dụ: Có hai loại tảo thành phần bằng nhau ở ngoài môi trường (50% + 50%). Trong ruột loại thấp 73%, loại kia 25%. Chỉ số lựa chọn I_1 và I_2 đối với mỗi loại sẽ là:

$$I_1 = \frac{75}{50} = 1,5 \quad I_2 = \frac{25}{50} = 0,5$$

Constantinov (1953) còn đề nghị tính cả hai chỉ số: chỉ số lựa chọn và chỉ số loại bỏ đối với một loại thức ăn để có thể xác định chính xác hơn mức độ lựa chọn thức ăn của vật ăn. Theo cách này, chỉ số lựa chọn I và loại bỏ I' được tính theo công thức:

$$I = \frac{a - b}{a} \quad I' = \frac{a - b}{b}$$

Có thể dùng các chỉ số này để so sánh mức độ lựa chọn của vật ăn đối với hai loại thức ăn. Nếu trong hai loại thức ăn có một được lựa chọn, một bị loại bỏ (lựa chọn âm) thì mức độ lựa chọn của loại thức ăn này hơn loại thức ăn kia được tính theo công thức:

$$Dif = (I + 1) (I' + 1).$$

Nếu cả hai loại hoặc cùng được lựa chọn, hoặc cùng bị loại bỏ thì mức độ lựa chọn so sánh với nhau tính theo công thức:

$$Dif = \frac{I_1 + 1}{I_2 + 1} \quad \text{hay} \quad Dif = \frac{I'_1 + 1}{I'_2 + 1}$$

Chỉ số lựa chọn thức ăn của vật ăn đối với một loại thức ăn không phải hoàn toàn cố định, mà phụ thuộc vào tình trạng no đói của vật ăn, vào biến đổi của cơ sở thức ăn theo mùa, vào độ dễ ăn của vật bị ăn và vào kích thước của vật bị ăn. Khi vật ăn đói, hệ số lựa chọn thức ăn đối với từng loại thức ăn không chính xác bằng khi vật ăn đã ăn đủ. Thành phần, số lượng thức ăn ở môi trường ngoài biến đổi cũng làm chỉ số lựa chọn thức ăn thay đổi. Khi vật bị ăn ở trong điều kiện dễ bị ăn, chỉ số lựa chọn sẽ cao hơn khi vật bị ăn ở trong điều kiện khó bị ăn (có nơi lẫn trốn). Khi thức ăn ở dạng đơn độc, dễ ăn, chỉ số lựa chọn cao hơn khi ở dạng tập đoàn tới hàng chục hay hàng trăm lần.

Cường độ ăn là lượng thức ăn được sử dụng trong một đơn vị thời gian chia cho khối lượng vật. Cường độ ăn thể hiện thích ứng của thủy sinh vật nhằm đảm bảo thức ăn về mặt số lượng. Để tính lượng thức ăn, người ta thường dùng các khái niệm khẩu phần ngày - lượng thức ăn được sử dụng trong một ngày và chỉ số thức ăn - tỷ số phần trăm giữa khẩu phần ngày và khối lượng vật. Ngoài ra, cũng còn dùng các khái niệm về chỉ số độ no - tỷ số trọng lượng thức ăn chứa trong ruột với khối lượng vật ăn.

Khẩu phần ngày (R) của vật ăn được tính theo công thức:

$$R = \frac{24J}{t}$$

t : thời gian (giờ) thức ăn trôi qua ruột.

J : chỉ số độ no

(chỉ số J, R tính theo phần trăm trọng lượng vật ăn). Cường độ ăn của thủy sinh vật phụ thuộc vào thành phần loài, tình trạng sinh lý của vật ăn và vào các nhân tố của môi trường ngoài.

Cường độ ăn giảm đi theo độ sinh trưởng của vật ăn. Vật ở trong bầy có cường độ ăn cao hơn khi sống lẻ loi. Trong thời gian sinh sản, cường độ ăn cũng giảm đi rõ rệt. Cường độ ăn tăng cao khi vật ăn gặp thức ăn ưa thích ở môi trường. Khi chuyển sang thức ăn không ưa thích cường độ ăn giảm đi. Khi thức ăn ở ngoài môi trường tăng cao về số lượng, cường độ ăn của vật cũng tăng cao, khẩu phần ngày có khi vượt quá hàng trăm lần khối lượng vật ăn.

Nhiệt độ khi tăng cao cũng làm cường độ ăn tăng cao, nhưng sau đó lại giảm đi. Nhiệt độ tối thuận cho cường độ ăn của thủy sinh vật phụ thuộc vào từng loại, vào sinh trưởng và nhiều nhân tố khác. Ngoài nhiệt độ, độ ô xy trong nước cũng ảnh hưởng tới cường độ ăn: hàm lượng ô xy giảm, cường độ ăn cũng giảm.

Cường độ ăn thủy sinh vật còn biến đổi có tính chất chu kỳ, theo ngày đêm, theo thủy triều và theo mùa. Biến đổi chu kỳ ngày đêm và theo thủy triều có thể liên quan tới chu kỳ hoạt động ngày đêm và theo thủy triều của vật ăn. Biến đổi theo mùa có liên quan tới sự biến đổi theo mùa của cơ sở thức ăn ngoài môi trường.

II. DI ĐỘNG CỦA THỦY SINH VẬT

Di động là một yêu cầu của đời sống thủy sinh vật, để đảm bảo có được những điều kiện môi trường thích hợp với từng hoạt động sống (dinh dưỡng, hô hấp) và từng giai đoạn phát triển. Khả năng và lối di động của thủy sinh vật trong môi trường nước có nhiều đặc điểm khác với sinh vật ở cạn. Trong lối di động chủ động, thủy sinh vật phải có thích ứng riêng trong cấu tạo của cơ quan nhận biết môi trường, định hướng và điều chỉnh tư thế cũng như là vận động trong môi trường nước rất khác với môi trường không khí và nền đất. Ngoài lối di động chủ động, lối di động thụ động cũng rất phổ biến ở thủy sinh vật, do chỗ chính môi trường nước cũng có thể là tác nhân gây nên di động cho thủy sinh vật, chưa kể đến các vật thể sinh vật và không phải sinh vật di động trong môi trường nước và có khả năng mang theo các loại sinh vật bám vào chúng. Lối di động này ở môi trường cạn có thể chỉ thấy ở các sinh vật kí sinh. Một đặc điểm quan trọng trong lối sống của thủy sinh vật là có nhiều động vật sống bám một chỗ, chỉ di động trong giai đoạn ấu trùng mà thôi. Nhờ tính chất luôn chuyển động của môi trường nước mà những động vật sống bám này vẫn có được những yêu cầu cần thiết cho hoạt động sống (ô xy, thức ăn, thải chất bã). Lối sống bám một chỗ này trong môi trường cạn chỉ thấy ở thực vật.

Khả năng và lối di động của thủy sinh vật là kết quả của cả một quá trình tiến hóa lâu dài, phù hợp với đặc điểm dinh dưỡng và sinh sản của thủy sinh vật. Khả năng di động phụ thuộc vào sự phát triển của khả năng nhận biết và định hướng trong môi trường, vào cấu tạo

cơ quan vận động khả năng điều hòa tư thế trong môi trường dễ nổi ở bọn sống trong tầng nước và dễ chìm ở bọn sống ở nền đáy.

1. Khả năng nhận biết môi trường và định hướng di động ở thủy sinh vật

Khả năng này rất phong phú ở thủy sinh vật, bao gồm cả khả năng nhận ánh sáng, âm, nhiệt độ, mùi vị, áp lực nước, dao động điện từ, khả năng phân tích không gian và thời gian, nhiều khi đạt tới mức rất tinh tế.

1.1. Khả năng nhận ánh sáng của thủy sinh vật tương đối yếu, điều này phù hợp với đặc điểm ít ánh sáng của môi trường nước. Thủy sinh vật chỉ nhìn được vật ở rất gần, nhưng lại nhìn thấy những vật rất nhỏ. Giới hạn nhìn thấy ở cá chỉ vào khoảng 0,1mm-5cm, ở động vật không xương sống còn gần hơn. Nhưng đồng thời, cá *Lepomis* lại có thể nhìn thấy một vật chỉ lớn 2mm ở cách xa 1cm. Mặt khác thủy sinh vật có thể nhận biết vật ở độ chiếu sáng thấp. Ở biển sâu, cá có mắt lớn to như kính viễn vọng để nhận biết ở độ sáng rất yếu. Thủy sinh vật có khả năng nhận cả màu sắc, nhất là ở ếch nhái, cá, mực, giáp xác, giun và cả động vật nguyên sinh. Một số thủy sinh vật còn có khả năng nhận biết cả ánh sáng phân cực và định hướng di động theo mặt phẳng phân cực.

1.2. Khả năng nhận âm của thủy sinh vật tốt hơn khả năng nhận ánh sáng, phù hợp với đặc điểm lan nhanh và xa của âm ở trong nước. Âm của thủy sinh vật phát ra nhờ các cơ quan phát âm thường ở càng, giáp đầu, râu I (giáp xác) ở răng hầu, tia vây ngực, khớp sọ và cột sống, hàm (cá). Âm thường phát ra nhằm nhiều mục đích: báo động, gọi con cùng bầy, gọi đực cái, báo hiệu, bắt mồi .v.v. Thủy sinh vật còn có khả năng phát sóng siêu âm và nhận siêu âm. Cá voi và cá heo (delphin) có khả năng phát siêu âm để dò nơi tập trung sinh vật nổi hay các đàn cá để kiếm ăn, hay báo hiệu cấp cứu cho đồng bọn. Sứa có khả năng nhận sóng âm phát ra do chuyển động của các lớp không khí (8-13%Hz), do đó biết được cơn bão sắp tới mà di chuyển ra xa bờ để tránh sóng.

1.3. Khả năng nhận điện và từ thấy ở nhiều thủy sinh vật từ thấp đến cao, từ động vật nguyên sinh tới cá. Nhiều loài cá biển có điện ứng động dương, nhiều loài cá nước ngọt và giun, thân mềm, giáp xác

có điện ứng động âm, đặc tính này được lợi dụng vào việc đánh cá bằng điện và chống vật bám vào thân tàu.

Nhiều thủy sinh vật còn có khả năng phát ra xung động điện để thăm dò thức ăn trong điều kiện nước rất đục, định hướng di động trong điều kiện không có ánh sáng. Nguyên tắc định hướng này không như radar: thủy sinh vật nhận biết không phải do xung động điện phản hồi mà do sự thay đổi trường điện của nước xung quanh. Bằng cách này, cá thể định hướng trong một khoảng 50cm đường bán kính (Keynes, 1964). Cá miệng tròn có khả năng tạo một trường điện từ quanh đầu, nhờ sự biến đổi của trường này mà định hướng trong nước. Khả năng định hướng này cũng thấy cả ở tảo *Volvox*, ốc *Nassactius* và nhiều thủy sinh vật khác.

1.4. Khả năng nhận biết áp lực nước rất quan trọng, giúp thủy sinh vật xác định được độ sâu thuận lợi nhất trong thủy vực. Thủy sinh vật có thể phân biệt được độ sâu khác nhau tới vài cm. Khả năng này là do cơ quan thủy tĩnh ở thủy sinh vật (bong bóng cá, cơ quan nhĩ thạch ở sứa, tôm v.v..) hoặc do các cơ chế nhận cảm khác. Ví dụ ở tôm *Palaemonetes varicans*, người ta cho là do sự thay đổi điện thế ở các vùng khác nhau trên cơ thể khi con vật thay đổi độ sâu tạo nên một dòng điện, làm cho con vật xác định được độ sâu đang ở (Digby, 1961).

1.5. Khả năng nhận biết mùi vị ở thủy sinh vật rất phổ biến. Cá mù *Hyborhynchus notatus* có thể nhận được bằng mùi các loại thực vật khác nhau, và nhờ cơ quan nhận cảm hóa học mà tìm nơi đẻ. Khả năng này còn giúp thủy sinh vật nhận biết vật cùng loài, ghép bầy, phát hiện kẻ thù. Các thí nghiệm cho thấy, lươn và cá diếc có độ nhạy cảm cao, có thể nhận biết mùi còn ở nồng độ $1\text{g}/6.000\text{km}^3$ nước, nitrobenzol ở nồng độ $1\text{g}/100\text{km}^3$ nước.

Do những khả năng nhận biết ánh sáng, âm, điện từ, mùi vị, áp lực nước, thủy sinh vật có khả năng phân tích được đặc điểm môi trường, xác định được vị trí, tư thế của mình trong môi trường nước. Ngoài khả năng phân tích không gian, cũng như ở các sinh vật khác, do dao động nhịp nhàng của các quá trình sinh hóa và lý sinh trong cơ thể, được xác lập do sự biến đổi tuần hoàn của các nhân tố ngoại cảnh (ngày đêm, thủy triều) mà ở thủy sinh vật cũng có hoạt động sống nhịp nhàng theo thời gian như theo một “đồng hồ sinh học”. Khả năng phân tích và xác định thời gian này thấy ở nhiều thủy sinh

vật. Các loài trai vẹm (*Mytilus*), sán tiêm mao (*Convoluta*) có hoạt động sống nhịp nhàng theo giờ thủy triều, nếu đem bỏ vào trong bể nuôi cũng sẽ giữ lại nhịp hoạt động như vậy, mặc dù trong bể bơi không có biến đổi gì về mực nước cả. Loài hàu *Crassostrea virginica* có hoạt động mở nắp vỏ theo nhịp thủy triều (khi triều lên) khi được đi xa 1800km về phía tây, nhịp thủy triều đã đổi giờ, nhưng loài này vẫn mở nắp theo nhịp cũ, trùng với lúc triều xuống. Phải sau hai tuần lễ, loài hàu này mới điều chỉnh được hoạt động theo nhịp thủy triều mới.

2. Các lối di động ở thủy sinh vật

Thủy sinh vật có thể di động chủ động hay thụ động. Di động chủ động thấy ở tất cả các nhóm động vật từ thấp đến cao và cả ở một số thực vật như tảo khuê. Di động thụ động thường chỉ thấy ở thủy sinh vật cỡ nhỏ, hay ở các thủy sinh vật bậc thấp, có cỡ lớn nhưng cơ quan vận động chưa phát triển. Ở nhiều thủy sinh vật có sự xen kẽ giữa hai lối di động chủ động và thụ động.

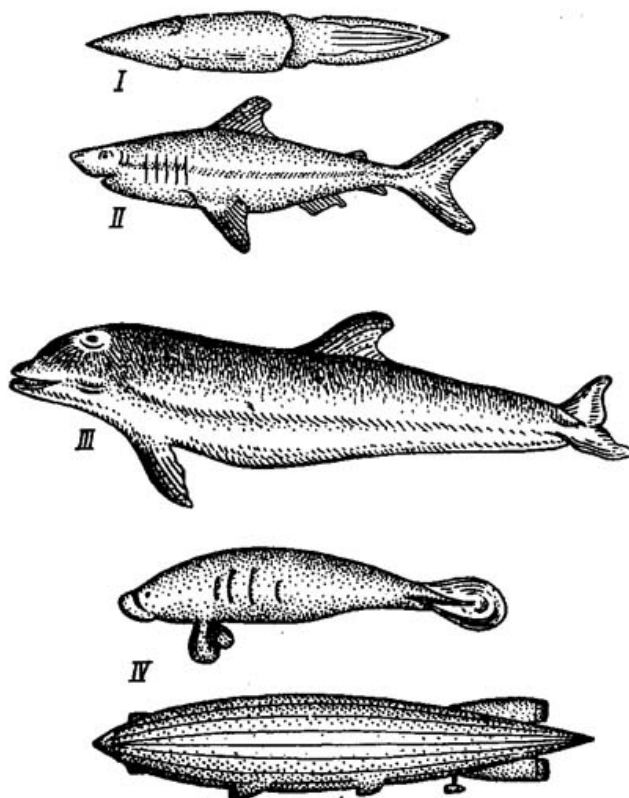
2.1. Di động chủ động

Đây là lối di động tích cực, có ưu điểm lớn về mặt sinh học. Thủy sinh vật di động chủ động có tốc độ nhanh, chủ động định hướng di động, vì vậy mau chóng tìm thấy môi trường sống cần thiết tăng thêm nhiều thời gian trong đời sống để sử dụng các điều kiện của môi trường. Khả năng di động chủ động phụ thuộc vào hai nhân tố: mức độ phát triển của cơ quan vận động và sức cản của môi trường nước.

Di động chủ động có thể dưới hình thức từng cá thể hay từng bầy. Di động cả bầy thường theo cùng một hướng chung và cùng một tốc độ chung. Di động chủ động có thể ở trên màng nước, trong tầng nước, trên mặt nền đáy hoặc trong nền đáy.

Di động trên màng nước. Đây là lối di động của động vật ở màng nước (epineiston và hyponeiston). Di động trên màng nước thường rất hạn chế về khoảng không gian di động và thường với tốc độ chậm. Các động vật di động trên màng nước thường có cỡ nhỏ, có mặt dưới của chân (đốt bàn và ngón ở côn trùng, chân ở thân mềm)

hoặc không thấm nước (vì vậy không làm vỡ màng nước) hoặc dính chặt vào màng nước nhờ sức hút (côn trùng Gyrinidac, Hydrometridae, Notonectidae, Gerridae, ốc Lymnaea).



Hình 2.9. Cơ thể dạng thủy lôi của các động vật thủy sinh tự bơi
(theo Zernov, 1949).

I. Mực; II: Cá mập; III. Cá heo; IV Bò biển (*Dugon dugon*)

Di động trong tầng nước. So với nền đáy, tầng nước có sức cản nhỏ hơn, vì vậy rất thuận lợi cho bọn di động chủ động, giảm bớt năng lượng tiêu phí do sức cản. Thủy sinh vật di động trong tầng nước có thể bơi, nhảy, trượt hoặc bay.

Bơi là lối di động linh hoạt nhất trong tầng nước. Thủy sinh vật bơi bằng nhiều cách: hoạt động tiêm mao, hoạt động của vây bơi, chân bơi, uốn cơ thể hay lực phản lực của tia nước. Di động bằng

tiềm mao chủ yếu thấy ở động vật nguyên sinh và sán tiềm mao, có tốc độ rất chậm; tốc độ tương đối (đường đi trong một sec, so với độ dài cơ thể) chỉ bằng 2,5-6,5. Di động kiểu uốn cơ thể, ở cá có thể tới 130km/giờ. Di động kiểu phản lực ở mực có thể tới 41km/giờ. Trong lối di động trong tầng nước, để giảm sức cản, ở sinh vật có nhiều đặc điểm thích ứng. Cơ thể chúng đều có hình vuốt nhọn đầu có dạng thủy lôi (hình 2.7) có khả năng tiết chất nhờn để giảm ma sát, có cấu tạo lớp da đặc biệt để giảm sức cản (ở cá voi, cá delphin). Ngoài ra, cấu tạo cơ thể còn phải có hình dáng thích ứng để bảo đảm khả năng nổi trong nước.

Di động theo lối nhảy. Thấy ở nhiều loài luân trùng, giáp xác, ấu trùng côn trùng, cá, động vật có vú. Lối bay thấy ở bọ cá chuồn (Exocoetidae) và nhiều loại mực. Các vật này có thể vọt lên khỏi mặt nước từng quãng hàng chục mét, tốc độ có thể tới 50km/giờ. Di động lối trượt thấy ở tảo khuê.

Di động trên nền đáy và các vật thể. Bằng lối chạy (tôm, cua) bò (amip, giun, ấu trùng, côn trùng), bò kiểu sâu đo (bạch tuộc, đĩa), nhảy (ốc Strombidae, ấu trùng chuồn chuồn, trai, Pecten) trượt (cá Perioplthalmus). Di động trên nền đáy rắn dễ dàng hơn, vì vậy kích thước trung bình của vật ở nền đáy rắn bao giờ cũng lớn hơn ở đáy bùn mềm.

Di động trong nền đáy. Thấy ở nhiều loại giun, luân trùng, trai, ốc, giáp xác, cầu gai. Trong nền đáy thủy sinh vật có thể luồn trong khe hở, đào hang, bằng vòi, vùi sâu xuống bùn. Tốc độ di động lối này rất chậm, độ xuống sâu chỉ 30-50cm là nhiều.

2.2. Di động thụ động

Không những thấy ở thủy sinh vật sống không di động mà còn thấy cả ở thủy sinh vật sống di động nữa. Ví dụ: nhiều loài cá, ở giai đoạn cá con có thể di chuyển từ sông ra biển bằng dòng nước sông, hoặc di chuyển trong biển bằng các dòng nước biển.

Di động thụ động rất đa dạng: có thể di động nhờ không khí, nhờ dòng nước, nhờ các vật thể hay nhờ các sinh vật khác.

Di động nhờ gió thường chỉ thấy ở trường hợp các trứng nghỉ, các dạng tiềm sinh ở các thủy vực khô cạn bị cuốn đi cùng với bụi. Nhưng cũng có trường hợp cả các vật trưởng thành, do những

nguyên nhân đặc biệt, như các trận mưa ấu trùng trai *Anodonta anatina* ở Đức năm 1892, mưa cá ở Ấn Độ, Mỹ và Pê-téc-bua.

Di động nhờ dòng nước là lối di động thụ động phổ biến và quan trọng của thủy sinh vật. Di động nhờ dòng nước không những chỉ thấy ở sinh vật nổi, mà còn cả ở sinh vật đáy nữa. Vào mùa nước, sinh vật đáy ở sông (ấu trùng côn trùng, giun, giáp xác) bị dòng nước cuốn trôi sang nơi khác, có khi tới hàng chục ngàn cá thể một giây. Ở biển, nhờ các dòng nước biển, thủy sinh vật có khi được đưa xa tới hàng ngàn km, gồm các sinh vật nhỏ (tảo) cũng như sinh vật lớn (sứa ống). Các dòng nước biển thẳng đứng ở vùng cực và ven xích đạo còn di chuyển từng khối lượng lớn sinh vật từ đáy sâu lên tầng mặt.

Di động nhờ các vật thể khác. Các vật thể có khả năng di chuyển thủy sinh vật, hoặc sống di động trên đó, hoặc sống bám vào vật thể rất đa dạng: tảng băng, tàu thuyền, lá cây, gỗ mục v.v.. Quan trọng nhất là các tàu biển xuyên đại dương, nhiều khi đưa thủy sinh vật đi những khoảng rất xa, làm thay đổi cả vùng phân bố cũ của chúng, như trường hợp cua ra (*Eriocheir sinensis*).

Di động nhờ sinh vật. Đây là lối di động đặc sắc và vai trò quan trọng trong khả năng phát tán của thủy sinh vật. Thủy sinh vật có thể được di chuyển từ nơi này đến nơi khác nhờ chim, côn trùng, các loài lưỡng thể, bò sát và động vật có vú. Các sinh vật này mang thủy sinh vật hoặc ở dạng mầm tiềm sinh, trứng nghỉ hoặc ở dạng đang sống hoạt động ở chân, cánh, da, hay trong một lần với thức ăn. Các loại thủy sinh vật hay được di chuyển theo lối này là vật có cỡ nhỏ hay có dạng trứng hay mầm tiềm sinh như: động vật nguyên sinh, hải miên, động vật hình rêu, ốc nhỏ, giáp xác nhỏ, tảo. Giữ vai trò quan trọng trong lối di chuyển này là các loài chim di trú, các loài côn trùng bay khỏe và xa (*Colymbetes*, *Dytiscus*, *Notocerta*).

Lối di động nhờ sinh vật cũng có thể chỉ giới hạn trong một thủy vực như trường hợp các loài cá ăn giáp xác râu ngành, chân chèo, trứng của chúng không bị tiêu hóa trong ruột nên được cá di chuyển đi rồi theo phân ra ngoài. Ấu trùng trai bám trên da cá, ốc, hà, tảo, bám trên lưng cá voi, sam cũng được đưa đi những quãng xa trong một thủy vực, nhất là trong hải dương.

III. SINH TRƯỞNG VÀ PHÁT TRIỂN Ở THỦY SINH VẬT

1. Đặc điểm sinh trưởng ở thủy sinh vật

Theo Nikonski (1965), sinh trưởng là đặc tính thích ứng của loài nhằm điều hòa số lượng và khối lượng quần thể, nhịp sinh sản của quần thể theo sự biến đổi của điều kiện thức ăn. Sinh trưởng nhanh về kích thước ở cá thể chưa trưởng thành sẽ làm cá thể thành thực sinh dục sớm, giảm bớt khả năng bị sinh vật khác ăn. Ở giai đoạn chưa thành thực sinh dục, nguồn năng lượng đi vào cơ thể chủ yếu được sử dụng cho sự tăng lượng protit và tăng chiều dài cơ thể. Sau khi thành thực sinh dục, nguồn năng lượng chủ yếu lại để nuôi sống cơ thể, tích tụ chất dự trữ để nuôi tuyến sinh dục, đẻ trứng đông và di cư sinh sản. Biến đổi sinh trưởng cá thể trong quần thể có liên quan tới biến đổi của điều kiện thức ăn.

1.1. Các tác nhân sinh thái

Sinh trưởng ở thủy sinh vật có thể có chu kỳ hay liên tục. Sinh trưởng liên tục (thường xuyên) thấy ở các thủy sinh vật đồng nhiệt hay biến nhiệt khi những sinh vật này sống ở các môi trường nước có điều kiện sống tương đối ít thay đổi như ở các thủy vực nhiệt đới, ở dưới đáy sâu thủy vực. Ở các thủy sinh vật vùng ôn đới, sinh trưởng có chu kỳ (theo mùa) rõ rệt, do đó việc phân tích quá trình sinh trưởng, tính tuổi của chúng tương đối rõ ràng: về mùa đông sinh trưởng chậm hẳn lại hay ngừng hẳn. Ở các sinh vật nhiệt đới, quá trình sinh trưởng liên tục, không phân biệt rõ rệt theo từng khoảng thời gian trong năm, do đó việc phân tích quá trình sinh trưởng rất phức tạp. Ở các vùng vĩ độ thấp sinh trưởng có chu kỳ chỉ có ở một số ít sinh vật ví dụ như ở san hô. Sinh trưởng ở bọ này chậm đi khi điều kiện sống xấu hẳn đi vào mùa mưa hay mùa nước tĩnh.

1.2. Phương pháp tính toán

Sinh trưởng ở thủy sinh vật có thể điều hòa, khi các bộ phận cơ thể sinh trưởng giữ nguyên tỷ lệ kích thước lúc đầu, hoặc không điều hòa, khi các bộ phận cơ thể sinh trưởng không đều như nhau, làm cơ thể mất kiểu hình thái cân đối ban đầu, tỷ lệ kích thước các bộ

phận thay đổi. Trong trường hợp sinh trưởng điều hòa, thấy ở nhiều loài giáp xác, ấu trùng, côn trùng, thân mềm, da gai Constantinov (1967) đề nghị lập công thức sau thể hiện quan hệ giữa trọng lượng cơ thể với độ dài cơ thể hay một bộ phận cơ thể của thủy sinh vật ở bất cứ giai đoạn nào của đời sống:

$$P = al^3$$

P: trọng lượng vật

l: độ dài cơ thể vật thay một bộ phận cơ thể nào đó.

a: hệ số tỷ lệ (được tính trước bằng phương pháp thực nghiệm).

Nhịp sinh trưởng được thể hiện bằng đơn vị độ dài hay trọng lượng thay đổi theo giai đoạn sinh trưởng của vật. Vật càng lớn, nhịp sinh trưởng theo độ dài càng giảm, ngược lại, nhịp sinh trưởng theo khối lượng càng tăng cao, rồi sau giảm dần đi. Sinh trưởng thay đổi theo sự biến đổi của nhiều nhân tố của môi trường như: nhiệt độ, độ muối, độ ô xy, thức ăn. Trong giai đoạn thành thực sinh dục, nhịp sinh trưởng giảm đi, và trong thời gian đẻ, sinh trưởng ở con cái và con đực khác nhau.

Để xác định mối quan hệ giữa lượng thức ăn của vật ăn và vào độ sinh trưởng của vật, người ta dùng khái niệm hệ số thức ăn. Đó là tỷ số giữa lượng thức ăn vật sử dụng và độ tăng khối lượng của vật ăn, không phụ thuộc vào chất lượng thức ăn và chất lượng độ tăng cơ thể vật. Hệ số thức ăn càng cao, khi độ dinh dưỡng của thức ăn càng thấp.

Về mặt trao đổi năng lượng trong quá trình sinh trưởng, người ta dùng các khái niệm hiệu ứng sinh trưởng, hiệu ứng sinh thái (SLôpotkin, 1960..).

Hiệu ứng sinh trưởng là tỷ lệ phần trăm năng lượng chứa trong phần vật chất cơ thể mới hình thành với năng lượng chứa trong thức ăn được vật sử dụng. Hiệu ứng sinh thái là tỷ lệ năng lượng tăng trưởng với toàn bộ năng lượng đã được cơ thể sử dụng trong khoảng thời gian ấy.

Để tính toán, Ivalev (1939) đề nghị dùng hai hệ số K_1 và K_2 . K_1 (hệ số hiệu ứng sinh trưởng) được tính theo công thức:

$$K_1 = \frac{100 \cdot Q_1}{Q}$$

Q_1 : năng lượng chứa trong thành phần vật chất cơ thể mới hình thành

Q : năng lượng thức ăn đã sử dụng.

Hệ số K_2 là tỷ số năng lượng tăng trưởng với toàn bộ năng lượng cơ thể đã sử dụng trừ đi năng lượng chứa trong chất bã thải ra (QR).

$$K_2 = \frac{Q_1 \cdot 100}{Q - QR}$$

Như vậy, trong hệ số K_2 , chỉ tính riêng số năng lượng đã được sử dụng trong cơ thể mà thôi. Hệ số K_2 có cùng một giá trị cực đại ở tất cả các thủy sinh vật từ vi khuẩn tới động vật có vú, bằng khoảng 70 - 80% (Vinberg, 1965).

Nhịp phát triển của thủy sinh vật phụ thuộc vào tốc độ sinh trưởng của vật. Quan hệ giữa nhịp phát triển của thủy sinh vật với nhiệt độ cũng giống như mối quan hệ này ở các sinh vật khác.

Ta biết rằng nhiệt độ tăng làm tăng tốc độ trao đổi chất, do đó làm tăng nhịp phát triển ở thủy sinh vật, rút ngắn thời gian phát triển. Để tính toán thời gian phát triển ở thủy sinh vật ở các nhiệt độ khác nhau, người ta thường dựa trên quy luật Vantokho tìm hệ số Q_{10} , tức là độ tăng sự phát triển của sinh vật khi nhiệt độ tăng lên 10°C , kết quả của độ tăng tốc độ của các phản ứng sinh hóa học trong cơ thể Q_{10} được tính theo công thức:

$$Q_{10} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{10}{t_2 - t_1}}$$

Từ đó có thể suy ra T_2 – thời gian phát triển ở nhiệt độ t_2

$$T_2 = T_1 \cdot Q_{10}$$

Thực nghiệm cho thấy là: hệ số Q_{10} ở thủy sinh vật thay đổi theo từng quãng nhiệt độ nhất định, chứ không bằng nhau ở tất cả các nhiệt độ. Theo Vinberg (1965) hệ số Q_{10} ở các độ tăng nhiệt độ khác nhau ở nhiều thủy sinh vật (động vật không xương sống và cá) như sau:

Quãng nhiệt độ	0 - 5	-10	-15	-20	-25	-30
Q_{10}	10,9	3,3	2,9	2,5	2,3	2,2

Nghiên cứu mối quan hệ giữa nhịp phát triển với nhiệt độ ở thủy sinh vật, người ta cũng còn dùng lý luận tổng nhiệt cơ thể được sử dụng phổ biến đối với các sinh vật ở cạn.

2. Sinh sản và phát triển ở thủy sinh vật

Sinh sản là phương pháp bổ sung các cá thể mới cho quần thể sinh vật, bảo đảm sự tồn tại và phát triển của loài. Vì vậy cũng như các sinh vật khác, đặc tính sinh sản của thủy sinh vật, hơn bất cứ quá trình sống nào khác, mang tính chất thích ứng của loài rõ rệt. Mỗi loài đều có những thích ứng sinh sản nhằm nâng cao hiệu suất sinh sản, bảo đảm tới mức cao nhất độ sống còn của cá thể mới sinh, thể hiện trong nhiều mặt của quá trình sinh sản: lối sinh sản, độ sinh sản, nhịp sinh sản, bảo vệ trứng, phôi và các giai đoạn phát triển sau phôi.

2.1. Lối sinh sản và độ sinh sản

Do tính chất thuận lợi đối với sự sống của môi trường nước hình thức sinh sản ở thủy sinh vật rất đa dạng, trong đó các hình thức sinh sản đơn tính và vô tính cũng như lối thụ tinh ngoài là rất phổ biến. Trong lối thụ tinh ngoài, do xác xuất gặp nhau của giao tử thấp, nên nhìn chung độ sinh sản của thủy sinh vật đều cao. Tuy nhiên, tùy theo điều kiện của môi trường ngoài ít hay nhiều thuận lợi, trong đời sống, thủy sinh vật có thể chuyển lối sinh sản: hữu tính khi ít thuận lợi, đơn tính hay vô tính khi thuận lợi. Tính chất sinh sản này rất phổ biến ở các thủy sinh vật bậc thấp, động vật cũng như thực vật và là nguyên nhân quan trọng làm số lượng quần thể tăng nhanh số lần sinh sản hữu tính trong năm ở thủy sinh vật,

tùy điều kiện môi trường ngoài có thể một lần (sinh sản một vòng) hai lần (hai vòng) hay nhiều lần (nhiều vòng) hay có thể không có lần nào, sinh sản hoàn toàn theo lối đơn tính. Các nguyên nhân của việc chuyển từ sinh sản vô tính sang hữu tính, ví dụ ở luân trùng và giáp xác, rất nhiều: do thay đổi nồng độ muối, thức ăn, pH, nhiệt độ, ánh sáng, do tăng mật độ v.v...

Độ sinh sản là chỉ số thể hiện số lượng sản phẩm sinh dục (thường là số trứng) được thủy sinh vật sinh ra trong đời sống. Độ sinh sản tuyệt đối là số lượng trứng vật cái sinh ra trong suốt đời sống hay trong một lần đẻ. Độ sinh sản tương đối là tỷ lệ giữa độ sinh sản tuyệt đối và trọng lượng cơ thể vật.

Phân tích các nguyên nhân làm thay đổi độ sinh sản ở cá, Nikonski (1964) cho rằng: độ sinh sản ở cá có quan hệ mật thiết với đặc tính sinh trưởng, phụ thuộc vào giai đoạn sinh trưởng, kích thước vật và cả điều kiện thức ăn. Cơ chế điều hòa độ sinh sản được tiến hành tự động qua biến đổi trao đổi chất, có liên quan đến sự thay đổi về điều kiện thức ăn.

Khi điều kiện sống bất lợi cho sinh trưởng và phát triển, thủy sinh vật sẽ chậm thành thực sinh dục, độ sinh sản chung của cá thể sẽ giảm đi (số trứng tổng cộng ít đi, số lần đẻ ít đi); nhiều khi biến đổi trong một biên độ rất lớn. Ví dụ: luân trùng *Brachionus pala* nuôi trong 14 ngày với hai loại thức ăn khác nhau, cho hai lứa đẻ với số con rất chênh lệch: 146 và 9. Các nhân tố ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển có thể là nhiệt độ, thức ăn, độ muối, ô xy v.v..

Độ sinh sản cũng phụ thuộc vào kích thước tuyệt đối của thủy sinh vật (vật càng lớn càng có độ sinh sản lớn) vào kích thước của phôi (phôi càng nhỏ càng có độ sinh sản lớn) vào khả năng bảo vệ trứng và chăm sóc con cái (khả năng càng thấp độ sinh sản càng cao). Các loài giáp xác biển thường đẻ trứng ra ngoài nước, với số lượng trứng nhiều nhưng kích thước nhỏ. Các loài giáp xác nước ngọt thì thường mang trứng để bảo vệ, với số lượng trứng ít nhưng kích thước lớn...

2.2. Nhịp sinh sản

Đặc trưng riêng cho từng loài và từng nhóm thủy sinh vật, thể hiện ở: mỗi loài chỉ sinh sản ở những thời gian nhất định với những điều

kiện sinh thái học nhất định: nhiệt độ, ánh sáng, thức ăn. Nguyên nhân của hiện tượng này là: thủy sinh vật cần đề vào thời gian có những điều kiện của môi trường thuận lợi nhất cho việc gặp gỡ các giao tử và cho sinh trưởng và phát triển của con non. Những điều kiện này trong tự nhiên thay đổi, chủ yếu là do sự thay đổi của năng lượng bức xạ mặt trời. Nhịp sinh sản này được xác định trong quá trình phát sinh chủng loại, thể hiện mối quan hệ giữa sinh vật và môi trường sống và qui luật bảo toàn nội giống của loài.

Ở các vùng vĩ độ cao, sự sai khác về các điều kiện nhiệt độ, ánh sáng theo các mùa trong năm rất rõ rệt, do đó nhịp sinh sản của thủy sinh vật cũng rất rõ rệt. Ở các vùng nhiệt đới, có hiện tượng nhịp sinh sản không rõ rệt, nhưng vẫn còn thấy ở một nhóm như ở nhiều loài ốc và trai ở Ấn Độ dương.

Nhịp sinh sản ở thủy sinh vật trong thiên nhiên có thể theo mùa, theo tuần trăng hay theo ngày đêm.

Nhịp sinh sản theo mùa chủ yếu do sự biến đổi của điều kiện nhiệt độ quyết định, có liên quan tới sự biến đổi có chu kỳ của các hiện tượng địa vật lý. Mỗi loài thủy sinh vật chỉ sinh sản vào những mùa nhất định trong năm, với những điều kiện nhiệt độ nước nhất định. Mùa sinh sản này phụ thuộc vào nguồn gốc địa lý động vật học của loài. Các loài ôn đới, thích ứng với điều kiện nhiệt độ thấp, chỉ sinh sản trong mùa nhiệt độ nước thấp trong thủy vực, điều này càng rõ rệt khi chúng sống trong các thủy vực nước ấm. Các loài nhiệt đới; ngược lại, chỉ sinh sản trong mùa nhiệt độ nước cao, điều này càng rõ rệt khi chúng sống trong các thủy vực nước lạnh. Các loài có phân bố rộng thường có sinh sản kéo dài quanh năm. Điều này có ý nghĩa là các giai đoạn đầu tiên của phát sinh cá thể (trứng ấu trùng) chỉ có thể tồn tại được trong điều kiện sống tối thuận của các dạng khởi thủy của loài, tức là các điều kiện sống nguyên thủy của quê hương phát sinh của loài, mặc dù sau này, trong quá trình phát sinh chủng loại sinh vật có được khả năng thích ứng rộng hơn so với các giai đoạn đầu. Khả năng này, một khi hình thành, chỉ xuất hiện ở các giai đoạn sau của phát sinh cá thể mà thôi (giai đoạn trưởng thành).

Mối liên quan của thời gian sinh sản của mỗi loài thủy sinh vật không phải chỉ có với điều kiện nhiệt độ mà còn cả với tình hình thức ăn, với nồng độ muối. Các loài có ấu trùng sống nổi, chỉ sinh

sản trong mùa có sinh vật nổi phát triển, bảo đảm điều kiện thức ăn cho chúng. Các loài có nguồn gốc biển sống trong nước ngọt phải ra biển để sinh sản.

Nhịp sinh sản theo tuần trăng có thể liên quan đến nhiều nguyên nhân, nhưng chủ yếu có thể do hoạt động của thủy triều và chế độ ánh sáng trong thủy vực (hình 42). Kiểu sinh sản này rất phổ biến ở giun nhiều tơ, nhưng cũng thấy ở cả các thủy sinh vật khác như thân mềm. Những nguyên nhân trên có thể cũng có liên quan tới nhịp sinh sản theo ngày đêm, thấy ở nhiều bọ thủy sinh vật như giáp xác, thân mềm, ruột khoang.

2.3. Thích ứng bảo vệ ở giai đoạn phôi và sau phôi

Các lối thích ứng bảo vệ này ở thủy sinh vật rất đa dạng, tất cả đều nhằm bảo vệ cho trứng và phôi khỏi bị hủy hoại, mất mát, mất khác, bảo đảm cho trứng và phôi những điều kiện môi trường tốt nhất để phát triển, trước hết là điều kiện ô xy và nhiệt độ. Trứng ở thủy sinh vật thường rất nhỏ, nhẹ dễ nổi lên các lớp nước bề mặt ấm hơn, và nhiều ô xy hơn. Trường hợp trứng nặng, thường được gắn vào các vật thể nổi. Nếu trứng đẻ ở đáy, thường ở các nơi nước chảy, giàu ô xy. Trứng chuồn chuồn có khi được đẻ vào trong mô xốp thực vật ở nước, vừa có tác dụng bảo vệ, vừa nhiều ô xy. Trứng và phôi còn có thể được bảo vệ và cung cấp ô xy theo lối bọc trong khoang trứng ở bụng (tôm), ở lưng (Daphnia) nhờ hoạt động của các chân bơi, ngâm trong miệng (cá rô phi) hay nằm trong mang (trai). Bảo đảm nhiệt độ cao để trứng và phôi phát triển nhanh, rút ngắn giai đoạn phôi còn có ý nghĩa thu ngắn giai đoạn thủy sinh vật yếu ớt nhất dễ bị tiêu diệt nhất. Một hình thức bảo vệ khác của thủy sinh vật là lối sinh trưởng nghỉ (giáp xác râu ngành, luân trùng) kén (giun ít tơ) hay mằm (hải miên) có khả năng chịu nóng và khô cạn cao.

Thích ứng bảo vệ ở giai đoạn sau phôi, thể hiện ở lối sinh sản có biến thái hay không biến thái và ở sự rút ngắn thời gian phát triển. Trong lối sinh sản có biến thái, các dạng ấu trùng khác hẳn dạng trưởng thành không những chỉ ở hình thái mà cả ở lối sống, nhất là ở thành phần thức ăn. Do đó, sự phát triển qua các giai đoạn ấu trùng (có biến thái) có quan hệ tới số lượng quần thể sau này. Ví dụ, các động vật đáy có giai đoạn ấu trùng sống nổi, sử dụng lượng thức

ăn sinh vật nổi rất phong phú ở tầng mặt, không xâm phạm đến khối lượng thức ăn ở đáy của các dạng trưởng thành. Mặt khác, trứng chuyển qua giai đoạn ấu trùng nhanh hơn chuyển thẳng sang các giai đoạn gần trưởng thành (ở phát triển không biến thái) con non tự kiểm lấy thức ăn sớm hơn, giảm bớt lượng noãn hoàng dự trữ, giảm bớt kích thước trứng; do đó số lượng trứng đẻ trong mỗi lứa sẽ nhiều hơn.

Theo quy luật Thôc son (Thorson, 1950; 1955) đi từ xích đạo về cực và từ ven bờ ra vùng khơi, hình thức sinh sản có biến thái ở thủy sinh vật ít dần đi. Ví dụ: ở ốc biển, từ vùng nhiệt đới tới các vùng cực tỷ số các loài sinh sản có biến thái (ấu trùng sống nổi) trên tổng số đã gặp giảm đi từ 90% - 0, ở trai tỷ số này thay đổi từ 79%-13%. Ở các vùng ven biển nhiệt đới và cận nhiệt đới, các động vật đáy có ấu trùng sống nổi là 90-95%, ở vùng cận cực là 65-70% và ở vùng cực vào khoảng 5% (Peres, 1961). Quy luật này được giải thích bởi nguyên nhân: ở vùng xích đạo, động vật nổi phát triển đều quanh năm, rất thuận lợi cho lối sinh sản có ấu trùng ăn sinh vật nổi, ở bất kì thời gian nào. Ở vùng cực sinh vật nổi chỉ phát triển trong từng thời gian ngắn, do đó ấu trùng sinh ra rất khó trùng vào thời gian có nhiều thức ăn.

IV. TRAO ĐỔI NƯỚC VÀ MUỐI Ở THỦY SINH VẬT

Trao đổi nước và muối giữa cơ thể và môi trường nước là hoạt động sống đặc biệt quan trọng ở thủy sinh vật, đặc trưng cho sinh vật sống ở nước. Thủy sinh vật không thể sống bình thường khi tách chúng ra khỏi môi trường nước. Trong cơ thể thủy sinh vật luôn luôn phải có một hàm lượng nước nhất định để bảo đảm các quá trình sinh hóa học, duy trì sự sống.

Ngoài lượng nước, trong cơ thể thủy sinh vật cũng cần có một hàm lượng muối nhất định, thành phần của các dịch cơ thể (dịch tế bào, máu, nước tiểu v.v.). Lượng muối này sai khác về nồng độ cũng như là về thành phần với nồng độ muối của môi trường nước bên ngoài. Do đó, để duy trì sự sống bình thường, ngoài việc đảm bảo lượng nước cần thiết thủy sinh vật còn cần những đặc điểm thích ứng và những khả năng điều hòa nước và muối trong cơ thể, chống lại những biến đổi của môi trường bên ngoài phải được coi là

những đặc điểm thích ứng của loài được hình thành nên trong lịch sử phát sinh chủng loại.

1. Trao đổi muối giữa cơ thể thủy sinh vật với môi trường bên ngoài

Trong thiên nhiên, nhu cầu về muối của cơ thể thủy sinh vật và quan hệ về nồng độ muối giữa cơ thể và môi trường ngoài được thể hiện rõ rệt nhất ở giới hạn phân bố theo nồng độ muối của thủy sinh vật. Mỗi loài thủy sinh vật, nói chung, chỉ sống ở nơi có nồng độ muối thích hợp. Thủy sinh vật nước ngọt và nước mặn không sống lẫn lộn với nhau. Địa trung hải ($s = 35\text{‰}$) và Hắc Hải ($s = 17\text{‰}$) thông với nhau, nhưng hai khu hệ thủy sinh vật vẫn riêng biệt rõ ràng. Đồng thời, trong mỗi thủy vực nồng độ muối không phải chỗ nào và lúc nào cũng ổn định. Lớp nước trên mặt ở biển vào vụ mưa thường nhạt đi, hoặc do bốc hơi trở nên mặn hơn. Vùng cửa sông, nước mặn và nước ngọt giao nhau nồng độ muối ở đây không còn như ở sông, cũng không còn như ở biển. Những biến đổi về nồng độ muối này nhất định ảnh hưởng tới đời sống thủy sinh vật sống trong thủy vực. Trong thiên nhiên cũng thường có hiện tượng thủy sinh vật biến di nhập vào nước ngọt, hoặc từ nước ngọt ra biển trong một thời gian.

Từ những hiện tượng trên có thể đặt ra hai vấn đề:

1. Giữa cơ thể thủy sinh vật và môi trường nước cơ một quan hệ nhất định về thành phần và nồng độ muối hay có thể gọi là quan hệ thẩm thấu, đó là điều kiện để thủy sinh vật sống được bình thường.
2. Thủy sinh vật có khả năng điều hòa quan hệ thẩm thấu này chống lại những biến đổi về nồng độ muối và thành phần muối của cơ thể, do biến đổi nồng độ muối và thành phần muối của môi trường nước bên ngoài.

1.1. Quan hệ thẩm thấu giữa thủy sinh vật với môi trường nước

Quan hệ này thường được thể hiện bằng quan hệ giữa áp suất thẩm thấu của dịch cơ thể ở thủy sinh vật và áp suất thẩm thấu của môi trường nước có muối hòa tan ở bên ngoài. Trong dịch xoang cơ thể (máu và nước tiểu) đặc tính thẩm thấu chủ yếu do nồng độ các ion vô cơ quyết định (Na, Cl). Các phân tử protit chỉ chiếm 1% áp suất

thẩm thấu mà thôi. Trong dịch tế bào, ngược lại áp suất thẩm thấu lại do các chất hữu cơ có phân tử thấp quyết định. Ở môi trường nước bên ngoài, áp suất thẩm thấu phụ thuộc vào độ phân ly ion của muối hòa tan. Áp suất thẩm thấu thường được đo bằng atmosphere (atm) hay mol (M) và milimol (mM) ($1M = 22,4atm$). Trong nghiên cứu, biến đổi của áp suất thẩm thấu thường được thể hiện và tính toán qua biến đổi của độ hạ băng (nồng độ muối càng cao, độ hạ băng điểm càng lớn).

Để chỉ quan hệ thẩm thấu so sánh giữa cơ thể thủy sinh vật đối với môi trường ngoài, người ta dùng các khái niệm: 1) quan hệ thẩm thấu tương đương hay đẳng trương (isotonic) khi dịch cơ thể và môi trường nước bên ngoài có áp suất thẩm thấu bằng nhau. 2) quan hệ thẩm thấu cao hơn hay ưu trương (hypertonic) khi dịch cơ thể có áp suất thẩm thấu cao hơn nước bên ngoài. 3) quan hệ thẩm thấu thấp hơn hay nhược trương (hypotonic) khi dịch cơ thể có áp suất thẩm thấu thấp hơn. Ví dụ: các động vật không xương sống ở biển đa số có quan hệ thẩm thấu tương đương hay chỉ cao hơn đối với môi trường ngoài, còn các động vật không xương sống nước ngọt đều có quan hệ thẩm thấu cao hơn rõ rệt đối với môi trường ngoài.

Thông qua các hoạt động sống của cơ thể, nồng độ muối dịch cơ thể luôn luôn có quan hệ chặt chẽ với nồng độ muối môi trường ngoài. Nhưng do những cấu tạo thích ứng về mặt thẩm thấu và khả năng điều hòa thẩm thấu ở thủy sinh vật không giống nhau, nên những biến đổi về nồng độ muối của môi trường ngoài tác động lên nồng độ muối của cơ thể thủy sinh vật không phải đồng nhất. Căn cứ vào quan hệ biến đổi giữa áp suất thẩm thấu của dịch cơ thể và của môi trường bên ngoài, có thể chia thủy sinh vật thành các nhóm sau:

1) Biến thẩm thấu (*poikiloosmotic*)

Dịch cơ thể có quan hệ thẩm thấu tương đương với môi trường ngoài. Áp suất thẩm thấu của dịch cơ thể biến đổi theo môi trường ngoài, thủy sinh vật không có khả năng điều hòa thẩm thấu. Đa số động vật không xương sống ở biển thuộc vào nhóm này. Trong động vật nước ngọt, có các nhóm: hải miên, ruột khoang, giun ít tơ, đĩa, thân mềm, giáp xác chân mang là các động vật biến thẩm thấu.

2) Đồng thẩm thấu (*homoiosmotic*)

Dịch cơ thể có quan hệ thẩm thấu cao hơn hay thấp hơn với môi trường ngoài. Áp suất thẩm thấu của dịch cơ thể tương đối độc lập với môi trường bên ngoài, thủy sinh vật có khả năng điều hòa thẩm thấu. Trong nhóm này có: động vật có xương sống nước ngọt, côn trùng và ấu trùng côn trùng, cá, giáp xác cao ở biển và nước ngọt.

3) Giả đồng thẩm thấu (*pseudohomoiosmotic*)

Động vật biến biến thẩm thấu, nhưng do ở xa bờ hay ở đáy biển sâu, nồng độ muối hầu như không thay đổi, nên áp suất thẩm thấu của dịch cơ thể cũng không thay đổi, tuy chúng không có khả năng điều hòa thẩm thấu.

Trong quá trình trao đổi muối, một mặt cơ thể sinh vật lấy muối vào qua thức ăn và thành phần cơ thể, một mặt thải muối ra qua chất bài tiết và thành phần cơ thể. Cân bằng muối trên đây giữa cơ thể với môi trường có thể biểu diễn bằng phương trình sau (Karandeva, 1965).

$$C_1 - C_0 = A/S - \Delta P \cdot C_1/PS$$

P : Khối lượng ban đầu của vật

ΔP : Khối lượng biến đổi

$C_1 - C_0$: nồng độ muối ban đầu và sau một khoảng thời gian

A : Chênh lệch giữa lượng muối vào và ra trên một đơn vị khối lượng.

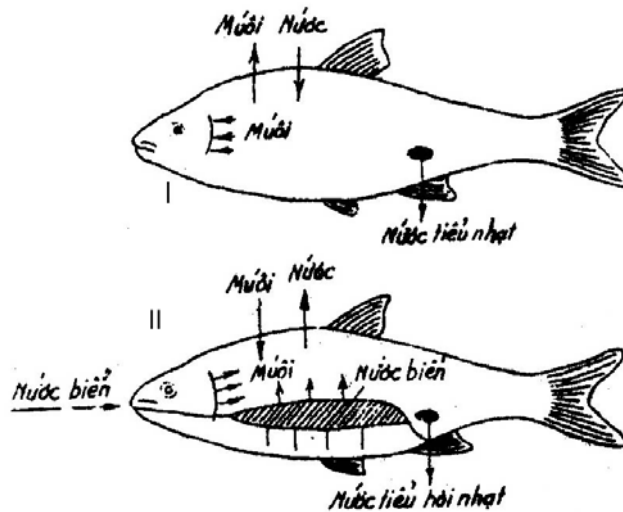
S : Khối lượng nước trong cơ thể (nội và ngoại) (sai khác giữa khối lượng tươi và khô).

1.2. Hoạt động điều hòa muối ở thủy sinh vật

Điều hòa muối là quá trình hoạt động của cơ thể bảo đảm cho dịch cơ thể giữ nguyên được nồng độ và thành phần muối nhất định của mình chống lại những biến đổi của môi trường ngoài. Do thành phần muối trong cơ thể thủy sinh vật, không những chỉ sai khác về mặt nồng độ chung mà còn sai khác cả về thành phần ion nữa, vì vậy, quá trình điều hòa phải đảm bảo cả hai mặt: điều hòa nồng độ muối chung (hay điều hòa thẩm thấu) và điều hòa thành phần ion (hay điều hòa ion).

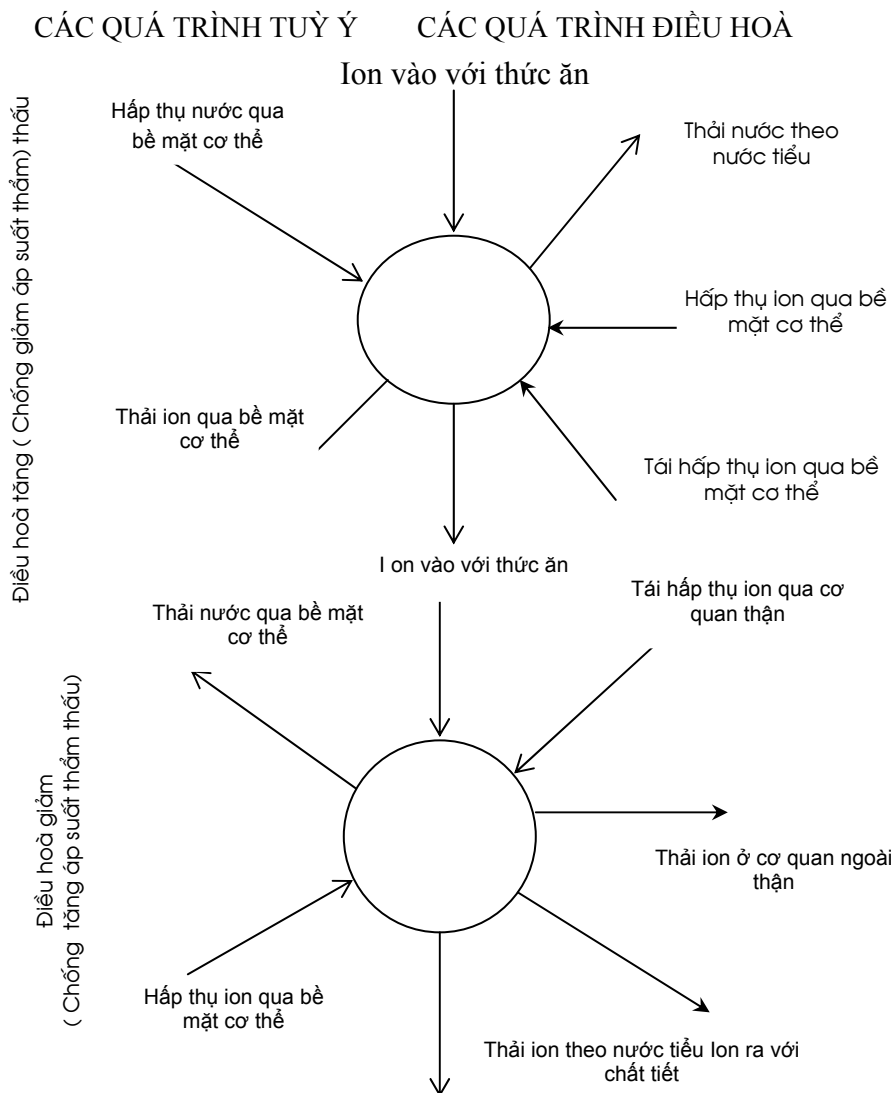
Điều hòa muối ở thủy sinh vật có thể tiến hành theo hai hướng: điều hòa tăng, nhằm chống hiện tượng giảm áp suất thẩm thấu của cơ thể, và điều hòa giảm - chống hiện tượng tăng áp suất thẩm thấu của cơ thể. Hai quá trình này tiến hành ở bọn động vật thủy sinh, tùy theo quan hệ thẩm thấu đối với môi trường ngoài của từng loại và biến đổi của môi trường ngoài. Trường hợp thứ ba là thủy sinh vật không tiến hành điều hòa thẩm thấu, đó là trường hợp các bọn biến thẩm thấu và giả đồng thẩm thấu, luôn có quan hệ thẩm thấu tương đương với môi trường ngoài.

Phương hướng điều hòa muối ở một loài thủy sinh vật (tăng hay giảm) không phải cố định trong mọi lúc mọi nơi mà tùy điều kiện cụ thể về nồng độ muối của môi trường ngoài mà thay đổi. Khi nồng độ muối bên ngoài giảm thấp, nước sẽ có xu hướng ngấm vào cơ thể và làm giảm nồng độ muối cơ thể, do đó, thủy sinh vật cần điều hòa tăng để giữ được nồng độ muối cần thiết. Khi nồng độ muối bên ngoài tăng cao, nước có xu hướng thoát ra ngoài có thể làm tăng cao nồng độ muối trong cơ thể, do đó, cần điều hòa giảm. Theo Karandeva (1965) trong quá trình điều hòa tăng và điều hòa giảm, có thể xảy ra các quá trình tùy ý và các quá trình điều hòa tăng và điều hòa giảm được trình bày ở sơ đồ sau (hình 2.11).



Hình 2.10. Sơ đồ cơ chế điều hòa thẩm thấu (theo Prosera, Braun, 1967)

I. Ở cá nước ngọt; II. Ở cá biển



Hình 2.11. Các quá trình cơ bản trong hoạt động điều hòa thẩm thấu ở động vật không xương sống ở nước (Karandaeveva, 1966)

Nhìn chung, trong quá trình điều hòa tăng, cơ thể phải làm giảm lượng nước từ ngoài vào, bảo vệ thành phần và nồng độ muối của cơ thể và thải bớt nước ra khỏi cơ thể dưới hình thức nước tiểu nhạt và nhiều. Mặt khác cơ thể tăng cường hấp thụ muối (dưới dạng các ion) qua bề mặt cơ thể. Trong quá trình điều hòa giảm lượng nước thải ra, đồng thời tăng cường thải bớt muối ra do cơ quan thận (dưới

hình thức nước tiểu mặn và ít) và các cơ quan ngoài thận. Các hoạt động trên, hoặc do các cấu tạo tế bào thích ứng bảo đảm, hoặc do hoạt động của các cơ quan đặc biệt tiến hành.

1.3. Cơ chế điều hòa muối ở thủy sinh vật

Việc trao đổi điều hòa muối giữa cơ thể sinh vật và môi trường hấp thụ muối hoặc thải muối được tiến hành theo hai cách: thụ động và chủ động. Trong cơ chế điều hòa thụ động, các chất muối tự động thẩm qua thành cơ thể do hiện tượng khuếch tán, nhờ chênh lệch nồng độ muối giữa cơ thể và môi trường ngoài. Trong cơ chế điều hòa chủ động, cơ thể thải hoặc lấy muối do cơ quan đặc biệt hay qua bề mặt không cần tới lực khuếch tán. Hoạt động điều hòa muối của thủy sinh vật có sự tham gia hoạt động của men, có hoạt tính mạnh ở các loài giáp xác có khả năng điều hòa muối cao (tôm, cua) và yếu ở các loài động vật không có khả năng điều hòa muối.

Điều hòa thụ động. Như đã nói, điều hòa thụ động thực hiện nhờ hiện tượng khuếch tán các chất từ môi trường có nồng độ muối cao sang môi trường nồng độ muối thấp qua màng tế bào cơ thể. Trường hợp phải chống lại sự xâm nhập của muối vào cơ thể hay thoát muối ra khỏi cơ thể là nhờ vào tính ít thẩm qua của các tế bào thành cơ thể, đặc biệt ở thực vật có các tế bào với màng chắc chắn. Nhờ vậy mà ở các động vật nước ngọt, trong khi áp suất thẩm thấu của dịch mô cao hơn môi trường ngoài tới 0,5-1atm, nhưng nước vẫn không vào các tế bào được, do tính chất của màng tế bào.

Khả năng thẩm qua màng tế bào của các chất hòa tan phụ thuộc vào độ lớn và vào độ phân cực của các phân tử. Kích thước càng nhỏ càng dễ lọt qua. Độ phân cực càng thấp càng dễ lọt qua. Do đó, các chất điện ly, có độ phân cực cao, rất khó lọt qua màng tế bào. Các nhóm cacbô xyl, hydrô xyl và amin, cũng như cacbua hydro (CH_4 , CH_2) có độ phân cực thấp rất dễ lọt qua. Các phân tử nước có tính phân cực, nhưng do kích thước nhỏ nên cũng dễ lọt qua màng tế bào. Các chất vô cơ không phân ly (CO_2 , H_2S) thẩm qua màng tế bào rất mạnh. Hiện tượng các chất vô cơ hòa tan trong nước xâm nhập vào cơ thể sinh vật qua thành cơ thể một cách thụ động đã được phát hiện ở nhiều loài thực vật và động vật. Các ion muối N, P, Si và các muối khác xâm nhập vào cơ thể tảo chủ yếu do lọt qua thành cơ thể. Đợt trùng mặt trời (*Actinosphaerium*) và amip vào

dung dịch NaCl, nguyên sinh chất của chúng đục lên, chứng tỏ NaCl đã lọt qua thành tế bào vào cơ thể.

Điều hòa chủ động. Được thực hiện nhờ các tế bào đặc biệt ở bề mặt cơ thể hoặc ở trên các cơ quan đặc biệt. Các tế bào này lấy các ion từ môi trường ngoài hoặc thải từ trong cơ thể ra không nhờ tới các lực lý hóa học. Nhờ đó, có thể giữ được nồng độ và thành phần muối ở mức độ nhất định, không phụ thuộc vào sự biến đổi của nồng độ và thành phần muối của môi trường ngoài. Có thể coi quá trình điều hòa chủ động như một quá trình hấp thụ và bài tiết có chọn lọc các ion cần thiết hoặc không cần thiết cho cơ thể, là cơ sở của quá trình điều hòa ion ở thủy sinh vật, bảo đảm cho dịch cơ thể có thành phần hóa học nhất định đặc trưng cho mỗi loài.

Điều hòa chủ động thấy cả ở động vật và thực vật. Tảo *Halicystis* và tảo khuê *Ethmodiscus rex* thải các ion nặng Mg, Ca, SO_4 và Ba cho cơ thể nhẹ, dễ sống nổi. Trong hàng loạt thí nghiệm với các động vật, từ động vật nguyên sinh, ruột khoang tới giáp xác, người ta đều thấy có những hiện tượng chứng tỏ hoạt động điều hòa chủ động muối ở các động vật này trong khi nồng độ muối ở bên ngoài tăng lên, thì nồng độ và thành phần muối trong cơ thể chúng vẫn không thay đổi. Điều hòa ion được thực hiện nhờ hoạt động hấp thụ và bài tiết của các tế bào đặc biệt ở nhiều loại cơ quan chuyên hóa khác nhau. Ở các ấu trùng *Trirhoptera* (*Limnophilus affinis*), muỗi (*Aede detritus*) là ống Manpighi (thải ion) và ruột sau (hấp thụ ion).

Ở giáp xác *Artemia salina* là các tế bào biểu mô của 10 đôi mang đầu tiên (thải ion) và biểu mô ruột (hấp thụ ion). Các ion, Cl được tôm hấp thụ qua màng. Ở ấu trùng *Chironomus* và *Culex*, hấp thụ ion được thực hiện qua mang hậu môn. Ở giáp xác *Gammarus duebeni*, ion Na được thải qua thành cơ thể.

Ở cá xương, cơ quan điều hòa ion Na là các tế bào Kênh - Vinme (Keys - Willmer) ở mang. Ở cá biển, các tế bào này thải Na, ở cá nước ngọt - hấp thụ vào. Ở loài cá *Fundulus heterochtus*, người ta thấy ở cùng một tế bào Kênh - Vinme, khi nồng độ muối đổi từ mặn sang ngọt ở vùng cửa sông, chức phận điều hòa ion của tế bào cũng đổi ngược lại theo quy luật trên: ở nước mặn thì thải Na, ở nước ngọt thì hấp thụ Na. Khả năng biến đổi thuận nghịch chức phận trao đổi ion như trên cũng thấy ở nhiều loại giáp xác và ấu trùng côn trùng.

Hiện tượng biến đổi thuận nghịch chức phận điều hòa ion của tế bào Kây - Vinme ở cá di cư sinh sản xảy ra ngay trước khi có sự thay đổi nồng độ muối của môi trường, khi cá đã đến kỳ di cư sinh sản. Các tế bào này đang thải Na chuyển sang hấp thụ Na, làm áp suất thẩm thấu của máu các loài cá này tăng lên khiến chúng không thể sống ở trong nước mặn được nữa mà phải đi vào nước ngọt.

1.4. Biến đổi của khả năng điều hòa muối ở thủy sinh vật

Tùy theo khả năng thích ứng với sự biến đổi của nồng độ muối, thủy sinh vật có thể chia thành hai nhóm: nhóm thích ứng rộng muối (euryhalin) và hẹp muối (stenohalin); riêng nhóm hẹp muối lại chia thành: hẹp muối mặn và hẹp muối nhạt. Khả năng thích ứng với nồng độ muối phụ thuộc vào khả năng điều hòa muối ở thủy sinh vật. Khả năng này tùy thuộc vào thành phần loài. Các loài sống ở nơi có nồng độ muối biến đổi nhiều sẽ có khả năng điều hòa muối tốt hơn các loài ở nơi có nồng độ muối ổn định. Khả năng thích ứng với biến đổi của nồng độ muối có thể tăng lên, khi vật được huấn luyện thích ứng dần dần với sự thay đổi nồng độ muối. Khi nồng độ muối môi trường ngoài giảm đi đột ngột, chênh lệch áp suất thẩm thấu giữa cơ thể thủy sinh vật và môi trường ngoài tăng lên một cách đột ngột, nước sẽ thẩm vào cơ thể và thủy sinh vật bị trương lên, dễ chết. Khi nồng độ muối môi trường giảm đi từ từ, chênh lệch áp suất thẩm thấu giữa cơ thể và môi trường ngoài không lớn, một phần muối kịp thời khuếch tán bớt ra môi trường ngoài, tránh cho sinh vật khỏi bị ngấm quá nhiều nước vào cơ thể. Điều này được ứng dụng trong việc thuần hóa các thủy sinh vật giữa các thủy vực có nồng độ muối khác nhau. Trong môi trường có nhiều ion hóa trị 1 (Na, K,...) thủy sinh vật dễ thích ứng với biến đổi của nồng độ muối hơn là trong môi trường nhiều ion hóa trị 2 (Ca, Mg...).

Trong quá trình điều hòa muối ở thủy sinh vật, có thể thấy rằng: nồng độ muối của dịch cơ thể thủy sinh vật bao giờ cũng ở trong khoảng 5-8‰, thấp nhất là 5 ‰, điều kiện đảm bảo để thủy sinh vật còn sống được bình thường. Ở thủy sinh vật biển, sức sống tăng lên khi nồng độ muối ở môi trường nước tăng cao hơn 5,8‰, còn ở thủy sinh vật nước ngọt, sức sống tăng lên khi nồng độ muối hạ thấp dưới 5,8‰. Đối với các thủy sinh vật thích ứng muối rộng, nồng độ muối 5-8‰ cũng là nồng độ giới hạn trên (với thủy sinh vật nước

ngọt), và giới hạn dưới (với thủy sinh vật nước mặn) của sự phát triển sản phẩm sinh dục. Do đó có thể cho rằng: nồng độ 5-8‰ là ngưỡng sinh lý chung ở thủy sinh vật, cần thiết cho các quá trình sống trong cơ thể có thể tiến hành được.

Khi nồng độ muối môi trường ngoài quá cao, vượt quá khả năng điều hòa nước, thủy sinh vật có thể chuyển sang đời sống tiềm sinh, sau khi đã thải ra môi trường một lượng nước lớn. Trong trường hợp này, cơ thể chúng bất động, sinh màng bọc và sống như vậy cho tới khi nồng độ muối bên ngoài thay đổi.

Khả năng sống tiềm sinh do nồng độ muối cao thấy ở nhiều bọ động vật, từ động vật nguyên sinh (trùng roi, trùng mao) tới luân trùng, giun, giáp xác. Khả năng này cao ở các động vật vùng triều, có nồng độ muối thay đổi luân.

1.5. Ý nghĩa sinh học của thành phần ion trong môi trường nước

Tác dụng của thành phần ion và tỷ lệ các ion trong môi trường nước đối với đời sống thủy sinh vật đã được Lôb nghiên cứu vào đầu thế kỷ này. Theo dõi sự phát triển của trứng cá *Fundulus* trong các dung dịch muối có thành phần và tỷ lệ khác nhau về muối hòa tan, ông nhận xét thấy:

1. Trong dung dịch chỉ có một loại muối (Na, K, Ca, Mg) trứng không phát triển được.
2. Thêm vào dung dịch một chất muối khác nào đó, theo một tỷ lệ nhất định, tính độc bị khử đi, trứng lại phát triển bình thường. Từ những nghiên cứu trên đi tới kết luận sau:
 - a. Các ion có tính chất đối kháng về sinh lý, khử độc lẫn nhau. Nếu là hai ion có tác dụng khác nhau, như Ca (giảm độ thấm màng tế bào) và Na (tăng lên) thì ta có tính đối kháng phân cực. Nếu là hai ion có tác dụng giống nhau nhưng khử nhau khi hòa lẫn (Ca và K) thì ta có tính đối kháng không phân cực.
 - b. Đặc tính sinh lý của các muối là do cation quyết định.
 - c. Muốn cho dung dịch khỏi độc, bảo đảm đời sống bình thường của thủy sinh vật trong dung dịch cần phải có một tỷ lệ nhất định giữa các ion hóa trị một và hóa trị hai. Hệ số này gọi là hệ số Lôb đặc trưng cho mỗi loài.

Lập cũng chứng minh rằng: khi nồng độ muối chung giảm đi, để bảo đảm hoạt động sinh lý bình thường của thủy sinh vật, hệ số này cũng phải giảm đi theo hướng tăng thêm các ion hóa trị 2 (Ca, Mg), giảm bớt các ion hóa trị 1 (Na, K). Điều này rất phù hợp với sự thay đổi về thành phần ion của nước trong thiên nhiên khi giảm nồng độ muối từ nước mặn sang nước ngọt. Thật vậy, khi chuyển từ nước mặn sang nước ngọt, hệ số này cũng giảm đi, do thành phần Ca ngày càng tăng, Na ngày càng giảm. Nước biển có hệ số này bằng 49, nước ở nồng độ muối 3,6‰ có hệ số bằng 27,8. Nước ngọt có hệ số thấp hơn nữa.

Do đó khi thủy sinh vật chuyển từ thủy vực này sang thủy vực khác thì về mặt điều kiện nồng độ muối có hai khó khăn phải vượt qua: sai khác về nồng độ muối chung và sai khác về thành phần và tỷ lệ các ion. Điều này rất quan trọng trong công tác thuần hóa thủy sinh vật.

Các thí nghiệm của Otvan (Ostwald) còn cho thấy là: dung dịch muối càng gần với nước biển về thành phần muối thủy sinh vật càng phát triển tốt. Ví dụ: Chất lượng dung dịch muối tăng dần theo thành phần muối phức tạp dần như sau :



Do đó, có thể thấy: các ion không phải chỉ quan trọng về mặt hóa trị mà còn cả về đặc tính riêng của từng ion. Các ion cùng dấu, cùng hóa trị có khi có tác dụng sinh lý khác nhau như Na và K, Ca và Mg.

Các thí nghiệm của Ostwald cũng chứng tỏ về mặt sinh lý nguồn gốc biển của thủy sinh vật. Thành phần muối gần với thành phần muối nước biển thuận lợi đối với sinh lý bình thường của thủy sinh vật, chứng tỏ môi trường sống nguyên thủy của chúng phải là môi trường biển.

1.6. Hiện tượng trữ muối hòa tan của thủy sinh vật

Thủy sinh vật không những chỉ hấp thụ hay thải, muối qua các quá trình điều hòa muối, mà còn có khả năng hấp thụ muối hòa tan trong cơ thể. Lượng muối tích tụ này có khi rất lớn, trong khi hàm lượng muối ở trong môi trường lại rất nhỏ. Hiện tượng này thấy ở nhiều bọn thủy sinh vật biển. San hô và Thân mềm có vỏ là những thủy sinh vật tích tụ một khối lượng lớn Ca ở nước biển, tới 50% trọng

lượng cơ thể của chúng là thành phần Ca. Hải miên silit, trùng phóng xạ, tảo khuê là những vật tích tụ Silic của nước biển, có khi tới 88% trọng lượng cơ thể của chúng là Si. Tảo Laminaria tích tụ một lượng Iod gấp 30.000 lần hàm lượng trong nước biển. Hải tiêu tích tụ một lượng Vanadium gấp 280.000 lần hàm lượng chất này có trong nước biển.

Do đó, thủy sinh vật giữ vai trò quan trọng trong chu trình muối khoáng trong thủy vực. Ngoài hoạt động điều hòa muối, chúng còn ảnh hưởng tới khối lượng muối trong thủy vực bằng khả năng tích tụ.

2. Trao đổi nước giữa cơ thể thủy sinh vật với môi trường ngoài

Trao đổi nước của cơ thể thủy sinh vật với môi trường ngoài được tiến hành trong các hoạt động sống: tiêu hóa, hô hấp, bài tiết và trao đổi nước, muối. Môi trường nước là điều kiện tồn tại của thủy sinh vật, do đó để bảo vệ khả năng sống khi bị tách khỏi môi trường nước, thủy sinh vật có những thích ứng về mặt cấu tạo cũng như về mặt sinh lý, nhằm đảm bảo giữ cho cơ thể một lượng nước cần thiết để duy trì đời sống. Có thể có nhiều cách: lặn vào nơi kín để khỏi mất nước, có cấu tạo bảo vệ lượng nước cơ thể, chuyển sang lối sống tiềm sinh trong điều kiện khô hạn.

2.1. Lặn vào nơi kín để bảo vệ lượng nước của cơ thể

Khi thủy vực bị khô cạn, thủy sinh vật trước hết chạy khỏi nơi bị khô cạn. Trường hợp không ra khỏi nơi khô cạn, các động vật có xu hướng lặn vào nơi kín (gầm đá tảng, gần các vật dưới nước), tự vùi xuống cát, xuống lớp đáy để giảm bốc hơi của cơ thể. Các lối lặn trốn ở trên thấy ở các sinh vật vùng triều ở biển. Lối chui xuống bùn phổ biến ở các động vật nước ngọt. Các động vật có khả năng này rất nhiều: côn trùng cánh nửa, ấu trùng muỗi, chuồn chuồn, đĩa, giun ít tơ, ốc Planorbidae, Bithymidae Vivipariadea, Pilidae, Limnaeidae trai Sphaeridae, giáp xác sống nổi *Diacyclops* *Megacyclops*, một số loài cá. Các loại động vật này có thể xuống sâu đến 1m, và có thể sống kéo dài như vậy đến hàng tháng, có khi hàng năm.

2.2. Có cấu tạo bảo vệ lượng nước trong cơ thể

Các cấu tạo bảo vệ thường thấy là vỏ cơ thể dày như lớp biểu bì ở Chân khớp và đá vôi ở Thân mềm, nắp miệng ở ốc. Một loại cấu tạo bảo vệ đặc sắc khác là bào xác ở động vật nguyên sinh, trùng nghỉ ở giáp xác râu ngành, luân trùng có thể chịu điều kiện khô hạn đến hàng năm. Một số thủy sinh vật chống khô hạn bằng cách thu nhỏ thể tích, tiết màng bọc rồi chuyển sang sống tiềm sinh. Khả năng này thấy ở: động vật nguyên sinh, luân trùng, bò chậm (*Tardigrada*) giun tròn, ấu trùng côn trùng. Khi gặp nước, vật sống tiềm sinh lại hồi sinh lại dần dần, mau hay chậm tùy theo thời gian sống tiềm sinh lâu hay chóng.

Do khả năng lẩn kín và sống tiềm sinh để chống khô cạn, có thể thấy trong tự nhiên, nhiều hiện tượng lạ: dưới mặt bùn khô có thể đi qua được ở sông Đa nuyt, có thể đào thấy cá sống, ốc sống; trong nắm bùn khô, vẫn thấy ấu trùng muỗi *Dasyhelea geleiana* sống tiềm sinh; hòa một nắm bùn khô lấy ở ruộng về vào bể nuôi, chỉ ít lâu là thấy sinh ra các loại giáp xác râu ngành trong bể (do trùng nghỉ còn sống trong bùn khô).

V. TRAO ĐỔI KHÍ Ở THỦY SINH VẬT

Trao đổi khí được thực hiện ở thủy sinh vật trong quá trình quang hợp và hô hấp. Khác với sinh vật trên cạn, thủy sinh vật trao đổi khí ô xy và cacbonic trong môi trường nước. Vì vậy, trao đổi khí ở thủy sinh vật, một mặt phụ thuộc vào đặc điểm thích ứng của thủy sinh vật với hoạt động trao đổi khí ở nước, mặt khác phụ thuộc rất nhiều vào chế độ khí trong môi trường nước. Đa số thủy sinh vật hô hấp hiếm khí. Trong lối hô hấp này, có tới 50% vật chất ô xy hòa tan được chuyển thành năng lượng, còn trong hô hấp kỵ khí, chỉ 3% mà thôi. Do đó, hô hấp hiếu khí có thể coi là hình thức sản sinh năng lượng tiết kiệm hơn. Hô hấp kỵ khí chỉ tiến hành ở môi trường giàu thức ăn và không có ô xy. Nhiều thủy sinh vật, có thể chuyển sang sống tiềm sinh trong điều kiện không có ô xy, khi có đủ ô xy chúng lại trở lại đời sống hoạt động và hô hấp hiếu khí.

1. Tính thích ứng của thủy sinh vật với điều kiện hô hấp trong nước

Hô hấp của thủy sinh vật trong nước là nhờ quy luật khuếch tán của ô xy và CO_2 , qua thành cơ thể và trong môi trường nước. Hệ số khuếch tán ô xy ở trong môi trường nước thấp hơn 320 lần so với trong không khí. Do đó, thủy sinh vật lấy ô xy trong nước khó hơn sinh vật ở cạn lấy ô xy trong không khí. Ngược lại, việc thải CO_2 trong nước lại dễ hơn nhiều so với ở cạn, một mặt do hệ số khuếch tán của CO_2 trong nước là khá cao, gấp 25 lần hơn hệ số khuếch tán ô xy, mặt khác nhờ trong nước có muối cacbonat trung hòa nhanh chóng CO_2 thải ra theo sơ đồ $\text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3$ hòa tan $\rightleftharpoons \text{CaCO}_3$ lắng đọng.

Do đó đặc điểm thích ứng đối với điều kiện trao đổi khí trong nước ở thủy sinh vật theo xu hướng chung là: tạo điều kiện tốt nhất về cấu tạo cơ thể cũng như về môi trường để tăng cường khả năng khuếch tán ô xy vào cơ thể và thải CO_2 ra ngoài nước. Về mặt cấu tạo cơ thể thủy sinh vật biến đổi theo hướng mở rộng diện tích tiếp xúc của cơ thể với nước, làm mỏng thành cơ thể để trao đổi khí được mạnh. Về mặt điều kiện môi trường, trao đổi khí được tiến hành dễ dàng khi có sự chênh lệch lớn về hàm lượng khí ở mặt trong và ngoài thành cơ thể, điều này được thủy sinh vật tạo nên bằng hoạt động khuấy nước của các cơ quan đặc biệt hoặc bằng cách di chuyển tới nơi thích hợp.

Trao đổi khí của thủy sinh vật phụ thuộc rất chặt chẽ vào các điều kiện của môi trường nước (hàm lượng khí trong nước, nhiệt độ, độ mặn, chuyển động của nước) và với đặc điểm cấu tạo thích ứng cơ thể ở thủy sinh vật.

Cũng do đặc điểm của môi trường nước về mặt trao đổi khí như vậy, nên các thủy sinh vật thứ sinh, trong khi giữ nguyên lối hấp thụ ô xy của sinh vật ở cạn (phổi), lại có xu hướng chuyển sang lối thải CO_2 của sinh vật ở nước (qua bề mặt cơ thể).

1.1. Thích ứng về mặt cấu tạo cơ thể thủy sinh vật

Phát triển theo hai hướng: mở rộng diện tích cơ thể để tăng cường diện tích tiếp xúc và làm mỏng thành cơ thể để khí dễ khuếch tán. Các thủy sinh vật, không có cơ quan hô hấp chuyên hóa đều có kích thước nhỏ, do đó có diện tích tương đối lớn: động vật nguyên sinh,

lân trùng, giáp xác nhỏ. Các cơ quan hô hấp chuyển hóa của thủy sinh vật (mang, khí quản) phân nhánh hoặc có số lượng nhiều cũng nhằm tăng cường diện tiếp xúc của cơ thể với môi trường nước, tăng cường trao đổi khí. Ở thực vật có xu hướng thủy biến hình (hydromorphose) là cây mọc trên mặt nước có dạng phiến liên, ở dưới mặt nước lại chẻ nhỏ. Có khi, cơ thể dài ngắn tùy theo điều kiện ô xy của nơi ở như ở giun ít tơ *Tubifex tubifex*. Thành cơ thể mỏng đi để tăng cường trao đổi khí thấy ở nhiều ấu trùng côn trùng (*Trichoptera*, *Chaoborus*, *Chironomidae* .v.v) có khi mỏng đi từng phần, có khi mỏng đi trên toàn cơ thể trong đó tầng cuticun ngoài mỏng đi là quan trọng. Các cơ quan hô hấp chuyển hóa theo quy luật chung đều có thành rất mỏng.

Ngoài các cơ quan hô hấp nhằm tăng cường diện tiếp xúc của cơ thể với môi trường nước, ở nhiều thủy sinh vật còn có các cơ quan thích ứng đặc biệt khác. Ấu trùng ruồi *Eristalis*, muỗi *Culex*, bả trầu (*Nep*) có những ống thở dài nên có thể thò ra ngoài mặt bùn, hay thò lên mặt nước để lấy ô xy. Nhện nước *Argyroneta* có chuông khí bằng tơ để chứa không khí dự trữ khi sống chìm dưới nước.

1.2. Tạo điều kiện trao đổi khí tốt ở môi trường nước

Được thủy sinh vật thực hiện bằng nhiều cách: di chuyển tới nơi có nhiều ô xy, tạo dòng nước chảy qua cơ thể mang ô xy tới và phân tán khí cacbonic đi, dựa vào hoạt động điều tiết ô xy của thực vật.

Các sinh vật đáy có xu hướng di chuyển đến nơi có nhiều ô xy trong tầng nước khi điều kiện ô xy ở tầng đáy giảm đi. Hiện tượng này thấy ở động vật nguyên sinh, giun, ấu trùng côn trùng, cá. Ấu trùng của động vật đáy, kém khả năng hấp thụ ô xy hơn dạng trưởng thành, trong giai đoạn đầu thường sống nổi trên tầng mặt có nhiều ô xy hơn. Ấu trùng *Chironomus* sống nổi cho đến khi máu xuất hiện hemogLôpin, giúp khả năng lấy ô xy tốt hơn, mới chìm xuống đáy.

Khả năng tạo dòng nước chảy qua cơ thể có ở nhiều động vật ở nước là biện pháp tốt để tạo điều kiện trao đổi khí tốt. Dòng nước chảy qua cơ thể có thể được tạo nên bởi hoạt động của tiêm mao (hải miên, luân trùng, trai) phần phụ giáp xác, mang (cá) hoặc bằng chính cơ thể (giun *Tubifex*, ấu trùng *Chironomidae*). Thủy sinh vật cũng có thể di chuyển tới chỗ nước chảy để có điều kiện trao đổi khí tốt.

Ngoài hai cách trên, động vật ở nước còn tạo điều kiện trao đổi khí tốt bằng cách phối hợp với thực vật có khả năng cung cấp ô xy cho chúng như: cộng sinh với tảo (động vật nguyên sinh, ruột khoang, giun, thân mềm), nhờ tảo sợi quấn quanh cơ thể hay tổ làm bằng lá cây xanh, (ấu trùng chuồn chuồn, ấu trùng bươm, Hydrocampidae), đẻ trứng vào mô xốp chứa khí của thực vật (côn trùng) sử dụng không khí có trong mô thực vật (nhiều loài ấu trùng muỗi, bươm).

1.3. Phối hợp giữa lối hô hấp ở cạn và ở nước

Đó là đặc điểm thích ứng thấy ở nhiều động vật và thực vật, đặc biệt là ở các động vật sống ở vùng ven bờ và sống trôi trên mặt nước.

Các loài thực vật nhóm sen, súng có lá rộng, mặt trên có rất nhiều khí khổng (1.300 khí khổng trên 1mm^2) để lấy từ khí trời, còn mặt dưới vẫn lấy ô xy từ nước nhờ thành biểu bì rất mỏng. Mặt trên lá cong lên và có bọc sấp để khỏi bị ngấm nước. Hô hấp khí trời cũng còn thấy ở các loại sứa ống có hệ ống dẫn khí lấy ô xy từ không khí.

Hô hấp phối hợp còn thấy ở loài ốc có phổi (Lymnaeidae) hay ốc có cả mang, cả phổi (ốc nhồi). Các loài ốc này lên mặt nước lấy ô xy chứa đầy xoang phổi. Các loài giáp xác sống ở ven biển (cua dừa, cáy, còng) cũng có lối hô hấp phối hợp nhờ cấu tạo đặc biệt của khoang mang giữ độ ẩm lâu. Hô hấp phối hợp cũng thấy ở nhiều loài cá, các loài ếch nhái.

Cần chú ý là lối hô hấp ở cạn khi thủy sinh vật ra khỏi nước trong một thời gian, thực hiện được là do trên mặt cơ quan hô hấp (mang) luôn luôn còn giữ được một lớp nước mỏng, tạo điều kiện trao đổi khí được dễ dàng. Do đó về nguyên tắc, trao đổi khí ở cạn và ở nước không khác nhau. Có thể vì vậy mà đa số các thủy sinh vật có hô hấp hai lối ở cạn và ở nước đều ở các vùng nhiệt đới có độ ẩm cao, giữ cho mang khỏi khô.

2. Cường độ trao đổi khí ở thủy sinh vật

Cường độ trao đổi khí được thể hiện bằng hàm lượng ô xy sinh vật sử dụng trong một đơn vị thời gian, trên một đơn vị trọng lượng cơ thể, tính theo đơn vị mg ô xy/ 1gam / 1 giờ.

Ta biết rằng, khi đốt cháy hết cùng một lượng protit, gluxit, lipit, cần có những lượng ô xy khác nhau và lượng năng lượng tỏa ra cũng sẽ khác nhau theo từng loại vật chất, nhưng đồng thời tỷ số giữa lượng ô xy sử dụng và lượng năng lượng tỏa ra đều xấp xỉ như nhau.

Vật chất	Năng lượng tỏa ra khi đốt 1g (K)	Ô xy cần để đốt 1g (O)	K/O
Protit	5,78	1,75	3,30
Lipit	9,46	2,88	3,28
Gluxit	4,18	1,18	3,53

Giả sử cho rằng các sinh vật đều có cùng một thành phần protit, lipit và gluxit theo tỷ lệ như nhau, thì như vậy, trong quá trình hô hấp, với mỗi một đơn vị ô xy được sử dụng sẽ cho một lượng năng lượng như nhau. Do đó, có thể suy luận rằng: căn cứ vào lượng ô xy đã được cơ thể sử dụng, có thể hình dung năng lượng cơ thể đã tiêu hao và số lượng vật chất đã được sử dụng trong hoạt động sống trong một thời gian nào đó. Ta cũng biết rằng khi đốt cháy protit, gluxit, lipit, không những cần lượng ô xy khác nhau mà lượng CO₂ toả ra cũng khác nhau. Tỷ số CO₂ với ô xy xác định được trong trao đổi khí có thể cho ta bàn luận được về đặc tính của vật chất đã được ô xy hóa trong quá trình hô hấp.

Như vậy, nghiên cứu trao đổi khí ở sinh vật có thể cho ta căn cứ để đánh giá được năng lượng đã tiêu hao và đặc tính hóa học của vật chất đã được sử dụng trong quá trình sống của cơ thể sinh vật.

Hệ số K/O (lượng calo toả ra khi đốt 1g vật chất và lượng ô xy cần để đốt) gọi là hệ số ô xy calo. Các nghiên cứu của Ivolev (1939) cho thấy, hệ số này ở thủy sinh vật trung bình bằng 3,38 cal/mgO₂. Hệ số này không phụ thuộc vào điều kiện môi trường sống của thủy sinh vật. Hệ số CO₂/O₂ gọi là hệ số hô hấp. Hệ số này trong trường hợp hô hấp hiếu khí thường nhỏ hơn 1 (O₂ > CO₂). Nhưng trong trường hợp hô hấp kỵ khí một phần (do phân hủy) thường xảy ra khi

thiếu ô xy, hệ số này có thể lớn hơn 1 ($\text{CO}_2 > \text{O}_2$). Hệ số hô hấp có thể thay đổi tùy theo nhiều nhân tố môi trường ngoài.

Cường độ trao đổi khí ở thủy sinh vật phụ thuộc vào hai loại nhân tố: đặc điểm của bản thân cơ thể thủy sinh vật và biến đổi của các nhân tố vô sinh và hữu sinh của môi trường ngoài.

Phụ thuộc vào đặc điểm cơ thể sinh vật.

Cường độ trao đổi khí phụ thuộc vào thành phần loài, sinh trưởng và trạng thái sinh lý của cơ thể. Quan hệ giữa cường độ trao đổi khí với kích thước cơ thể thủy sinh vật thể hiện mối quan hệ với thành phần loài và sinh trưởng nhìn chung là quan hệ nghịch: vật càng lớn, cường độ trao đổi khí càng giảm. Có thể biểu diễn quan hệ trên bằng phương trình:

$$Q = A * W^k$$

Trong đó: W : gam trọng lượng vật

A : hệ số.

Theo tính toán, cường độ trao đổi khí ở một số bọ thủy sinh vật, phụ thuộc vào kích thước cơ thể như sau:

Giáp xác : $Q = 0,165 W$ (0,81ml O_2 /giờ)

Cá nước ngọt : $Q = 0,297 W$ (0,81ml O_2 /giờ)

Cá biển : $Q = 0,321 W$ (0,79ml O_2 /giờ)

Quan hệ này có ngoại lệ: có khi cường độ trao đổi khí ở vật lớn lại lớn hơn ở vật nhỏ. Ví dụ: ở tôm *Leander adspersus* nặng 650mg có $Q = 0,32 \text{ mg}$ còn tôm *L. modestus* nặng 570mg lại có $Q = 0,13 \text{ mg}$. Ở một số loài cá, số mũ k không phải là 0,81 mà xấp xỉ bằng 1, nghĩa là quan hệ giữa Q và W trở thành gần như quan hệ hàm số thẳng.

Cường độ trao đổi khí cũng phụ thuộc vào các giai đoạn phát triển của thủy sinh vật các giai đoạn phát triển sau có cường độ trao đổi khí cao hơn các giai đoạn trước. Cường độ trao đổi khí còn phụ thuộc vào độ ăn và hoạt động của thủy sinh vật. Vật càng no môi, cường độ hô hấp càng cao. Vật càng vận động nhiều, cường độ hô hấp càng cao. Khi hoạt động, cường độ hô hấp của giáp xác tăng gấp đôi khi nghỉ, ở cá vàng - tăng gấp 5 lần.

Phụ thuộc vào các nhân tố môi trường ngoài.

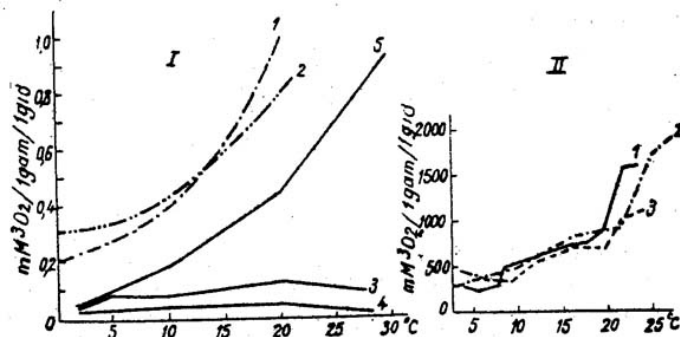
Trong số các nhân tố môi trường ngoài, quan trọng nhất là: nhiệt độ, hàm lượng ô xy trong nước, mật độ thủy sinh vật và quan hệ giữa các cá thể. Các nhân tố khác như nồng độ muối, pH thành phần ion cũng có ảnh hưởng nhất định tới cường độ hô hấp ở thủy sinh vật.

Ảnh hưởng của nhiệt độ lên cường độ hô hấp rất phức tạp (hình 2.10). Có khi quan hệ này theo kiểu tăng dần đều bình thường. Nhưng thường là khi nhiệt độ tăng, cường độ hô hấp tăng tới một giới hạn nào đó rồi ngừng tăng trong một khoảng nhiệt độ nhất định (đường biểu diễn đi ngang), đặc trưng cho từng loài, rồi lại tiếp tục tăng lên. Vùng nhiệt độ trong đó cường độ hô hấp hầu như không thay đổi gọi là “vùng nhiệt độ thích ứng”. Trong khoảng nhiệt độ tăng này, nhờ khả năng tự điều hòa, thủy sinh vật giữ được cân bằng năng lượng cơ thể không phụ thuộc vào thay đổi nhiệt độ bên ngoài. Điều này chứng tỏ trao đổi khí là một quá trình sinh học tự điều hòa, không phải đơn thuần là quá trình hóa động học hoàn toàn phụ thuộc vào điều kiện bên ngoài.

Hàm lượng ô xy trong nước khi giảm tới một giới hạn nhất định mới làm cường độ hô hấp giảm đi. Giới hạn này phụ thuộc vào thành phần loài ở thủy sinh vật và nhiệt độ nước. Có khi cường độ trao đổi khí gần như không phụ thuộc vào áp lực ô xy trong nước (hình 2.11).

Nồng độ muối ảnh hưởng đến cường độ trao đổi khí thông qua sự thay đổi cường độ điều hòa thẩm thấu: khi thay đổi nồng độ muối làm tăng cường hoạt động điều hòa thẩm thấu cường độ hô hấp sẽ tăng lên, còn trong trường hợp ngược lại cường độ hô hấp sẽ giảm đi. Hiện tượng hô hấp này thấy ở nhiều loài thực vật và động vật khi nồng độ muối thay đổi (tôm, giun, cá, tảo). Trường hợp thứ hai, cường độ hô hấp giảm đi khi nồng độ muối thay đổi khác với nồng độ muối tối thuận đối với thủy sinh vật. Hiện tượng này thấy ở nhiều loài thân mềm, giun và nhiều động vật khác. Ví dụ: ở trai *Cardium edule*, sống ở nồng độ muối 20‰. Cường độ hô hấp của loài này giảm đi 7-20‰ khi nồng độ muối giảm đi tới 0‰, hay tăng lên đến 42‰. Cần chú ý là sự thay đổi cường độ hô hấp theo sự thay đổi nồng độ muối chỉ thấy trong thời gian đầu mà thôi. Sau một thời gian, có hiện tượng thích ứng của thủy sinh vật với sự thay đổi nồng độ muối và cường độ hô hấp trở lại bình thường. Ngoài nồng độ muối chung, thành phần ion thay đổi cũng ảnh hưởng tới

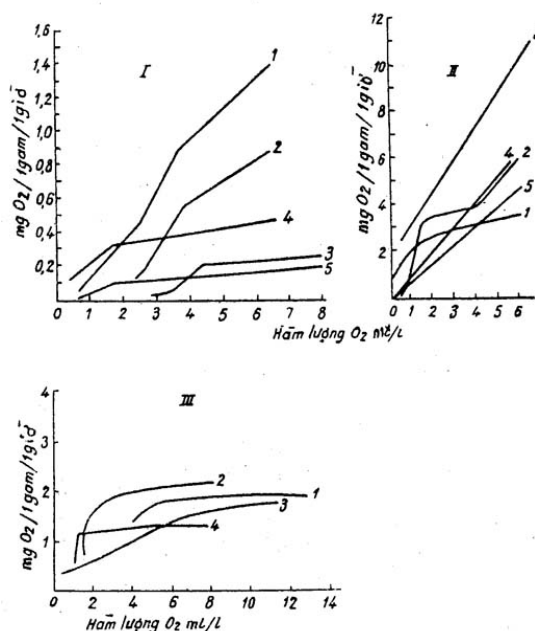
cường độ hô hấp. Hàm lượng Ca tăng làm giảm cường độ hô hấp ở nhiều thủy sinh vật.



Hình 2.12. Sự phụ thuộc của trao đổi chất vào nhiệt độ nước (Collardeau, 1961)

I: Con đực (1) và con cái (2) *Calanus finmarchicus*, *Nereis diversicolor* (3) *Arenicola marina* (4) *Hydrobia ulvae* (5).

II: Ấu trùng Trichoptera, *Plectrocnemia conspersa* (1), *Polycentropus flavomaculatus* (2), *Limnophilus rhombicus* (3)



Hình 2.13. Sự phụ thuộc của trao đổi chất ở thủy sinh vật với hàm lượng ôxy trong nước (Macan, 1963)

- I. Giáp xác *Metamysis Kowalewskyi* dài 2-4mm (1) và 10mm (2); *Hypania invalida* (3); ấu trùng *Chironomus pulmosus* (4); *Prodiamesa olivacea* (5).
- II. Địa Clossiphonia *complanata* (1); *Helodabella stagnalis* (2); *Piscicola geometra* (3); *Herpobdella testacea* (4); *H. octoculata* (5).
- III. Ấu trùng phù du *Baetis scambus* (1); *Lephtophiebia verpertinia* (2); *Ephemera vulgata* (3); *Cloeon dipterus* (4).

Cường độ hô hấp tăng khi mật độ cá thể trong quần thể tăng cao hay khi nơi ở hẹp lại. Nhưng khi mật độ quá cao, cường độ hô hấp lại giảm đi. Đối với các thủy sinh vật sống thành bầy, cá thể trong bầy có cường độ hô hấp thấp hơn khi sống lẻ loi.

3. Khả năng thích ứng với điều kiện thiếu ô xy của thủy sinh vật

Đa số thủy sinh vật là bọ sống cần ô xy, chỉ có thể sống trong một giới hạn hàm lượng ô xy nhất định. Chỉ có một số ít chủ yếu là vi khuẩn và động vật nguyên sinh là có thể sống trong điều kiện kỵ khí. Bọ sống cần ô xy khi điều kiện ô xy giảm xuống quá giới hạn chịu được, thường gọi là ngưỡng ô xy, sẽ chuyển sang trạng thái sống tiềm sinh thiếu ô xy (anô xybiose) trong một thời gian. Nếu hàm lượng ô xy tiếp tục giảm nữa, sẽ gây chết cho thủy sinh vật.

Khả năng chịu điều kiện thiếu ô xy ở thủy sinh vật thay đổi theo từng loài và sự thay đổi của tình trạng cơ thể và của môi trường ngoài.

Ngưỡng ô xy ở các thủy sinh vật quen sống ở nơi nhiều ô xy bao giờ cũng cao hơn ở bọ quen sống ở nơi hàm lượng ô xy thấp. Bọ sống nổi trong tầng nước có ngưỡng ô xy cao hơn bọ sống ở đáy và trong bọ này nhóm sống ở đáy bùn, nơi thường có hàm lượng ô xy thấp, thường có ngưỡng ô xy thấp hơn các nhóm sống ở các nền đáy khác (đá, cát. v.v). Bọ sống ở sông chịu thiếu ô xy kém hơn bọ ở hồ, ao. Thủy sinh vật ở vùng ôn đới chịu thiếu ô xy kém hơn thủy sinh vật vùng nhiệt đới, nơi thường xảy ra tình hình giảm hàm lượng ô xy trong thủy vực do nhiệt độ cao, vì vậy ngưỡng ô xy của chúng cao hơn. Cá thể trưởng thành chịu điều kiện thiếu ô xy tốt hơn cá thể non, vì vậy các dạng ấu trùng đều cần điều kiện đủ ô xy, ngưỡng ô xy cao. Vì các nhân tố của môi trường ngoài, nhiệt độ có ảnh hưởng nhiều nhất đến ngưỡng ô xy. Nhiệt độ tăng cao, nhu cầu

ô xy của sinh vật cũng tăng cao do trao đổi chất tăng cao, do đó ngưỡng ô xy cũng tăng cao.

Nhìn chung, thủy sinh vật sống được bình thường ở điều kiện ô xy trên 6-7mg/l. Khi hàm lượng xuống tới 2-1mg/l đã có hiện tượng chuyển sang trạng thái sống tiềm sinh thiếu ô xy. Khi ô xy giảm xuống dưới 1mg/l là đã có thể gây chết cho thủy sinh vật.

Trong thời kỳ sống tiềm sinh vì thiếu ô xy, thủy sinh vật không hoạt động, không ăn, trong cơ thể tăng cường quá trình phân hủy glycogen, có khi gấp 10 lần lúc bình thường để lấy năng lượng. Lượng sản phẩm sinh ra trong quá trình phân hủy rất lớn, có thể gây hại cho cơ thể, như phá hoại cấu trúc vi hình các protit. Do đó khả năng sống tiềm sinh lâu hay chóng trong điều kiện kị khí là tùy thuộc một phần vào khả năng thải các sản phẩm trao đổi chất trong thời gian đó. Ngoài ra còn phụ thuộc vào hàm lượng glycogen tích trữ của vật và vào nhiệt độ của môi trường.

Khi tình trạng giảm ô xy xảy ra một cách rộng khắp trong thủy vực và xuống dưới ngưỡng ô xy của đa số thủy sinh vật hay khi có các khí độc khác (CH_4 , H_2S) trong thủy vực sẽ xảy ra hiện tượng chết ngạt của cả khu hệ thủy sinh vật sống trong đó. Đầu tiên thủy sinh vật rời bỏ các tầng sâu, nổi lên mặt, kéo vào các khe rãnh xung quanh để tìm nơi có nhiều ô xy. Nếu tình trạng giảm ô xy tiếp tục, sẽ gây chết hàng loạt thủy sinh vật, trước hết là các loại sống nổi, rồi cả các loài sống ở đáy.

Hiện tượng chết ngạt thường xảy ra ở các thủy vực vùng ôn đới vào mùa đông, khi băng phủ kín mặt nước, hạn chế ô xy trong không khí vào nước. Mùa hè hiện tượng ngạt thở chỉ xảy ra vào ban đêm, trong các thủy vực nước đứng khi mất nguồn ô xy do quang hợp hay khi thực vật nổi phát triển quá mức. Ở các thủy vực nhiệt đới, hiện tượng ngạt thở có thể xảy ra quanh năm và thường do nguyên nhân mất ô xy do phân hủy quá mức chất hữu cơ tích tụ ở đáy (hiện tượng cá thối). Ở các thủy vực nằm trong vùng dân cư (ao làng, hồ trong thành phố) sau mỗi trận mưa, chất hữu cơ tích tụ vào thủy vực nhiều theo cống rãnh, thường xảy ra hiện tượng ngạt thở của thủy sinh vật.

Ngạt thở của thủy sinh vật còn có thể xảy ra cả ở sông và biển, có khi mang tính chất chu kỳ. Ở biển Adóp, hiện tượng ngạt thở xảy ra hàng năm từ tháng 5 tới tháng 8, trong thời gian nước lặn, hàm lượng ô xy ở đây giảm xuống tới vài phần mười mg/l. Vùng ven biển

Pêru, cứ khoảng 10-12 năm lại xảy ra hiện tượng ngạt thở làm chết thủy sinh vật hàng loạt, do chu kỳ di chuyển của dòng nước nóng xích đạo tới vùng này, làm giảm hàm lượng ô xy trong nước biển.

VI. HIỆN TƯỢNG PHÁT QUANG Ở THỦY SINH VẬT

Khả năng phát quang rất phổ biến ở thủy sinh vật biển. Có tới 60% các loài mực và 45% các loài cá ở sâu trên 3000m có khả năng phát quang (Nikonski, 1963). Ngoài ra còn thấy ở nhiều loài trùng roi (*Noctuluca miliaris*, *Peridinium Ceratium*) trùng phóng xạ (*Thalassicolla*, *Sphareozoum*), sứa, giun nhiều tơ (*Polynoia*, *Chaetopterus*), giáp xác (*Cypridina*), hải tiêu và nhiều loại vi khuẩn. ở nước ngọt, sinh vật phát quang rất ít thấy, ví dụ loại ốc *Latia neritoides* ở suối và sông vùng Tân Tây lan, các vi khuẩn *Vibrio*.

Đặc tính phát quang ở thủy sinh vật nhiều khi mang ý nghĩa sinh học; có tác dụng gọi nhau giữa con đực con cái (giun Syllidae), bảo vệ (mực *Sepiolinae*), rình mồi (cá Ceratiidae). Ở các thủy sinh vật khác, hiện tượng phát quang không mang một ý nghĩa sinh học gì rõ ràng, có thể chỉ là hiện tượng xảy ra trong quá trình ô xy hóa trong cơ thể (động vật nguyên sinh, vi khuẩn).

Ánh sáng của thủy sinh vật phát ra, có khi là do chính cơ thể của chúng phát ra trong các quá trình sinh lý, nhưng cũng có khi do các vi khuẩn cộng sinh trong các cơ quan đặc biệt của cơ thể chúng phát ra như thấy ở nhiều loài cá và mực. Hiện tượng phát quang xảy ra do quá trình ô xy hóa chất luciferin với chất men luciferaz được hoạt hóa khi có ô xy. Ánh sáng phát ra có thể màu xanh, màu tím hay xanh lục.

Hiện tượng phát quang của thủy sinh vật trên hải dương mạnh nhất ở vào khoảng từ 20-50° vĩ độ Bắc. Quanh vùng xích đạo không có hiện tượng này. Đi xuống phía Nam Bán cầu từ 8-20° lại bắt đầu xuất hiện. Do đó có thể coi hiện tượng phát quang ở thủy sinh vật biển là có tính chất đối xứng qua xích đạo về mặt phân bố.

Phát quang ở thủy sinh vật biển đặc biệt dễ thấy khi kích động vào các sinh vật nổi phát quang trên mặt nước biển. Các tàu biển đi vào ban đêm trên mặt biển do đó thường để lại vệt sáng trên mặt biển rất dễ bị lộ trong hoạt động quân sự trên mặt biển. Hiện tượng phát quang cũng còn thấy cả ở nước biển, khi trong nước có chứa nhiều hỗn hợp chất hữu cơ.

Chương III

ĐỜI SỐNG QUẦN THỂ THỦY SINH VẬT

Quần thể (population) là nhóm cá thể thuộc một loài sinh vật sống trong một khu vực nhất định của vùng phân bố của loài. Quần thể là hình thức tồn tại cụ thể của loài trong thiên nhiên và là một thành phần của một quần xã sinh vật nhất định. Quần thể là do nhiều cá thể tập hợp lại nhưng trong tập hợp đó có mối quan hệ chặt chẽ và có quy luật giữa các cá thể, làm cho quần thể trở thành một thể thống nhất có liên hệ mật thiết với môi trường sống. Do đó, phải coi quần thể như một hình thái phát triển của chất sống ở mức độ trên cá thể, đặc trưng bởi cấu trúc, quan hệ quần thể và biến động số lượng quần thể.

I. CẤU TRÚC QUẦN THỂ THỦY SINH VẬT TRONG THỦY VỰC

Quần thể không đồng nhất về các thành phần cấu tạo của mình và không đồng nhất về thành phần phân bố của các cá thể trong không gian. Cấu trúc quần thể được đặc trưng bởi mật độ, cấu trúc tuổi, phân bố các cá thể, thành phần sinh trưởng và sinh dục trong quần thể

1. Kích thước và mật độ của quần thể

1.1. Kích thước quần thể

Kích thước của quần thể là số lượng cá thể biểu thị khoảng cách về không gian giữa các cá thể trong quần thể, từ đó có thể hình dung độ gập trong quần thể. Kích thước quần thể có thể là khối lượng vật tươi hay trọng lượng chất khô biểu thị hàm lượng chất sống, quan hệ giữa các chất có nước và không có nước của một loài trong không gian. Số calo nói lên số năng lượng bao hàm trong quần thể.

Những quần thể sống trong không gian rộng, điều kiện sống thuận lợi có số lượng đông hơn so với những quần thể có vùng phân

bổ hẹp và điều kiện sống bị hạn chế. Trong điều kiện nguồn sống có giới hạn, những loài thủy sinh vật có kích thước nhỏ thường tồn tại trong quần thể đông nhưng sinh khối lại nhỏ (vi khuẩn, vi tảo, giáp xác phù du...), ngược lại, những loài có kích thước cá thể lớn hơn nhưng quần thể lại nhỏ và sinh khối cao (thân mềm, cá...).

Kích thước của quần thể trong một không gian và một thời gian nhất định được diễn tả theo công thức sau:

$$N_t = N_0 + B - D + E - I$$

N_t : số lượng cá thể của quần thể ở thời điểm t

N_0 : số lượng cá thể ban đầu, $t = 0$.

B : số lượng cá thể sinh ra trong quãng thời gian từ t_0 đến t .

D : số lượng cá thể bị chết trong quãng thời gian từ t_0 đến t .

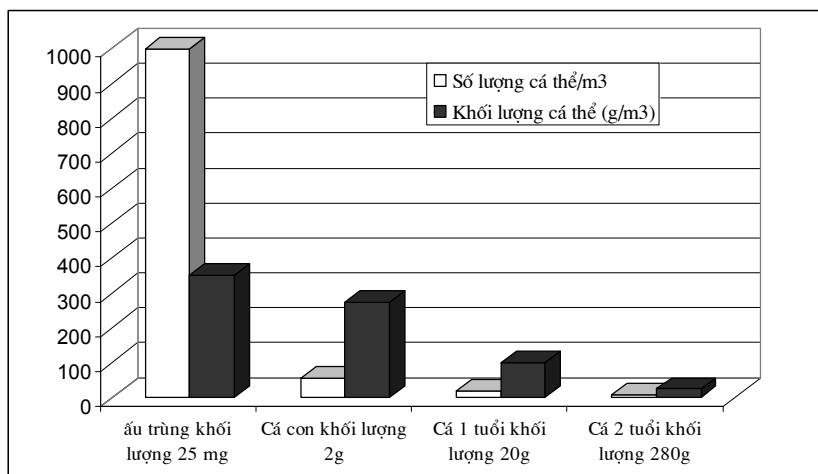
E : số lượng cá thể nhập cư vào quần thể trong quãng thời gian từ t_0 đến t .

I : số lượng cá thể di cư ra khỏi quần thể trong quãng thời gian từ t_0 đến t .

Trong công thức trên, bản thân mỗi giá trị cũng mang những thuộc tính riêng, đặc trưng cho loài và biến đổi một cách thích nghi với những biến đổi của các yếu tố môi trường.

1.2. Mật độ của quần thể

Mật độ quần thể được thể hiện bằng số lượng sinh vật trên một đơn vị diện tích (sinh vật đáy) hay thể tích (sinh vật nổi). Số lượng sinh vật ở đây có thể được tính bằng số lượng cá thể, khối lượng, trọng lượng khô hay calo. Mỗi đơn vị mật độ có một ý nghĩa bổ sung cho nhau, làm sáng tỏ thêm đặc tính của mật độ quần thể sinh vật nghiên cứu. Mật độ quần thể quy định tổng lượng trao đổi chất của quần thể. Khi kích thước cá thể giảm, cường độ trao đổi chất của nó tăng lên và ngược lại, khi kích thước cá thể tăng, cường độ trao đổi chất lại giảm. Do đó, tổng lượng trao đổi chất đóng vai trò xác định giới hạn mật độ của quần thể, liên quan tới sự phát triển về số lượng và sinh khối của quần thể (hình 3.1).



Hình 3.1. Các mức nuôi thả ấu trùng, cá con, cá một và hai tuổi của cá chép *Cyprinus carpio* trên 1m³ nước đầm nuôi

(Theo Shpet (1962), trong Constantinov, 1972)

Mật độ của quần thể còn chi phối tới các hoạt động chức năng của cơ thể (dinh dưỡng, hô hấp, sinh sản...) cũng như trạng thái tâm lý của các cá thể trong quần thể.

Mật độ quần thể còn là một chỉ số sinh học báo động về trạng thái số lượng của quần thể cần tăng lên hay giảm đi. Khi mật độ quá cao, điều kiện sống suy giảm, trong quần thể xuất hiện những tín hiệu điều chỉnh sự giảm số lượng như thực hiện di cư của một bộ phận quần thể, giảm khả năng sinh sản, giảm mức sống sót của các cá thể non hoặc già. Khi mật độ thừa, quần thể có cơ chế điều chỉnh ngược lại. Nếu mật độ quá thấp thì điều kiện gặp gỡ giữa con đực và con cái trở nên khó khăn, khả năng sinh sản, sức sống của con non và khả năng bảo vệ khỏi kẻ thù cũng như sức chống chọi với những biến đổi môi trường sống giảm. Như vậy, mỗi loài, mỗi quần thể trong những điều kiện sống cụ thể của mình đều có mật độ xác định trong cơ chế điều chỉnh số lượng cá thể của quần thể.

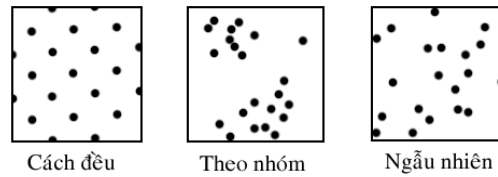
Đặc điểm của quần thể thủy sinh vật là có mật độ cao, không những ở các nhóm sinh vật phân hủy (vi khuẩn) mà còn ở sinh vật sản sinh và tiêu thụ. Trong các thủy vực giàu dinh dưỡng, số lượng tảo đơn bào có khi tới hàng triệu cá thể/lít, động vật nổi có khi tới hàng nghìn cá thể/lít. Tuy nhiên, do kích thước nhỏ, khối lượng của

quần thể không lớn nên vi khuẩn chỉ đạt vài phần nghìn hay vài phần mười nghìn gam/lít. Thực vật nổi hoặc động vật nổi chỉ đạt hàng trăm gam/lít. Mật độ lớn của thủy sinh vật và diện tích lớn của thủy vực giải thích hiện tượng cường độ sản sinh của chúng không lớn bằng sinh vật ở cạn nhưng tổng sản lượng chất hữu cơ do thực vật sản sinh hàng năm trong thủy vực lại lớn hơn thực vật ở cạn tới 2-3 lần.

2. Các dạng phân bố theo không gian của quần thể

Phân bố các cá thể của quần thể trong thủy vực có thể ngẫu nhiên, đồng đều hay phân bố thành điểm/nhóm (hình 3.2).

- Phân bố ngẫu nhiên thường gặp trong trường hợp quần thể sống trong môi trường đồng nhất và các cá thể trong quần thể không có tính chiếm cứ lãnh thổ đồng thời không có xu hướng sống hội tụ với nhau.
- Phân bố đều là sự phân bố hiếm gặp trong tự nhiên. Phân bố đều phản ánh kết quả cạnh tranh mãnh liệt giữa các cá thể trong quần thể. Quần thể cá đuôi cò (*Macropodus operacularis*) sống trong ruộng lúa nước đã chọn cho mình kiểu phân bố đều
- Phân bố thành từng nhóm/điểm là kiểu phân bố đặc trưng của quần thể thủy sinh vật, do tính chất không đồng đều của điều kiện sống trong thủy vực cả ở nền đáy cũng như trong các tầng nước. Sự phân bố không đồng đều về thức ăn, các muối dinh dưỡng, lượng ô xy, nhiệt độ... Ở các vùng khác nhau trong thủy vực là một trong các nguyên nhân hình thành sự phân bố tập trung thành từng điểm của các cá thể trong quần thể. Trong hiện tượng di động ngày đêm, các quần thể thủy sinh vật khi tập trung cả ở tầng mặt, khi lại chìm sâu xuống tầng đáy. Cá chỉ tập trung ở nơi có nhiều động vật nổi, động vật nổi lại di chuyển theo thực vật nổi. Hiện tượng tập trung thành từng điểm/nhóm rất phổ biến ở các nhóm thủy sinh vật (cá, giáp xác, thân mềm) được coi là có tác dụng bảo vệ: chống sự tấn công của kẻ thù, chống các điều kiện bất lợi của môi trường (nhiệt độ thấp...), hoặc để vây bắt con mồi lớn...



Hình 3.2. Ba dạng phân bố chủ yếu của các cá thể trong quần thể

3. Cấu trúc tuổi của quần thể

Cấu trúc tuổi của quần thể được biểu thị bởi tỷ lệ các cá thể với các lứa tuổi khác nhau. Tuổi có thể tính theo ngày, tháng, năm hoặc có thể phân thành các nhóm: trước giai đoạn sinh sản, giai đoạn sinh sản và giai đoạn sau sinh sản.

Quần thể có nhiều nhóm tuổi, chúng có quan hệ với nhau rất mật thiết về mặt sinh học, tạo nên cấu trúc tuổi của quần thể. Tỷ lệ giữa các nhóm tuổi của từng thể hệ có ý nghĩa quan trọng trong nghiên cứu sinh thái nói chung và trong thực tế sử dụng, khai thác nguồn lợi thủy sinh vật nói riêng. Nếu xếp chồng số lượng cá thể theo các nhóm tuổi từ thể hệ non đến thể hệ già ta có được tháp tuổi của quần thể.

Cấu trúc tuổi của quần thể biểu thị sự phản ứng của quần thể với các biến động của điều kiện sống đồng thời điều chỉnh các nhịp hoạt động của quần thể để thích ứng với điều kiện môi trường. Thí dụ khi nguồn dinh dưỡng suy giảm, điều kiện môi trường trở nên không thuận lợi, số lượng con non, con già giảm đi nhanh chóng, kích thước hay số lượng cá thể của quần thể bị thu hẹp. Nhóm tuổi trung bình còn lại được thừa hưởng nguồn thức ăn đầy đủ hơn nên nhanh chóng khôi phục lại số lượng của quần thể và như vậy, quần thể được duy trì.

Nếu xem xét cấu trúc tuổi theo khả năng sinh sản thì trong quần thể, nhóm trước sinh sản là những cá thể còn non. Nhóm này có xu hướng tăng trưởng chủ yếu về kích thước và khối lượng. Cơ quan

sinh dục và sản phẩm sinh dục đang dần phát triển để tới giai đoạn chín muồi.

Nhóm đang sinh sản là lực lượng tái sản xuất của quần thể. Kiểu sinh sản, sức sinh sản tùy thuộc vào tiềm năng sinh học của mỗi loài. Nhóm sau sinh sản là những cá thể già không còn khả năng sinh sản. Cấu trúc tuổi của quần thể cho thấy trạng thái của quần thể: đang phát triển, ổn định hoặc suy thoái. Ý nghĩa này rất quan trọng trong việc khai thác tự nhiên. Thí dụ như trong mẻ lưới đánh cá, số lượng cá trưởng thành chiếm ưu thế thì loài cá này còn có tiềm năng khai thác. Ngược lại, trong mẻ lưới, cá con ưu thế thì quần thể cá này đang rơi vào tình trạng suy giảm do khai thác quá mức.

Tuy vậy, trong sinh giới không phải tất cả các quần thể đều tồn tại 3 nhóm tuổi theo khả năng sinh sản như trên. Thí dụ như các loài cá hồi *Salmon spp.*, cá chình *Anguilla spp.* Không có nhóm sau sinh sản vì khi đẻ trứng xong thì chúng bị kiệt sức và chết ngay sau đó.

4. Cấu trúc giới tính

Sự phân chia giới tính là hình thức thích ứng cao trong sinh sản của sinh vật. Trong thiên nhiên, tỷ lệ chung giữa con đực và con cái thường là 1:1, song tỷ lệ này biến đổi khác nhau theo từng đặc điểm di truyền của loài đồng thời phụ thuộc vào sự thay đổi môi trường sống.

Trong quần thể, nhịp điệu sinh sản tăng khi số lượng các cá thể cái lớn, song trong điều kiện đó, sức sống của con non giảm. Bởi vậy trong môi trường thuận lợi, nhiều loài động vật có tỷ lệ cá thể cái cao, thậm chí có trường hợp trong quần thể chỉ thấy toàn cá thể cái. Điều đó thấy rõ ở các quần thể giáp xác râu ngành (Cladocera) và trùng bánh xe (Rotatoria). Những quần thể của hai nhóm trên có phương thức sinh sản đơn tính hay còn gọi là trinh sản (parthenogenous). Khi điều kiện môi trường không thuận lợi, số lượng con đực trong quần thể lại tăng lên, làm tăng sức sống của con non. Ở thủy sinh vật, sự biến đổi giới tính có liên quan chặt chẽ với sự biến đổi môi trường sống, đặc biệt với thay đổi nhiệt độ nước. Ở trùng bánh xe và giáp xác râu ngành, sự xuất hiện con đực phụ thuộc vào điều kiện nhiệt độ nước và thức ăn. Ở giáp xác chân

chèo *Macrocylops albidus*, nhiệt độ nước ở 10-12°C có tỷ lệ con đực là 40,2%, ở 25-28°C, tỷ lệ này lên tới 64,7%. Ở *Gammarus sanlinus*, số con đực gấp 5 lần con cái ở 5°C, còn ở 23°C sẽ 13 lần kém đi.

Một số loài động vật ở nước lại có đặc điểm sinh sản lưỡng tính, có sự biến đổi luân phiên đều đặn giữa pha đực và pha cái. Khi đó, cấu trúc giới tính phụ thuộc vào tuổi của cá thể. Thí dụ loài tôm *Pandalus borealis* tham gia vào đàn để trứng ở pha đầu thường là con đực với tuổi 2,5 năm, sau đó lại chuyển giới tính ở mùa sinh sản tiếp sau. Tôm *Solenocera membranaela* có tuổi thọ 3 năm, nhưng 2 năm cuối đời lại hoạt động như cá thể cái. Do vậy, trong quần thể loài này số lượng con đực ở dạng trưởng thành rất ít.

II. SINH TRƯỞNG CỦA QUẦN THỂ

Sinh trưởng quần thể là một đặc tính thích ứng của loài bảo đảm cho một quần thể tồn tại được trong những điều kiện cụ thể của môi trường. Thành phần sinh trưởng của quần thể phụ thuộc một mặt vào đặc tính di truyền của loài, mặt khác phụ thuộc đặc tính cụ thể của môi trường sống. Đặc điểm thành phần sinh trưởng của thủy sinh vật là sự sai khác lớn về số lượng giữa các thành phần sinh trưởng và các thế hệ. Ở các giai đoạn sinh trưởng non, đặc biệt ở các thủy sinh vật kém khả năng tự bảo vệ (thân mềm, giáp xác, giun, cá con) số cá thể bị tiêu diệt nhiều khi rất lớn, làm cho số lượng cá thể của con non và con già rất chênh lệch. Ở các thủy sinh vật có khả năng tự bảo vệ cao như động vật có vú và các loài cá lớn, sự chênh lệch này giảm đi.

1. Sinh sản và tử vong

Trong quần thể, một cá thể được sinh ra một lần và cũng bị chết đi một lần nhưng với một quần thể liên tục, sự biến đổi về kích thước phụ thuộc vào tỷ lệ sinh và tử vong. Một cá thể có thể là đực hoặc là cái, già hoặc trẻ nhưng trong một quần thể vẫn có tỷ lệ giới tính và một cấu trúc tuổi nhất định. Các cá thể mới có thể gia nhập vào quần thể bằng hai cách: sinh sản và nhập cư. Các cá thể có thể rời khỏi quần thể cũng bằng hai cách: tử vong và di cư. Sinh sản và tử

vong được biểu thị bằng một tỷ lệ theo thời gian. Nếu có 120 cá thể sinh ra trong quần thể hàng năm - tỷ lệ sinh sẽ là 120/năm hoặc 10/tháng. Tỷ lệ chết cũng được biểu thị tương tự. Thông thường, đối với toàn bộ quần thể, một phần đặc biệt của nó như là một lớp tuổi được gọi là tỷ lệ sinh thô (rude birth) và tỷ lệ tử vong. Nếu không tính tới sự di cư và sự nhập cư, thì kích thước quần thể phụ thuộc vào cân cân giữa tỷ lệ sinh và tỷ lệ chết. Nếu hai tỷ lệ này cân bằng thì kích thước quần thể ổn định. Nếu tỷ lệ sinh lớn hơn tỷ lệ chết thì quần thể phát triển và ngược lại.

1.1. Sinh sản

Mức sinh sản của quần thể là số lượng cá thể được sinh ra trong một khoảng thời gian nhất định. Thí dụ quần thể có số lượng ban đầu là N_{t1} , sau một khoảng thời gian Δt (từ t_1 đến t_2) số lượng của quần thể là N_{t2} . Vậy số lượng cá thể mới sinh ra là $\Delta N = N_{t2} - N_{t1}$. Tốc độ sinh sản trung bình của quần thể sẽ là $\Delta N/\Delta t$. Nếu tốc độ đó tính trên đầu cá thể của quần thể ta có tốc độ sinh sản riêng tức thời (ký hiệu b), được tính theo công thức:

$$b = \Delta N/N\Delta t$$

Mỗi một loài có một hoặc một số dạng sinh sản đặc trưng: sinh sản dinh dưỡng, sinh sản đơn tính (trinh sản), sinh sản hữu tính, sinh sản xen kẽ thể hệ, sinh sản lưỡng tính. Trong từng Hoàn cảnh cụ thể, nếu quần thể có nhiều khả năng sinh sản khác nhau sẽ điều chỉnh để thích ứng với điều kiện môi trường: điều kiện môi trường thuận lợi thì trùng bánh xe (*Rotatoria*) và râu ngành (*Cladocera*) lựa chọn sinh sản chọn kiểu trinh sản, khi không thuận lợi chúng chọn kiểu sinh sản hữu tính để nâng cao sức sống của quần thể. Ở hai nhóm thủy sinh vật trên, sự thay đổi kiểu sinh sản phụ thuộc chặt chẽ vào điều kiện môi trường, đặc biệt là thức ăn và nhiệt độ. Ở các thủy sinh khác (tôm *Pandalus borealis*, hàu *Ostrea lunaris*), sinh sản hữu tính (có đực cái) và sinh sản lưỡng tính thay đổi theo tốc độ sinh trưởng của quần thể. Nhiều thí nghiệm cho thấy thành phần sinh dục của quần thể còn phụ thuộc cả vào áp lực nước và độ chiếu sáng.

Thành phần sinh dục của quần thể cũng như thành phần sinh trưởng cũng mang đặc tính thích ứng, bảo đảm hiệu quả sinh sản của thủy sinh vật trong điều kiện thay đổi của môi trường. Tương ứng với những thay đổi của điều kiện sống, cấu trúc sinh dục của quần thể cũng thay đổi và do đó cũng thay đổi khả năng sinh sản của quần thể (Nikonski, 1965). Thành phần sinh dục của quần thể cũng do đặc tính di truyền của loài quyết định, đồng thời biến đổi theo điều kiện môi trường bên ngoài.

Nhịp điệu sinh sản của các quần thể sinh vật là khác nhau theo các chu kỳ ngày đêm: thực vật thủy sinh thường sinh sản vào ban ngày khi có ánh sáng, động vật không xương sống ở nước lại thường sinh sản vào ban đêm. Theo chu kỳ mùa: Rươi (*Tylorhynchus sinensis*) hàng năm thường tập trung sinh sản vào tuần trăng khuyết sau rằm tháng 9 và tuần trăng thượng huyền của tháng 10 âm lịch.

1.2. Tử vong

Mức tử vong là số lượng cá thể của quần thể bị chết trong một khoảng thời gian nhất định. Cũng giống như sinh sản, tốc độ tử vong trung bình của các quần thể sinh vật được tính là $\Delta N/\Delta t$. Nếu tốc độ tử vong tính trên đầu cá thể của quần thể ta có *tốc độ tử vong riêng tức thời* (ký hiệu d), được tính theo công thức:

$$d = \Delta N/N\Delta t$$

Trong tự nhiên, người ta phân biệt có hai nguyên nhân cơ bản gây chết: chết do tự nhiên (mức tử vong tự nhiên) và do bị khai thác (mức tử vong khai thác). Đây là cơ sở để xây dựng mô hình biến động số lượng các loài có giá trị kinh tế.

Nếu cá thể trong quần thể bị chết tự nhiên do già đi thì khoảng thời gian mà cá thể trải qua từ lúc được sinh ra cho tới chết là tuổi thọ của nó. Theo lý thuyết, tuổi thọ sinh lý là tuổi thọ của cá thể có thể đạt được trong điều kiện các yếu tố môi trường không trở thành yếu tố giới hạn. Tuổi thọ sinh lý mang đặc tính của loài. Những loài có kích thước bé, tiến hóa thấp thường có tuổi thọ ngắn (có thể tính bằng giờ, ngày). Những loài có kích thước lớn thường có tuổi thọ cao hơn (tính hàng năm hoặc hàng chục năm).

2. Quy luật sinh trưởng

Số lượng cá thể của quần thể trong thiên nhiên luôn luôn thay đổi. Khái niệm sinh trưởng quần thể bao hàm sự tăng số lượng cá thể và khối lượng vật chất hữu cơ của quần thể trong một đơn vị thời gian. Sinh trưởng quần thể được biểu thị bằng đường cong gọi là đường cong sinh trưởng.

2.1. Sinh trưởng quần thể theo hàm số mũ

Khi một quần thể rất nhỏ sống trong một nơi cư trú rất lớn và có các điều kiện thuận lợi thì tốc độ phát triển quần thể phụ thuộc vào hai yếu tố cơ bản là kích thước của quần thể và khả năng gia tăng của quần thể (còn gọi là tốc độ tăng trưởng tự nhiên nội tại - intrinsic rate of natural increase hoặc tiềm năng sinh học (biotic potential). Điều này có thể thí dụ như tốc độ sinh trưởng của các quần thể sinh vật nổi khi một thủy vực mới (như hồ chứa) được hình thành từ sông, suối.

Kiểu sinh trưởng (hình 3.3) mà trong đó, đường cong biểu diễn theo thời gian ngày càng dốc hơn (kiểu chữ J) được gọi là kiểu sinh trưởng hàm số mũ. Kiểu sinh trưởng này phụ thuộc vào tiềm năng sinh học đồng thời cũng phụ thuộc vào kích thước quần thể. Mặc dầu có nhiều mẫu thí dụ về sinh trưởng hàm số mũ trong các nghiên cứu ở phòng thí nghiệm nhưng rất ít có các thí dụ trong thực tế. Điều đó cũng cho thấy kiểu sinh trưởng hàm số mũ là kiểu sinh trưởng trong điều kiện lý tưởng, không có giới hạn của môi trường (không có kẻ thù, dịch bệnh...).

Công thức tính toán sinh trưởng quần thể theo hàm số mũ:

$$dN/dt = rN$$

Đây là phương trình vi phân trong đó dN/dt là tốc độ sinh trưởng của quần thể. Nó có thể biến đổi số lượng (dN) trong khoảng thời gian (dt) khi khoảng thời gian này rất nhỏ. Tốc độ tăng trưởng tự nhiên nội tại hay tiềm năng sinh học (r) là chỉ số sinh trưởng đặc trưng của quần thể. Nó kết hợp giữa tỷ lệ sinh và tỷ lệ chết bằng hiệu số của tỷ lệ sinh tức thời với tỷ lệ chết tức thời ($r = b - d$). N là

số lượng cá thể trong quần thể. Tốc độ sinh trưởng quần thể cao hơn khi giá trị r cao. Theo công thức sinh trưởng hàm số mũ, tốc độ sinh trưởng phụ thuộc vào N . Khi N nhỏ, tốc độ sinh trưởng chậm, khi N lớn, tốc độ sinh trưởng nhanh.

Kích thước quần thể tại thời điểm sinh trưởng hàm số mũ được tính theo biểu thức sau:

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

N_t là số lượng cá thể tại thời điểm t ; N_0 là số lượng cá thể tại thời điểm 0 (giai đoạn bắt đầu nghiên cứu); e là cơ số logarit tự nhiên (khoảng 2,718); r là tốc độ sinh trưởng đặc trưng; và t là khoảng thời gian nghiên cứu.

Chuyển mỗi về đẳng thức sang logarit tự nhiên sẽ có:

$$\ln N_t = \ln N_0 + rt$$

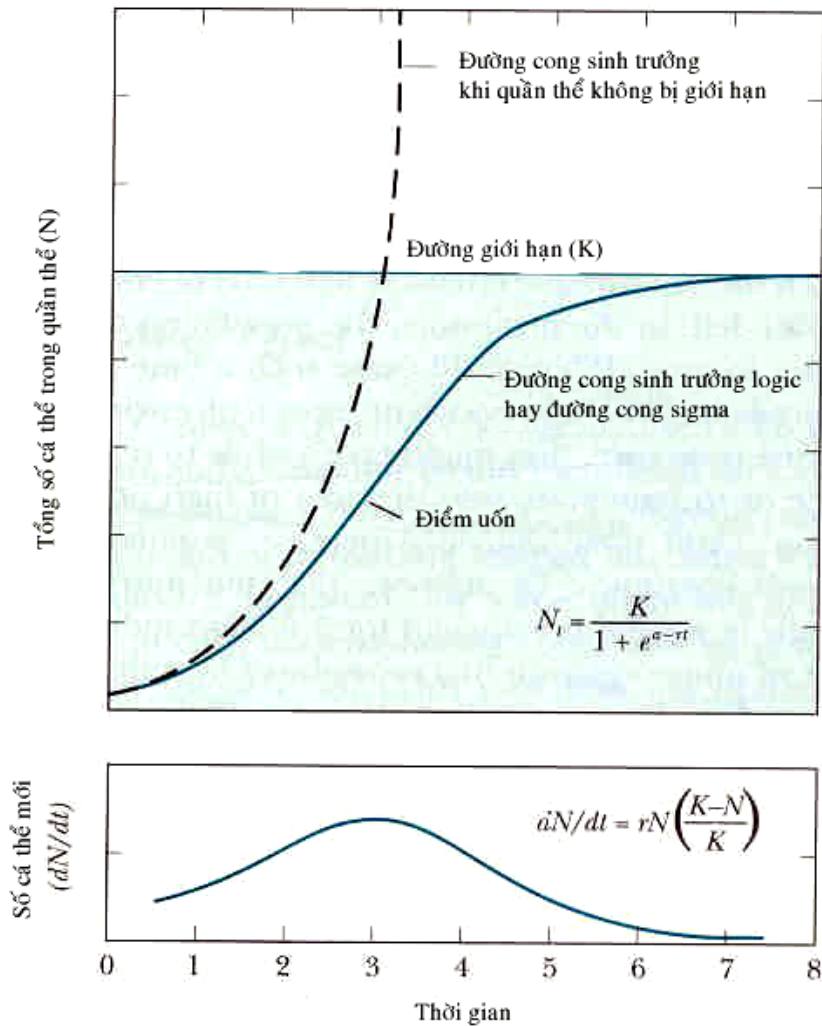
Một thí dụ tính kích thước quần thể bèo tấm trong thời kỳ sinh trưởng hàm số mũ: giả định 10 bèo tấm sinh trưởng trong 4 ngày và r là 0,20/ngày:

$$N_4 = 10 \times e^{(0,2 \times 4)} = 10 \times 2,22$$

Kích thước quần thể tại thời điểm kết thúc 4 ngày là 22 hoặc 23 bèo tấm.

Trong tự nhiên, các quần thể có tuổi thọ thấp, sống trong điều kiện thức ăn phong phú, dồi dào, ít kẻ thù... thường tăng trưởng theo hàm số mũ. Thí dụ như sự nở rộ thực vật nổi ở các thủy vực hồ phú dưỡng. Tuy nhiên, sự tăng trưởng theo kiểu hàm số mũ không thể kéo dài, bởi vì sau đó một chút, chúng sẽ gặp phải sự đối kháng của môi trường và nhanh chóng suy giảm

2.2. Sinh trưởng logistic



Hình 3.3. Đường cong sinh trưởng logistic (theo Brewer, 1994)

Trong Hoàn cảnh môi trường sống có những tác động hạn chế tới quá trình sinh trưởng của quần thể (điều kiện thực tế). Khi đó, số lượng cá thể trong quần thể càng tăng thì càng gặp phải sức chống đối của môi trường. Bởi vậy kích thước của quần thể chỉ có thể đạt

được giá trị tối đa mà môi trường cho phép (ký hiệu là K). Khi đó, đường cong sinh trưởng của nhiều quần thể (kích thước quần thể) được biểu thị theo thời gian giống như hình chữ S và được gọi là đường cong sinh trưởng sigmoid (hình 3.3).

Trong điều kiện giới hạn đó, tốc độ sinh trưởng quần thể phải tuân theo một quy luật khác, được thể hiện trong phương trình như sau:

$$dN/dt = rN (K-N/K)$$

Phương trình này biểu thị quy luật sinh trưởng theo hàm logistic. Công thức này cũng giống như công thức biểu diễn quy luật sinh trưởng quần thể theo hàm số mũ ngoại trừ việc thêm giá trị $(K-N)/K$. Trong đẳng thức này, r là tốc độ tăng trưởng tự nhiên nội tại, N là số lượng cá thể, K là số lượng tối đa mà quần thể có thể có thể đạt tới (carrying capacity) và giá trị $(K-N)/K$ là đơn vị đo lường sự chống đối của môi trường. Khi N nhỏ, tỷ số $(K-N)/K$ gần tới 1, tiềm năng sinh học gần với thực tế và tốc độ sinh trưởng quần thể có thể nhanh. Giả định rằng $r = 1$, $K = 50$, khi $N = 5$

$$dN/dt = 1 \times 5 \times (50 - 5)/50; \text{ hoặc } 5 \times 0,9 = 4,5$$

Khi N lớn thì tốc độ sinh trưởng chậm. Giả định nếu $N=45$ thì

$$dN/dt = 1 \times 5 \times (50 - 45)/50; \text{ hoặc } 5 \times 0,1 = 0,5$$

$(K-N)/K$ là đơn vị đo lường sự chống đối của môi trường; khi sự chống đối của môi trường thấp, giá trị $(K-N)/K$ gần tới 1 và khi sự chống đối của môi trường cao, tỷ số $(K-N)/K$ gần tới 0.

Trên đường cong hình chữ S có điểm uốn ứng với $K/2$. Đường cong sinh trưởng trong trường hợp này có 4 pha thể hiện 4 giai đoạn sinh trưởng của quần thể: giai đoạn đầu, tốc độ sinh trưởng khởi đầu tăng chậm (pha gia tăng dương): Giai đoạn tiếp

sau đó, tốc tăng trưởng nhanh (pha gia tăng hàm số mũ) để đạt tới tốc độ cực đại tại điểm uốn. Sau điểm uốn, quần thể tăng chậm lại đạt tới kích thước trung bình (pha gia tăng âm). Giai đoạn cuối, tốc độ sinh trưởng giảm cho tới kết thúc bằng không, khi đó tỷ lệ sinh cân bằng với tỷ lệ chết (pha cân bằng). Mô hình đơn giản biểu diễn quy luật sinh trưởng theo hàm số logistic như trên đã được Raymond Pearl và L.J. Reed (1920) đưa ra đầu tiên. Điều đáng lưu ý là tốc độ sinh trưởng được quyết định bởi tiềm năng sinh học và kích thước của quần thể đã thay đổi bởi tính chống đối của môi trường (Environmental resistance). Những tác động này có thể bao gồm sự sinh sản thấp do mẹ thiếu dinh dưỡng, tỷ lệ chết cao, kẻ thù nhiều, sự di cư cao...

Như vậy, theo đồ thị hình 10 ở dưới (tốc độ sinh trưởng trong thời kỳ sinh trưởng logistic), Để xác định kích thước quần thể tại bất kỳ thời điểm nào (đồ thị trên trong hình 10) sẽ sử dụng đẳng thức tích phân như sau:

$$N_t = K / (1 + e^{-a \cdot t})$$

Về cơ bản (a) đặc trưng để hạn chế quần thể phát triển tới khả năng tải số lượng tối đa cho phép khi bắt đầu sinh trưởng.

III. BIẾN ĐỘNG SỐ LƯỢNG QUẦN THỂ

Số lượng của mỗi quần thể sinh vật luôn biến đổi tùy theo các điều kiện của môi trường sống thuận lợi ít hay nhiều cho sự tồn tại và phát triển của các cá thể. Biến động số lượng của quần thể có một ý nghĩa thích ứng và đặc tính của biến động số lượng quần thể là một trong những đặc điểm quan trọng nhất, thể hiện một cách toàn diện và rõ rệt mối quan hệ giữa các loài với môi trường sống của chúng. Đặc tính biến động số lượng của mỗi quần thể là do đặc tính của các quá trình sinh sản, sinh trưởng, tử vong trong từng thời gian, phụ thuộc vào những biến đổi của các điều kiện sống ở môi trường quyết định. Các quá trình này có liên quan mật thiết với nhau trong cả đời sống quần thể.

1. Yếu tố sinh thái cơ bản tác động đến biến động số lượng

Các yếu tố sinh thái của môi trường có ảnh hưởng tới biến động số lượng quần thể thủy sinh vật có nhiều nhưng trong số này, có hai yếu tố được coi là quyết định nhất:

- Nguồn thức ăn trong môi trường sống là yếu tố quyết định tăng thêm số lượng
- Độ tử vong là yếu tố quyết định giảm số lượng cá thể.

Ngoài ra, các yếu tố khác cũng phải coi là quan trọng có ý nghĩa tác động gián tiếp đến biến động số lượng quần thể như nhiệt độ, ánh sáng, lượng ô xy hòa tan, vật ký sinh, mật độ quần thể... nhưng các yếu tố này tác động tới biến động số lượng quần thể thông qua hai yếu tố cơ bản trên.

Nguồn thức ăn

Nguồn thức ăn phong phú trong thủy vực (muối dinh dưỡng, nhiều thực vật phát triển tốt) sẽ cung cấp thức ăn cho động vật sinh trưởng và phát triển nhanh hơn, giảm hiện tượng ăn thịt lẫn nhau, cá thể thành thực sinh trưởng sớm hơn, số trứng đẻ ra nhiều hơn và được thụ tinh nhiều hơn, giảm bớt tử vong của các dạng ấu trùng. Nguồn thức ăn giảm sút sẽ đưa tới tình hình ngược lại, kết quả làm giảm sút số lượng quần thể.

Độ tử vong

Đối với các thủy sinh vật cỡ nhỏ, yếu tố quyết định số lượng quần thể trước hết là độ tử vong do nguyên nhân bị vật khác ăn hay do điều kiện sống không thuận lợi. Điều này thấy rõ rệt ở sinh vật nổi vốn là nguồn thức ăn phổ biến của các nhóm động vật. Đối với thủy sinh vật cỡ lớn, biến động số lượng quần thể lại phụ thuộc nhiều vào mức độ khai thác và độ tử vong của các cá thể già. Nhiệt độ tác động tới số lượng quần thể thông qua ảnh hưởng tới sinh sản và phát triển của thủy sinh vật. Ánh sáng và hàm lượng CO₂ là yếu tố quyết định tới hoạt động quang hợp của thực vật. Chế độ ô xy hòa tan trong thủy vực quyết định phân bố và liên quan tới quá trình trao đổi chất của thủy sinh vật và thông qua đó ảnh hưởng tới số lượng quần thể.

Mật độ quần thể có ảnh hưởng tới mức độ sử dụng thức ăn, tới mức độ lan truyền của vật ký sinh, tới độ hay gặp của con đực con cái trong quá trình sinh sản cũng có ảnh hưởng tới số lượng quần thể. Đối với thủy sinh vật bị khai thác, mức độ và phương thức khai thác cũng làm biến đổi số lượng quần thể. Ngoài ra, còn phải kể tới các yếu tố đột xuất như hiện tượng ô nhiễm thủy vực có khi cũng làm giảm sút số lượng quần thể một cách đột ngột.

2. Các kiểu biến động số lượng

Có thể phân biệt hai kiểu biến động số lượng quần thể chính ở thủy sinh vật là biến động có chu kỳ và biến động không có chu kỳ/đột xuất.

2.1. Biến động có chu kỳ

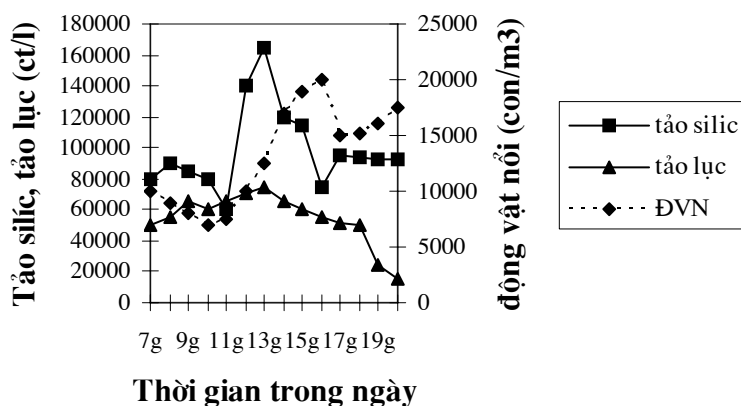
Đây là kiểu biến động số lượng xảy ra một cách có quy luật/tuần Hoàn, liên quan tới tính chất chu kỳ của các quá trình sống (sinh sản, tử vong) của thủy sinh vật và tính chất thay đổi có chu kỳ của các yếu tố địa vật lý trong tự nhiên (nhiệt độ, ánh sáng). Biến động có chu kỳ được thể hiện ở hiện tượng thấy trong thủy vực: biến động ngày đêm, biến động theo mùa và biến động theo năm.

2.1.1. Biến động ngày đêm

Chỉ thấy ở các quần thể thủy sinh vật có vòng đời ngắn (trong vòng một ngày) như vi khuẩn, tảo đơn bào, động vật nguyên sinh. Các yếu tố tác động là thời gian sinh sản mạnh trong ngày và thời gian bị ăn nhiều trong ngày. Ví dụ: số lượng tảo đơn bào (*Dinoflagellata*, *Diatomea*) ở Hắc Hải (1958) lớn nhất vào khoảng 21 giờ tối, rồi giảm dần cho tới 5 giờ sáng hôm sau lại tăng lên. Nguyên nhân của kiểu biến động này là do tảo bị giáp xác nhỏ ăn nhiều vào lúc nửa đêm (trong di động ngày đêm), còn về sáng, mức độ sinh sản của tảo tăng hơn gấp bội so với mức độ bị ăn.

Các nghiên cứu tại hồ Hòa Bình cho thấy biến động số lượng theo chu kỳ ngày đêm được thấy rõ ở sinh vật nổi. Với thực vật nổi, do nhu cầu cần ánh sáng mặt trời để quang hợp và phát triển cho nên ban ngày thường có mật độ cao hơn ban đêm. Động vật nổi lại có xu hướng ngược lại, thời điểm thực vật nổi tập trung phát triển

với mật độ cao nhất thì động vật nổi có ít về số lượng. Kết quả nghiên cứu biến động sinh vật nổi theo chu kỳ ngày đêm ở trạm Thác Bờ hồ Hòa Bình được trình bày trong hình 3.4. Qua đó, thấy đỉnh phát triển thực vật nổi lớn nhất vào buổi trưa từ 11 giờ - 13 giờ là thời điểm có cường độ ánh sáng mặt trời cao nhất trong ngày, sau đó giảm dần. Trong khi đó, đỉnh cao của động vật nổi xuất hiện chậm hơn từ 15 giờ - 17 giờ, cao nhất vào khoảng 16 giờ, và có xu hướng tăng đến tối khuya.



Hình 3.4. Diễn biến số lượng sinh vật nổi theo từng thời điểm trong ngày tại trạm Thác Bờ, hồ Hòa Bình trong tháng 1/1991

2.1.2. Biến động theo mùa

Đây là kiểu biến động số lượng quan trọng và phổ biến ở thủy sinh vật trong các thủy vực; có ý nghĩa lớn trong việc khai thác nguồn lợi sinh vật ở thủy vực. Biến động theo mùa có nguyên nhân sâu xa là sự biến đổi chu kỳ mùa của nguồn năng lượng bức xạ mặt trời trong năm, làm biến đổi một cách tuần Hoàn chế độ ánh sáng và nhiệt độ trong thủy vực. Từ đó ảnh hưởng tới các quá trình sống của thủy sinh vật (sinh sản, quang hợp...) một cách có chu kỳ. Có thể coi đây là yếu tố cơ bản quyết định biến động số lượng quần thể theo mùa. Ngoài ra, còn những yếu tố khác như chế độ ô xy, nồng độ muối, chu chuyển nước, nhưng các yếu tố này lại phụ thuộc vào sự biến đổi của nhiệt độ nước.

Biến động số lượng theo mùa của các quần thể thủy sinh vật cùng với biến động thành phần loài của quần xã đã tạo nên một hình ảnh biến đổi tuần Hoàn về thành phần loài và số lượng cá thể thủy sinh vật trong thủy vực, tương tự như sự thay thế các mùa trong thiên nhiên. Từ đó, khái niệm “mùa sinh học” trong thủy vực thấy rõ rệt trong hải dương. Mùa sinh học tiếp diễn không trùng với mùa thời tiết mà tùy thuộc vào đặc điểm của khu hệ thủy sinh vật và điều kiện tự nhiên của từng vĩ độ. Bôgorov đã phân chia bốn mùa sinh học trong hải dương căn cứ vào mức độ phát triển và biến động số lượng của thủy sinh vật như trình bày trong bảng sau:

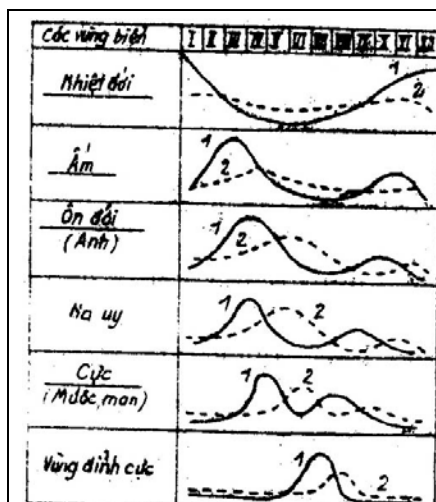
Bảng 3.1. Các mùa sinh học trong đại dương

Mùa sinh học Yếu tố đặc trưng	Mùa xuân sinh học	Mùa hạ sinh học	Mùa thu sinh học	Mùa đông sinh học
Nhiệt độ	trung bình	cao	trung bình	thấp
Ánh sáng	mạnh	mạnh	yếu	yếu
Hàm lượng muối dinh dưỡng khoáng	giàu	nghèo	nghèo	giàu
Thực vật nổi (P)	Phát triển mạnh	phát triển mạnh	phát triển yếu	kém phát triển, ngừng sinh sản
Động vật nổi (Z)	Phát triển yếu	phát triển mạnh	còn phát triển mạnh	kém phát triển, ngừng sinh sản
Tỷ số P/Z	10 – 100	≤ 1	< 1	≤ 1

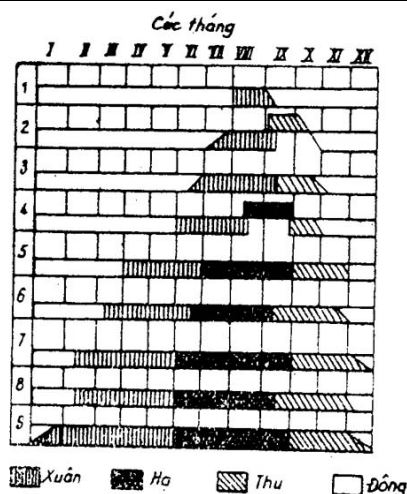
Nguồn: Bôgorov, 1972

Do sự sai khác về phân bố năng lượng bức xạ, ở các vùng vĩ độ khác nhau của hải dương có các mùa sinh học không đồng nhất về thời gian kéo dài (hình 3.5). Mùa xuân, hạ, thu là thời kỳ phồn thịnh chỉ kéo dài 12 tháng ở vùng xích đạo, còn ở vùng cực chỉ có 1-2 tháng. Mùa đông sinh học là thời kỳ nghèo nàn kéo dài 10-11 tháng ở vùng cực, trái lại không thấy xuất hiện ở vùng xích đạo. Mùa xuân sinh học xuất hiện vào tháng 8 ở vùng cực, ở xích đạo lại vào tháng 1-2.

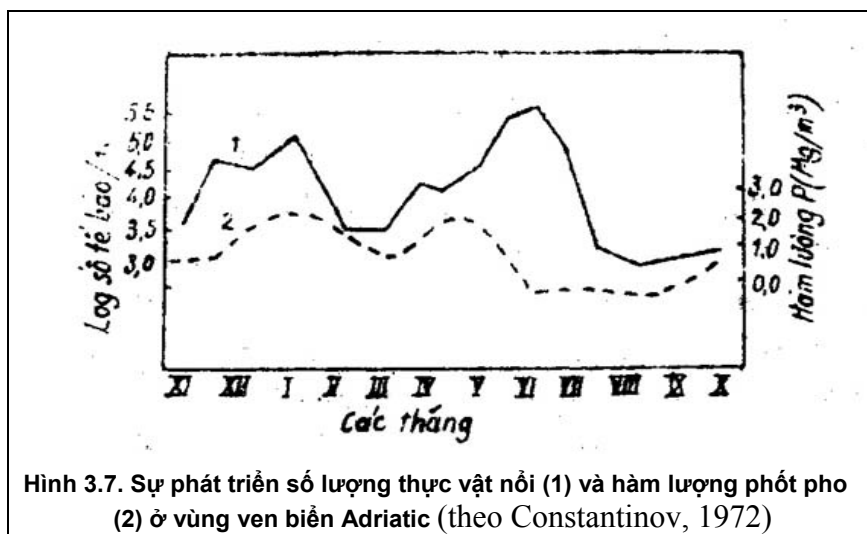
Biến động số lượng sinh vật nổi một mặt phụ thuộc vào đặc tính của các quần thể, mặt khác phụ thuộc vào những biến đổi các điều kiện môi trường nước. Số lượng các thể của các quần thể thực vật nổi biến đổi phụ thuộc vào sự chiếu sáng, hàm lượng các muối dinh dưỡng trong nước, đặc biệt là các muối dinh dưỡng có nguồn gốc Nitơ (N), Phốt pho (P) và si lic (Si) (hình 3.7), nhiệt độ và sự chuyển động thẳng đứng của nước và vào mức độ bị ăn. Ở đại dương, thực vật nổi ở vùng cận nhiệt đới và ôn đới có hai đỉnh cao của sự phát triển trong năm ứng với mùa xuân và mùa thu sinh học ở hai vùng này (hình 3.5, 3.6). Càng đi về vùng cực, hai đỉnh cao này càng xích lại gần nhau, do mùa hạ sinh học ngày càng thu ngắn và mất hẳn ở vùng cực: chỉ còn lại một đỉnh cao vào mùa xuân sinh học.



Hình 3.5. Phát triển theo mùa của thực vật nổi (1) và động vật nổi (2) ở các vĩ độ khác nhau ở đại dương (theo Constantinov, 1972)



Hình 3.6. Thời gian và mức độ kéo dài của các mùa sinh học ở một số biển ở Liên xô cũ đi từ bắc xuống nam (theo Constantinov, 1972)



Tổng kết các nghiên cứu về biến động số lượng theo mùa của sinh vật nổi vùng biển nhiệt đới trong thời gian 30 năm gần đây có thể rút ra một số nhận định sau (Gurianova, 1972):

1. Biến động số lượng theo mùa của sinh vật nổi biển nhiệt đới có tính chất chu kỳ, nhưng lịch xuất hiện không ổn định mà thay đổi từ năm này qua năm khác, nhất là ở vùng biển ven bờ. Đặc điểm đó phụ thuộc vào sự biến đổi theo chu kỳ năm của các yếu tố khí tượng.
2. Nếu ở vùng cực, biến động số lượng theo mùa của sinh vật nổi có tính chất một chu kỳ (có một đỉnh phát triển cực đại). Ở vùng biển ôn đới, có tính chất hai chu kỳ (có hai đỉnh cực đại) thì ở vùng biển nhiệt đới có thể coi là có tính chất đa chu kỳ, nghĩa là có thể xuất hiện nhiều đỉnh phát triển cực đại trong năm (có thể bốn hoặc nhiều hơn).
3. Sở dĩ như vậy là vì các quần thể sinh vật nổi không phát triển tới cực đại vào cùng một thời vụ trong năm, mà có xu hướng phát triển xen kẽ ở các thời gian rải rác trong năm, ở vùng khơi cũng như ở vùng ven bờ, tùy đặc tính sinh học của mỗi quần thể và tùy vào điều kiện môi trường bên ngoài. Cũng vì vậy, biến động số lượng theo mùa của sinh vật biển nhiệt đới nhìn chung không lớn.

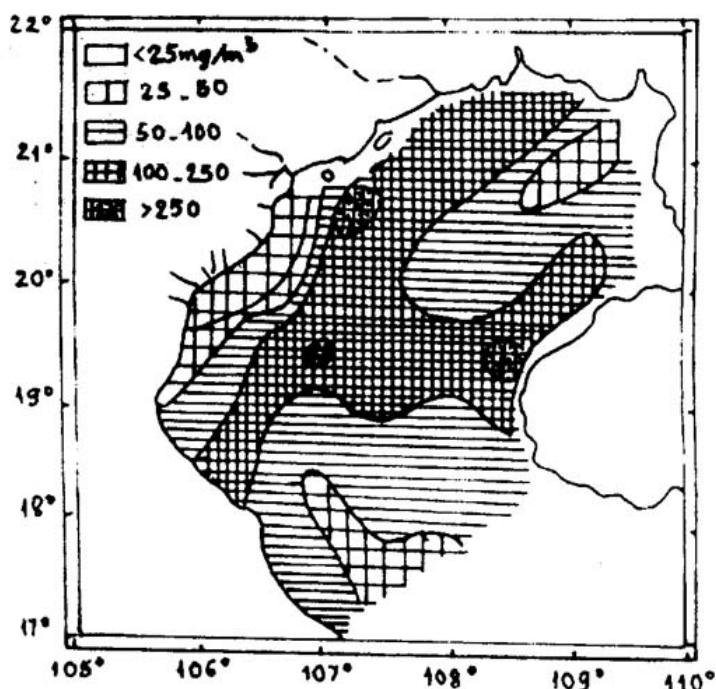
4. Số lượng sinh vật nổi, đặc biệt là thực vật nổi ở vùng khơi không lớn. Trong khi đó, số lượng ở vùng ven bờ lớn hơn hàng nghìn lần. Các yếu tố quyết định số lượng sinh vật nổi vùng ven bờ biển nhiệt đới là hàm lượng các chất tạo sinh (N, P, Si) do dòng lục địa tải ra biển, chế độ chuyển động giữa các khối nước tầng mặt và tầng đáy phụ thuộc vào chế độ khí tượng, hải văn của từng vùng.

Số lượng cá thể của các quần thể động vật nổi phụ thuộc vào biên độ của số lượng thức ăn là thực vật nổi, vào biên độ của nhiệt độ nước mà nó tác động tới nhịp sinh sản của động vật, cả với động vật nổi và động vật đáy. Trong đó, ấu trùng của chúng là thành phần quan trọng của động vật nổi hải dương (giun nhiều tơ, giáp xác, thân mềm). Biến động số lượng động vật nổi còn phụ thuộc vào mức độ bị ăn bởi cá và các động vật khác. Một yếu tố quan trọng khác ảnh hưởng tới số lượng cá thể của các quần thể động vật nổi là tác dụng kìm hãm của thực vật nổi khi chúng phát triển quá mức. Nhiều loài thực vật nổi nhất là tảo lam (*Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*) trong điều kiện thuận lợi, phát triển mạnh (hiện tượng nở rộ thực vật nổi), có mật độ rất cao và trong trường hợp này, các chất tiết ra có tính độc của chúng làm chết hoặc kìm hãm phát triển của động vật nổi, làm trở ngại cho các hoạt động sống (vận động, lấy thức ăn bằng cách lọc). Kết quả là làm giảm số lượng cá thể của các quần thể động vật nổi. Do sự phụ thuộc của số lượng động vật nổi vào số lượng thực vật nổi, đường cong thể hiện sự phát triển của động vật nổi thường chậm hơn một nhịp so với đường cong của thực vật nổi, với các đỉnh cao xuất hiện chậm hơn.

Biến động số lượng quần thể sinh vật nổi nước ngọt nội địa theo mùa nhìn chung cũng theo một quy luật như ở đại dương. Ảnh hưởng của ánh sáng, nhiệt độ vẫn rõ rệt, tuy nhiên, những mối quan hệ với muối dinh dưỡng khó nhận định hơn ở hải dương vì rất khó xác định được chính xác các nguồn muối dinh dưỡng cung cấp cho thủy vực, do liên hệ phức tạp của thủy vực nội địa với môi trường vùng lưu vực và do quá trình phân hủy nhanh của chất hữu cơ lắng đọng trong các thủy vực nông thường xuyên cung cấp muối dinh dưỡng cho thủy vực. Sự nở rộ thực vật nổi, đặc biệt là tảo lam (*Microcystis spp.*, *Oscillatoria spp.*) ở các thủy vực nội địa là rất phổ biến và thường xuyên. Vì vậy, quan hệ giữa thực vật nổi và

động vật nổi không phải bao giờ cũng theo chiều thuận và đi song song như thường gặp ở đại dương mà phức tạp hơn nhiều.

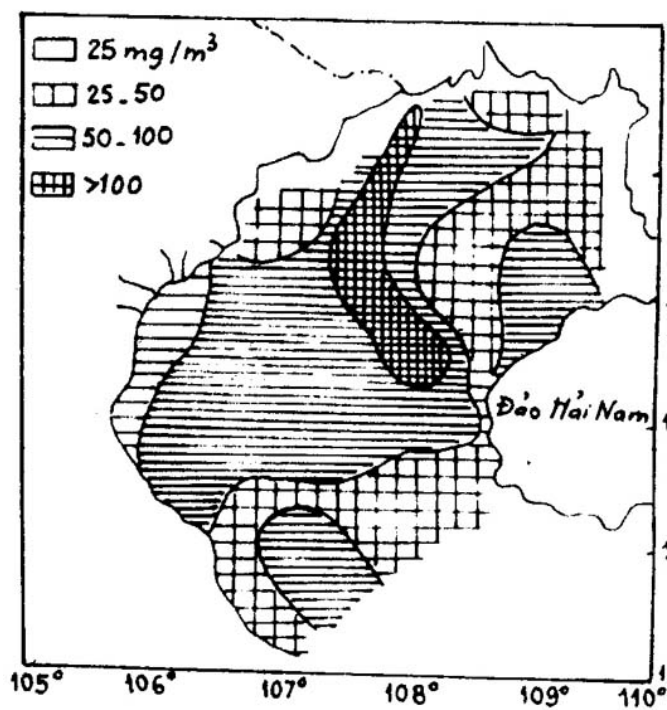
Ở vịnh Bắc Bộ đã xác định được sự biến động của động vật phù du thể hiện hai đỉnh cao sinh khối - một lớn hơn vào mùa hạ và một nhỏ hơn vào mùa đông, đồng thời cũng đã xác định được mức độ khối lượng động vật nổi thấp như nhau vào mùa xuân và mùa thu. Tình hình tương tự thể hiện ở vùng biển Trung Bộ



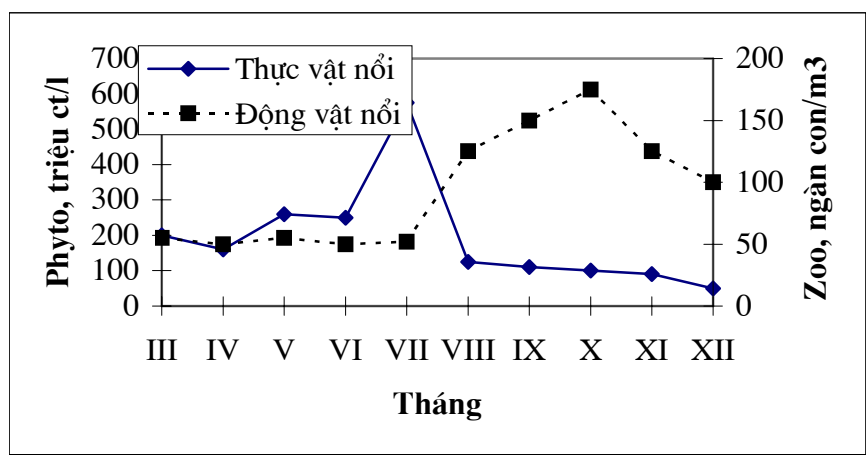
Hình 3.8. Phân bố khối lượng bình quân động vật nổi vào mùa hè, 1962 ở vịnh Bắc Bộ

(Đoàn điều tra Việt Trung 1959-1962, trong Biển Đông, tập IV)

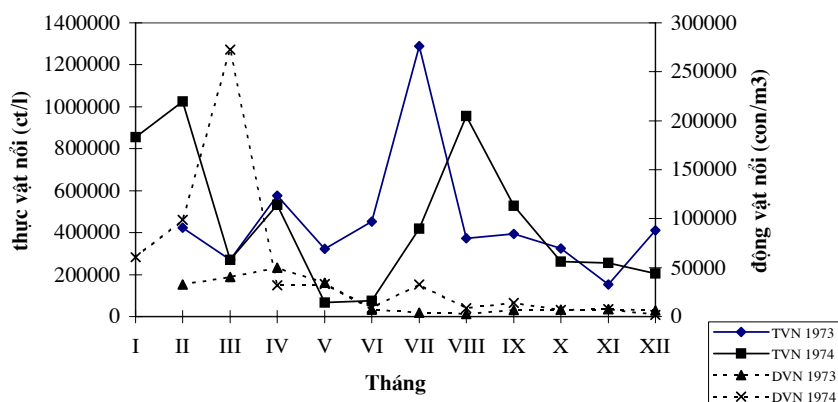
Đặc điểm thay thế các quần thể nở hoa ở hồ/hồ chứa nước ngọt theo mùa diễn ra khá rõ rệt. Các kết quả nghiên cứu liên tục từ 1971 đến 1975 ở hồ Thác Bà của Nguyễn Hữu Tường cho thấy diễn biến số lượng thực vật nổi thay đổi theo các tháng trong năm (Hình 3.11). Trong năm có hai đỉnh phát triển, một đỉnh vào mùa khô (tảo si líc chiếm ưu thế), và đỉnh kia vào mùa mưa (tảo lam chiếm ưu thế).



Hình 3.9. Phân bố khối lượng bình quân động vật nổi vào mùa xuân, 1962 ở vịnh Bắc Bộ
(Đoàn điều tra Việt Trung 1959-1962, trong Biển Đông, tập IV)



Hình 3.10. Biến động số lượng sinh vật nổi hồ Tây theo các tháng trong năm 1960



Hình 3.11. Diễn biến mật độ sinh vật nổi hồ Thác Bà theo các tháng trong năm 1973,1974 (Theo Nguyễn Hữu Tường, 1985)

Các yếu tố cơ bản tác động đến biến động số lượng theo mùa khí hậu của thủy sinh vật trong các thủy vực chủ yếu là nhiệt độ và chế độ thủy văn. Tuy nhiên, khác với các vùng có vĩ độ cao, ở các nước vùng nhiệt đới vĩ độ thấp như Việt Nam thì biến động số lượng thủy sinh vật có tính đa chu kỳ, có thể có nhiều đỉnh cao trong năm. Ở đây, yếu tố nhiệt độ nếu có tác động chỉ rõ rệt với tỷ lệ số lượng trong cấu trúc thành phần loài (sự thay thế các nhóm loài) mà thôi. Đặc điểm này thấy rõ ở các thủy vực phía bắc Việt Nam, nơi có mùa đông lạnh. Tại phía bắc, có thể lấy thí dụ về sự thay thế luân phiên giữa các quần thể *Daphnia cuculata* có nguồn gốc cận nhiệt đới, chiếm ưu thế tuyệt đối vào mùa đông (80% về mật độ, 87% về sinh khối của nhóm râu ngành) và *Diaphanosoma leuchtenbergianum* ở hồ Hòa Bình chiếm ưu thế tuyệt đối về mùa hè (69% về số lượng và 78,5% về sinh khối). Tại các ao vùng ngoại thành Hà Nội, cũng có sự luân phiên thay thế giữa quần thể *Daphnia carinata* (ưu thế trong vụ đông xuân) và quần thể *Moinodaphnia macleayii* (ưu thế phát triển vào vụ hè thu).

Trong các kết quả nghiên cứu thủy sinh vật hồ Hòa Bình từ 1990 đến 1993, thấy thời kỳ đông xuân là thời kỳ sinh vật nổi phát triển nhất. Tháng 11 có mật độ và sinh khối sinh vật cao nhất. Từ đó, có thể thấy giai đoạn chuyển mùa, đặc biệt sau mùa mưa, dường như hồ chứa đã được tích lũy một lượng muối dinh dưỡng đáng kể từ các nguồn bên ngoài vào hồ. Sang tới mùa khô, chế độ thủy văn của

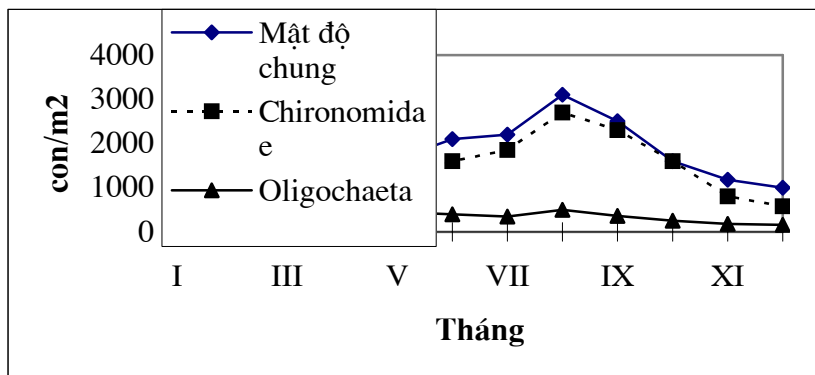
hồ thay đổi hẳn từ thủy vực nước chảy mạnh sang chế độ nước đứng hoặc chảy chậm, độ trong tăng..., các yếu tố đó là cơ sở thuận lợi để sinh vật nổi phát triển mạnh, tới mức cực đại.

Chế độ thủy văn, mà chủ yếu do sự phân bố lượng mưa không đồng đều trong năm có thể là yếu tố cơ bản nhất dẫn đến đặc tính biến động số lượng thủy sinh vật theo mùa rất rõ rệt. Trong mùa mưa (hơn 80% tổng lượng mưa trong năm), các loại hình thủy vực đều đầy nước với một lượng dinh dưỡng bổ sung từ các nguồn khác nhau. Điều đó dẫn tới sự phát triển số lượng thủy sinh vật, đặc biệt các thủy vực nước đứng như ruộng lúa, các ao, đầm, hồ. Như đã trình bày trong hình 3.10, ở hồ Tây - Hà Nội, hầu hết các nhóm thủy sinh vật đều phát triển vào vụ hè thu: thực vật nổi có đỉnh phát triển cao nhất vào tháng VII, đỉnh cao của sự phát triển động vật nổi ở thời điểm muộn hơn, vào tháng IX, X. Số lượng động vật đáy cũng cao nhất vào tháng VIII. Tuy nhiên, sự biến động theo mùa có những xê dịch nhất định mỗi năm có thể mỗi khác.

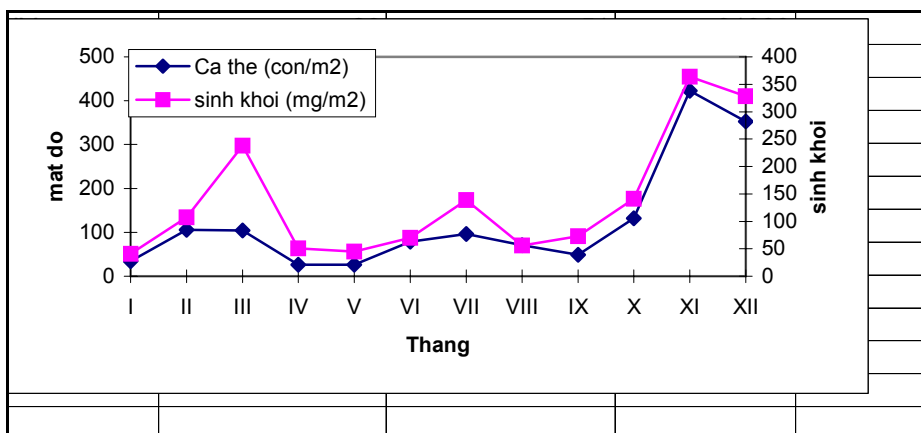
Tại những vùng cửa sông, đầm nuôi ven biển và đầm phá thì sự thay thế giữa các quần xã nước ngọt (ưu thế trong mùa mưa khi độ mặn xuống thấp hoặc bị ngọt hóa) và nước lợ, mặn (ưu thế trong mùa khô khi độ mặn cao) rất rõ rệt. Thường thì quần xã thủy sinh vật nước lợ - mặn phong phú hơn về thành phần và cao hơn về sinh khối so với các quần xã thủy sinh vật nước ngọt. Theo các kết quả nghiên cứu thực vật nổi ở các vùng cửa hệ thống sông Hồng (Trương Ngọc An và nnk, 1980), tháng VII, tháng VIII điển hình cho mùa lũ, mật độ thực vật nổi thấp nhất. Có 2 đỉnh cao phát triển thực vật nổi là tháng IV- tháng V và tháng X- tháng XI. Không giống với thực vật nổi, biến động số lượng động vật nổi vùng cửa các sông Hồng có tính một chu kỳ, mật độ cao nhất vào tháng II- tháng IV, là thời kỳ bị ảnh hưởng của khối nước mặn cao nhất. Các kết quả nghiên cứu biến động theo mùa ở các đầm phá ven biển trung bộ cho thấy mật độ số lượng các nhóm thủy sinh vật thường cao vào mùa khô, thấp vào mùa mưa, đặc biệt thấp nhất vào thời kỳ lũ, nước bị ngọt hóa mạnh nhất.

Biến động số lượng của sinh vật đáy theo mùa phụ thuộc vào nhiệt độ nước, ảnh hưởng tới nhịp sinh sản, vào lượng thức ăn của ấu trùng sống nổi (thực vật nổi), vào mức độ bị ăn, vào các tác nhân hủy diệt như dòng nước lũ cuốn trôi nền đáy (ở sông, suối), thay đổi

nồng độ muối (ở các thủy vực nước lợ). Một yếu tố quan trọng thường làm biến đổi rõ rệt số lượng các quần thể sinh vật đáy là mùa vụ lột xác của ấu trùng côn trùng để bay ra khỏi thủy vực (ấu trùng phù du, hai cánh), đặc biệt là ở các thủy vực mà trong môi trường đáy có nhiều loại này (hồ, ao). Số lượng động vật đáy ở hồ Tây (năm 1960) giảm hẳn đi vào mùa thu (hình 3.12) do ấu trùng Chironomidae là thành phần quan trọng của động vật đáy ở đây lột xác bay ra khỏi thủy vực.

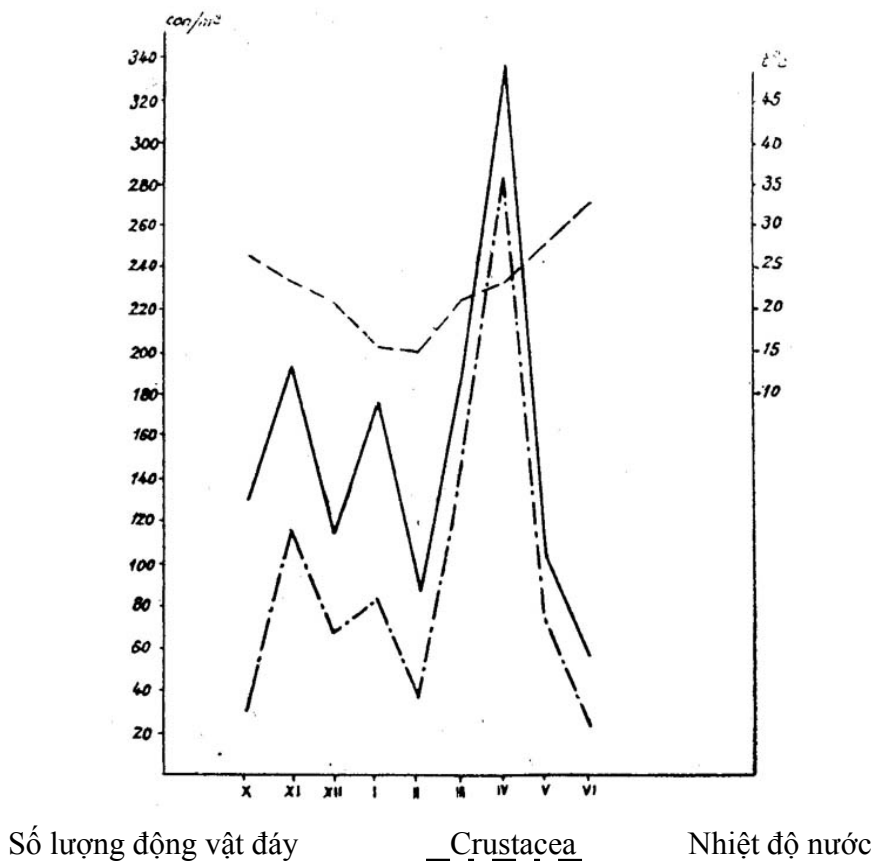


Hình 3.12. Biến động số lượng động vật đáy hồ Tây theo các tháng trong năm 1960

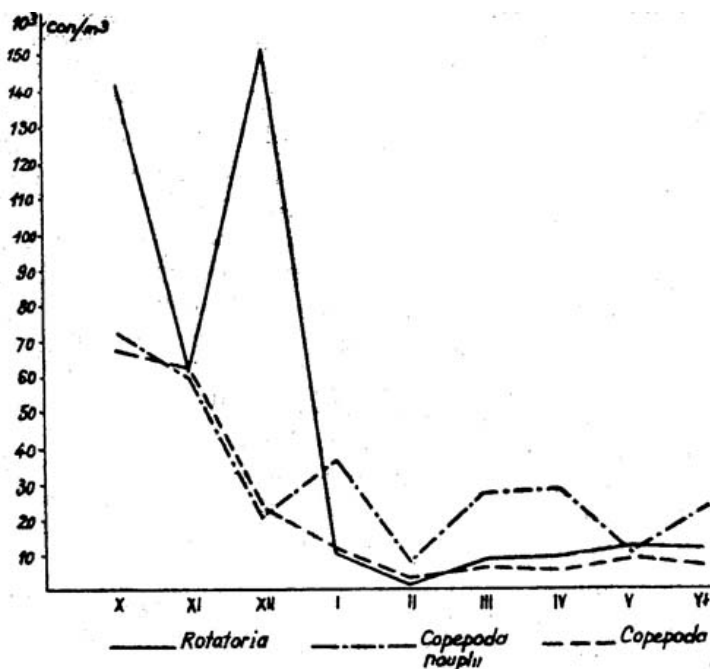


Hình 3.13. Diễn biến số lượng sinh vật đáy hồ Thác Bà theo các tháng trong năm 1974 (Theo Nguyễn Hữu Tường, 1985)

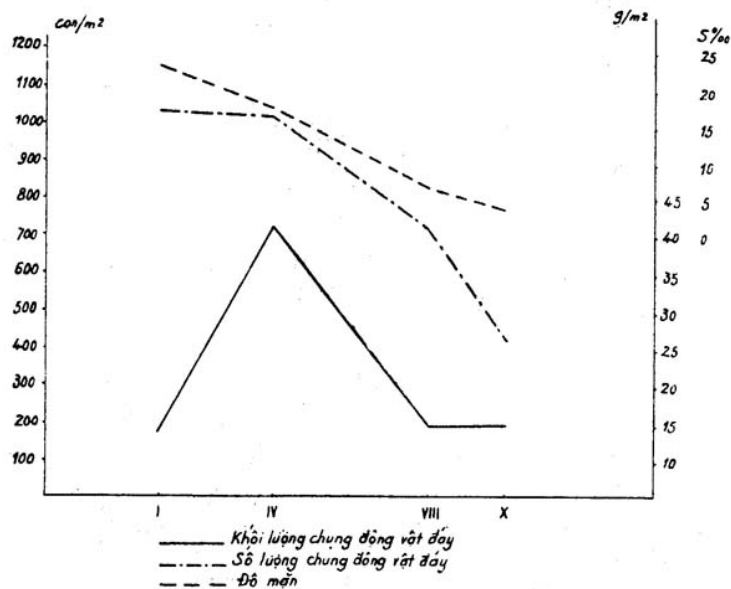
Số lượng động vật đáy ở ruộng chiêm trũng Nam Hà (1961, 1964) tăng cao vào tháng III-IV, ứng với thời kỳ sinh sản của giun ít tơ và giáp xác (Amphipoda và Isopoda) là thành phần chiếm số lượng lớn. Khu hệ động vật đáy vùng nước lợ (Thanh Hóa) (năm 1961) giảm hẳn về số lượng trong mùa thu là thời gian nước có nồng độ muối giảm xuống còn 1‰. Các dẫn liệu nghiên cứu đã biết về biến động số lượng sinh vật biển ở các vùng biển vịnh Bắc Bộ nước ta cho thấy sinh vật nổi phát triển có tính chất đa chu kỳ. Ở vịnh Bắc Bộ, hiện tượng nở hoa thực vật nổi thấy có rải rác trong năm, xuất hiện ở từng vùng khác nhau và ở các thời gian khác nhau, do hiện tượng các loài thay thế nhau nở hoa chứ không tập trung vào một mùa vụ nhất định.



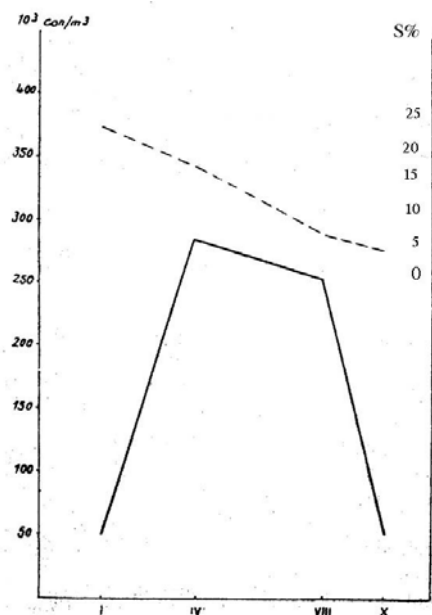
Hình 3.14. Biến động số lượng theo mùa của động vật đáy ở ruộng lúa vùng Nam Định (1962-1963)



Hình 3.15. Biến động số lượng theo mùa của động vật nổi ở ruộng lúa vùng Nam Định (1962-1963)



Hình 3.16. Biến động số lượng động vật đáy theo sự biến đổi độ mặn ở vùng nước lợ Thanh Hóa (1961)



———— Số lượng chung của động vật nổi — — — — Độ mặn

Hình 3.17. Biến động số lượng động vật nổi theo sự biến đổi độ mặn ở vùng nước lợ Thanh Hóa (1961)

2.1.3. Biến động theo năm

Biến động số lượng quần thể thủy sinh vật theo năm phụ thuộc vào biến đổi theo chu kỳ năm của các nhân tố địa vật lý như biến đổi hoạt động của mặt trời theo chu kỳ 9-11 năm, biến đổi của mực nước thủy vực, độ mặn theo chu kỳ năm. Ngoài ra, còn có những nhân tố khác biến đổi theo chu kỳ năm ảnh hưởng tới biến động số lượng của quần thể như cân bằng số lượng giữa động vật ăn môi và vật làm môi, mức độ khai thác...

2.2. Biến động không có chu kỳ

Trong tự nhiên, biến động số lượng cá thể không có chu kỳ xảy ra do những nguyên nhân đột xuất, phổ biến là hiện tượng ô nhiễm môi trường thủy vực. Khi chất ô nhiễm là chất độc, có thể gây chết hàng loạt bất kỳ thủy sinh vật nào có trong thủy vực. Khi là chất hữu cơ, thủy vực bị phú dưỡng hóa, phì hóa, hiện tượng này cũng làm giảm số lượng các loài ưa ô xy như các loài ấu trùng phù du,

tăng số lượng các loài thích nghi với điều kiện ít ô xy như ấu trùng Chironomidae, giun ít tơ. Số lượng động vật đáy là các nhóm tôm, thân mềm ở các hồ ở Hà Nội hiện nay giảm nhiều so với trước đây có thể do hiện tượng phú dưỡng hóa các hồ này.

Sản lượng khai thác tôm càng *M. nipponense* tự nhiên ở hồ Tây Hà Nội vào các năm 1959-1960 đạt tới 30-50 tấn, chiếm tới 32-38% sản lượng thủy sản hồ Tây thời gian này. Theo số liệu thống kê từ 1971-1975, sản lượng thu hoạch tôm chỉ còn 12-15 tấn/năm. Diễn biến sản lượng khai thác tự nhiên tôm càng hồ Tây từ 1977-1994 được trình bày trong bảng 3.2.

Bảng 3.2. Diễn biến sản lượng khai thác tự nhiên tôm càng hồ Tây (1977-1994)

Năm	Sản lượng (kg)
1977	2.314
1978	2.231
1980	2.558
1981	2.848
1982	1.773
1983	897
1984	982
1985	1.465
1986	2.512
1987	2.132
1988	2.456
1989	3.449
1990	6.246
1991	10.633
1992	3.884
1994	1.528

Nguồn: Công ty Đầu tư - Khai thác Hồ Tây.

Như vậy, so với những năm 60 thì từ những năm 80 trở lại đây, sản lượng khai thác tự nhiên tôm càng hồ Tây chỉ bằng 1/4 đến 1/40. Sản lượng khai thác tôm càng hồ Tây càng ngày càng giảm dần như vậy một mặt do khai thác quá mức, mặt khác do điều kiện môi trường nước và nền đáy hồ bị ô nhiễm.

Chương IV

ĐỜI SỐNG QUẦN XÃ THỦY SINH VẬT

I. KHÁI NIỆM VỀ QUẦN XÃ SINH VẬT TRONG THỦY VỰC

Quần xã sinh vật (community biocenosis) là một khái niệm trong sinh học, theo cách hiểu phổ biến, để chỉ một tập hợp loài sinh vật ở cạn hoặc ở nước, tồn tại dưới dạng các quần thể sinh vật trong một sinh cảnh (biotope) nhất định của một hệ sinh thái (ecosystem), có mối quan hệ sinh thái với các nhân tố vô sinh cũng như với nhau trong sinh cảnh đó. Mỗi quần xã sinh vật được đặc trưng bởi: cấu trúc thành phần loài thích ứng với điều kiện sinh thái môi trường sống của sinh cảnh đó, mối quan hệ trao đổi vật chất và năng lượng với môi trường ngoài và giữa các thành phần sinh vật, trong đó quan trọng nhất là mối quan hệ dinh dưỡng (quan hệ thức ăn), tất cả nằm trong chu trình vật chất của hệ sinh thái.

So với quần xã sinh vật ở cạn, quần xã sinh vật ở nước có những sai khác cả về cấu trúc và về chức năng.

1. Trong điều kiện môi trường sống ở nước, thành phần sinh vật sản sinh (thực vật ở nước) có kích thước nhỏ (vi tảo, rong biển) nhưng lại có mật độ rất cao vì vậy hoạt động trao đổi chất và nhịp độ sinh sản rất cao khiến cho khối lượng tăng trưởng rất nhanh. Đặc điểm này đã dẫn tới tỷ lệ khối lượng giữa sinh vật sản sinh với sinh vật tiêu thụ (động vật ở nước) trong quần xã sinh vật ở nước rất khác với quần xã sinh vật ở cạn. Cụ thể là, theo tính toán, tổng khối lượng động vật trong quần xã sinh vật ở đại dương (32 tỷ tấn) cao hơn khối lượng thực vật tới 19 lần (1.7 tỷ tấn), trong khi khối lượng thực vật ở cạn lại thường cao hơn khối lượng động vật tới hàng nghìn lần. Do thực vật ở nước phần lớn có kích thước nhỏ, nên động vật ở nước sử dụng chúng dễ dàng, phổ biến hơn nhiều, trong khi các động vật ở cạn sử

dụng thực vật hạn chế hơn nhiều đặc biệt là đối với cây gỗ lớn, điều này cũng tác động tới tỷ lệ khối lượng thực vật và động vật ở hai quần xã sinh vật ở cạn và ở nước.

2. Đặc điểm thứ hai của quần xã sinh vật ở nước là sự sai khác trong cấu trúc thành phần loài cũng như hợp phần (component) sinh thái trong quần xã. Khác với quần xã sinh vật ở cạn, trong nước không có hoặc rất ít một số nhóm sinh vật có số lượng lớn trong môi trường ở cạn, như côn trùng, chim, bò sát, ếch nhái, thú... Trong khi đó lại có những thành phần chỉ có ở nước như cá, mực, san hô, thú cực lớn như cá voi... Sự sai khác còn có thể thấy ở sự tồn tại những quần xã sinh vật không điều hòa, thiếu hẳn các hợp phần sinh thái tự dưỡng (thực vật), sống trong điều kiện không có ánh sáng như quần xã sinh vật biển sâu sử dụng trực tiếp nguồn chất hữu cơ và năng lượng từ môi trường ngoài. Trong môi trường ở nước cũng hay gặp hơn môi trường ở cạn các quần xã sinh vật sống trong điều kiện kỵ khí, thiếu ô xy như trong tình trạng thủy vực ô nhiễm.
3. Đặc tính phân bố trong không gian và cả trong thời gian của quần xã sinh vật ở nước cũng có những sai khác so với sinh vật ở cạn. Do sự hình thành, tồn tại và biến đổi của các thủy vực dưới tác động của thiên nhiên và con người, có thời gian tương đối ngắn nên sự tồn tại, biến đổi các quần xã sinh vật ở nước thường cũng rất nhanh theo thời gian. Về mặt phân bố trong không gian, đặc điểm của các quần xã sinh vật ở nước là có sự phân tầng theo chiều thẳng đứng (độ sâu) rõ rệt, đặc biệt là ở các thủy vực lớn như biển và đại dương. Sự phân bố trong không gian của quần xã sinh vật ở nước cũng còn rất rõ nét ngay trong một thủy vực. Vì vậy, nhiều khi, trong một quần xã sinh vật lớn trong những thủy vực lớn như biển, còn có thể thấy được sự phân bố nhỏ thành các tập hợp loài hoặc các quần xã nhỏ sống riêng biệt trong một sinh cảnh nhỏ đặc trưng như: vùng triều, rạn san hô, rừng ngập mặn, vùng đáy mềm...
4. Cuối cùng, còn có thể nói đến một đặc điểm của quần xã sinh vật ở nước thể hiện ở mối quan hệ mật thiết giữa các thành viên trong quần xã, không chỉ về mặt tiếp xúc cơ học

qua vận động trong nước, mà còn nhờ các tác nhân trung gian qua môi trường nước thường xuyên tác động tới lẫn nhau trong quần xã, đặc biệt là các tác nhân sinh hóa, các sản phẩm trao đổi chất khác lan truyền trong môi trường nước, có tác động trong quan hệ kết đàn, săn mồi, tự bảo vệ, sinh sản của thủy sinh vật...

II. CẤU TRÚC QUẦN XÃ THỦY SINH VẬT TRONG THỦY VỰC VÀ ĐẶC TÍNH THÍCH ỨNG SINH THÁI

Các thủy vực (biển, sông, hồ, ao...) là những môi trường sống cụ thể tồn tại trong thiên nhiên. Mỗi loại hình thủy vực có một sinh quần (biom) thủy sinh vật sống trong đó với những đặc trưng về thành phần loài và đặc tính sinh thái thích ứng với môi trường sống của thủy vực đó. Sự hình thành và tồn tại các sinh quần thủy sinh vật trong các thủy vực hiện nay là kết quả của một quá trình tiến hóa lịch sử lâu dài của thủy vực cũng như thủy sinh vật sống trong đó. Nhìn một cách tổng quan, trong một sinh quần thủy vực, có thể phân biệt hai quần xã sinh vật lớn: quần xã sinh vật trong tầng nước và quần xã sinh vật trong nền đáy với hai loại môi trường sai khác nhau rất cơ bản. Bên cạnh đó, cũng có thể phân biệt một quần xã mang tính trung gian - quần xã sinh vật vùng triều - với đặc tính thích ứng cả với điều kiện sống trong tầng nước (khi nước triều lên) và trong nền đáy (khi triều xuống). Đồng thời, trong mỗi quần xã, ứng với từng loại sinh cảnh, lại có thể phân biệt các tập hợp thành loài có thể coi là các quần xã sinh vật thích ứng hẹp với những đặc tính thích ứng riêng với các điều kiện sống cụ thể ở sinh cảnh đó.

1. Quần xã sinh vật tầng nước (Pelagic communities)

Đặc điểm cơ bản của môi trường sống tầng nước là khối nước ở thể lỏng và luôn chuyển động. Vì vậy, đặc tính thích ứng sinh thái cơ bản của sinh vật sống trong tầng nước là vận động được và thực hiện được các hoạt động sống chủ yếu trong tầng nước.

Căn cứ vào phương thức thực hiện các hoạt động trên, có thể phân chia quần xã sinh vật trong tầng nước thành hai nhóm sinh thái

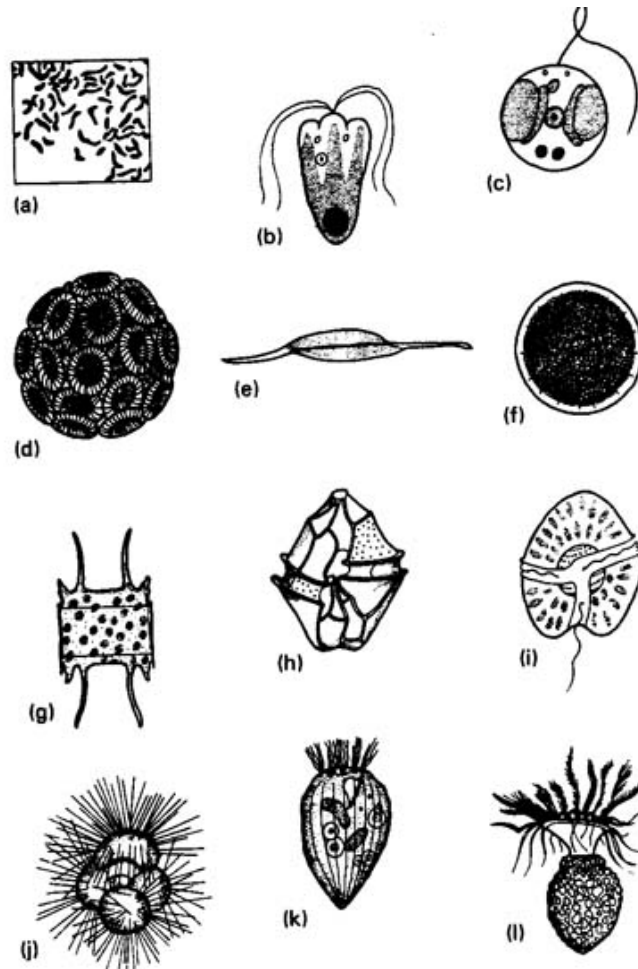
lớn: sinh vật phù du hay sinh vật nổi (plakton) và sinh vật tự du hay sinh vật tự bơi (nekton). Sai khác cơ bản giữa hai nhóm sinh thái này là ở chỗ: sinh vật nổi chủ yếu gồm các sinh vật có kích thước tương đối nhỏ (giáp xác nhỏ) và rất nhỏ (thực vật nổi), có lối di chuyển, vận động thụ động nhờ chuyển động của khối nước, còn sinh vật tự bơi - gồm các sinh vật có kích thước tương đối lớn (cá, thú biển ...) có lối di chuyển, vận động chủ động nhờ các cơ quan vận động phát triển.

1.1. Sinh vật nổi (Plankton)

Sinh vật nổi ở nước mặn (biển) cũng như nước ngọt (ao, hồ) đều gồm ba thành phần cơ bản là: thực vật nổi (phytoplankton), động vật nổi (zooplankton) và vi khuẩn nổi (bacterioplankton). Trong thành phần động vật nổi biển, đặc biệt là ở vùng biển ven bờ, còn có thể tách riêng nhóm sinh vật ngư loại (ichthyoplankton) gồm trứng cá, cá bột ở giai đoạn sống trôi nổi trong tầng nước. Bên cạnh các thành phần nói trên, trong tầng nước mặt còn có các nhóm sinh vật đặc trưng gần với sinh vật nổi là sinh vật màng nước (neiston) và sinh vật sống trôi (pleiston) gặp ở biển. Về mặt kích thước, có thể phân ra các nhóm kích thước sau:

Sinh vật nổi cực lớn (megaloplankton)	>1.000mm	Sứa dây
Sinh vật nổi lớn (macroplankton)	1-1.000mm	Sứa nhỏ, hàm tơ
Sinh vật nổi vừa (mesoplankton)	1-100mm	Giáp xác nhỏ
Sinh vật nổi nhỏ (microplankton)	20-200µm	Trùng bánh xe, tảo đơn bào
Sinh vật nổi rất nhỏ (nanoplankton)	2-20µm	Động vật nguyên sinh, vi khuẩn
Sinh vật nổi cực nhỏ (picoplankton)	0,2-2µm	Vi khuẩn, cơ thể nhân chuẩn (eukaryotic)

Về mặt chuyển hóa vật chất, sinh vật nổi cũng bao gồm đủ 3 nhóm sinh vật sinh thái: sinh vật sản sinh (thực vật), sinh vật tiêu thụ (động vật) và sinh vật phân hủy (vi khuẩn). Sinh vật nổi nước mặn hay nước ngọt, tuy có thành phần loài khác nhau, song đều có những đặc tính thích ứng sinh thái cơ bản với đời sống trong tầng nước.



Hình 4.1. Đại diện các nhóm sinh vật nổi cực nhỏ và rất nhỏ
(theo Barne&Hughes, 1988)

- (a) Vi khuẩn; (b)(c) vi tảo Flagellates; (d) vi tảo Coccolithophore;
(e-g) vi tảo Diatom;
(h)(i) vi tảo Dinoflagellates; (j) Foraminera; (k)(f) vi tảo Tintinnidae.

Nhờ có sự phát triển phương pháp nghiên cứu hiện đại, các phát minh gần đây cho thấy có sự phong phú của giới vi sinh vật trong

tầng nước và đây thực sự là các nhóm sản xuất quan trọng trong tầng nước, đặc biệt trong nước biển.

Sinh vật nổi cực nhỏ (picoplankton) bao gồm vi khuẩn và các cơ thể nhân chuẩn (eukaryotic). Bằng phương pháp đếm trực tiếp thông qua nhuộm màu tế bào và sử dụng kính hiển vi huỳnh quang đã tính được mật độ của nhóm vi khuẩn này từ 10^5 đến hơn 10^6 tế bào/ml nước biển. Với số lượng như vậy là lớn hơn rất nhiều so với sự tính toán trước đây bằng cách đếm khuẩn lạc trên đĩa thạch nuôi vi khuẩn. Một phát hiện mới khác tuy nhỏ như nhóm picoplankton là vi khuẩn lam có khả năng quang tổng hợp thường có mặt và góp phần đáng kể cho năng suất sơ cấp ở thủy vực nghèo dưỡng. Sự đóng góp của picoplankton tới năng suất sơ cấp và sinh vật lượng biến đổi theo chiều rộng và chiều sâu.

Một phát hiện nữa là picoplankton như mầm tảo lục (prochlorophyte) với kích thước cực nhỏ ($0,6-0,8\mu\text{m}$) rất phong phú (đạt tới $10^{11}-10^{15}$ tế bào/ml) trong tầng nước ở sâu hơn tầng được chiếu sáng tại vùng biển khơi. Đây là những cơ thể sinh vật rất nhỏ chứa các loại diệp lục (chlorophyll a, b và c).

Nhóm sinh vật nổi rất nhỏ (nanoplankton) bao gồm nhiều loại cơ thể, trong số đó, là những cơ thể quang tổng hợp, ăn thực vật và ăn thịt. Số lượng của chúng có thể tới 10^4 tế bào/ml.

Sinh vật nổi nhỏ (microplankton) bao gồm các nhóm thực vật nổi như tảo si líc hoặc các nhóm giáp xác nhỏ như chân chèo (Copepoda), râu ngành (Cladocera) và ấu trùng của các nhóm động vật khác lớn hơn.

Đặc tính thích ứng - Sinh thái

Đặc tính thích ứng sinh thái cơ bản của sinh vật nổi là những đặc điểm cấu tạo trong và ngoài của cơ thể làm tăng sức nổi và khả năng trôi thụ động trong tầng nước.

Khả năng chìm nổi của sinh vật trong tầng nước được thể hiện trong công thức Ostwald:

$$a = \frac{b}{c * d}$$

a: tốc độ chìm

b: trọng lượng còn lại (hiệu số giữa trọng lượng cơ thể vật và trọng lượng khối nước bị choán chỗ).

c: độ nhớt của nước.

d: sức cản của vật, phụ thuộc vào diện tiếp xúc cơ thể vật với nước.

Hoặc còn có thể được tính theo luật Stoke:

$$V = \frac{2}{9} * \frac{(p - p')r^2 g}{\eta \Phi}$$

Trong đó:

V: tốc độ nổi hoặc chìm

P: tỉ trọng nước

p': tỉ trọng vật

r: bán kính hữu hiệu (r một vật có thể tích tương đương)

η : độ nhớt của nước

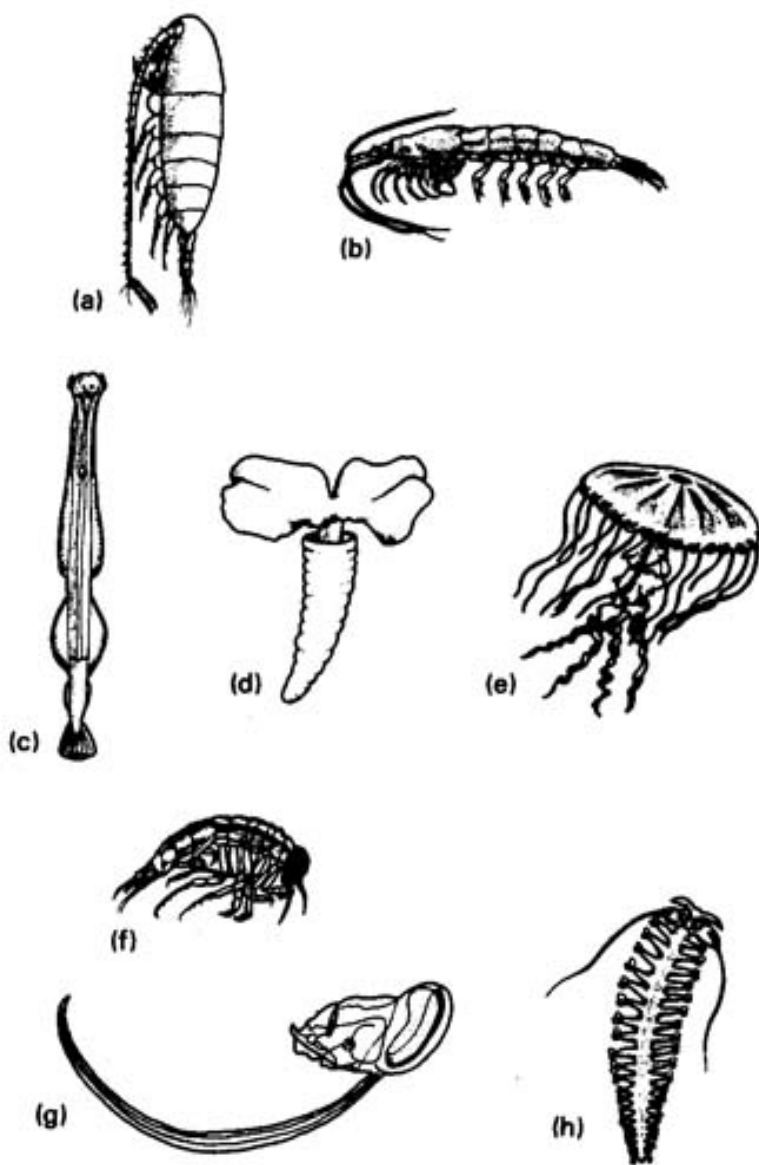
g: gia tốc trọng lực

Φ : hệ số của vật

Theo các công thức này: vật càng nhẹ (b, p-p' giảm) diện tiếp xúc càng lớn (d, Φ tăng), độ nhớt của nước (c, η) thay đổi theo chiều nghịch với nhiệt độ nước và theo chiều thuận với độ mặn của nước càng tăng, thì sức nổi của vật này tăng. Phù hợp với quy luật này, cấu tạo cơ thể sinh vật nổi có những đặc điểm thích ứng sau:

Giảm trọng lượng còn lại của cơ thể: được thực hiện theo các bước sau:

a. Giảm kích thước cơ thể và trọng lượng riêng của cơ thể cho tới gần trọng lượng riêng của nước, được thực hiện bằng kích thước nhỏ của cơ thể có thể thấy ở phần lớn sinh vật phù du (tảo đơn bào, giáp xác nhỏ, trùng bánh xe, vi khuẩn), giảm bộ xương trong hoặc ngoài, thấy ở các nhóm thân mềm, chân cánh (Pteropoda), ruột khoang, động vật nguyên sinh, tảo silic...

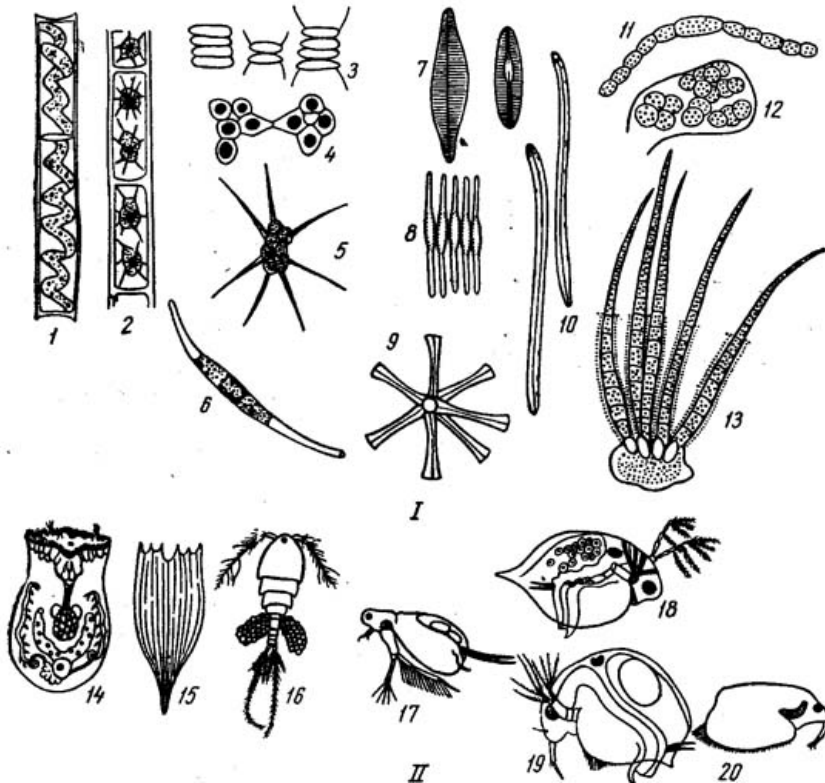


Hình 4.2. Đại diện các nhóm sinh vật nổi nhỏ
(theo Barne & Hughes, 1988)

- (a) Chân chèo Copepoda; (b) Tôm lân Euphrosiidae; (c) Hàm to Chaetognatha; (d) Chân cánh Pteropoda; (e) Sứa lược; (f) Bơi nghiêng Amphipoda; (g) Apendicularia; (h) Giun nhiều tơ Polychaeta.

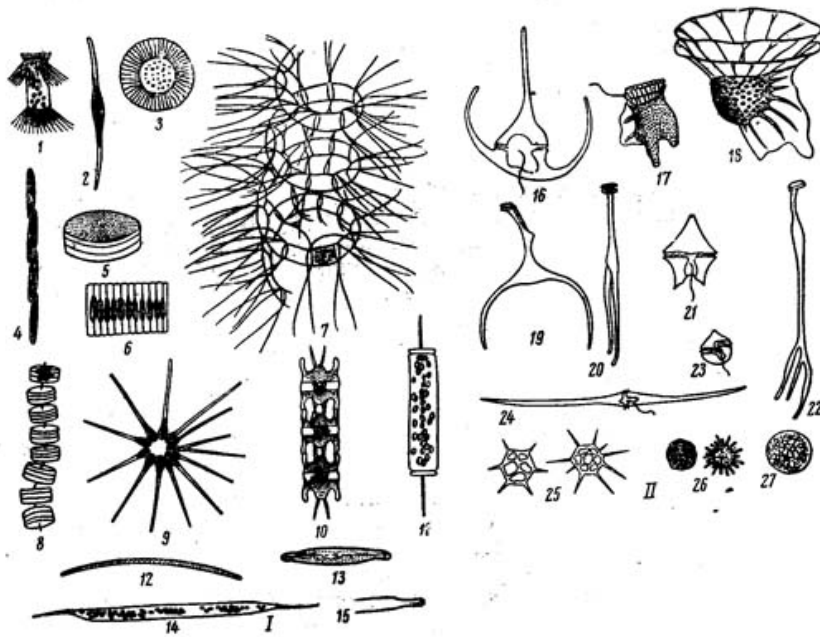
b. Tích tụ trong cơ thể vật chất nhẹ như nước (sữa), các ion nhẹ, thải bớt các ion nặng như Ca, Mg, SO_4 ... tích tụ mỡ như ở nhiều trùng roi *Noctiluca*, trùng phóng xạ *Spumellaria*, một số giáp xác nhỏ, tảo đơn bào.

c. Tạo các phao nổi trong cơ thể dưới dạng các túi khí trong nguyên sinh chất tế bào - các không bào. Như ở các trùng amip nước ngọt *Diffugia*, *Arcella*, ấu trùng muỗi *Chaoborus*. Hiện tượng này cũng thấy ở sữa dây với các dây phao bơi dính trên trục cơ thể.



Hình 4.3. Các đại diện sinh vật nổi hồ, ao (theo Odum, 1959)

1-5. Tảo lục Chlorophyta; 6-10. Tảo silic Bacillariophyta; 11-13. Vi khuẩn lam Cyanobacteria; 14,15. Trùng bánh xe Rotatoria; 16. Copepoda; 17-20. Cladocera



Hình 4.4. Các đại diện thực vật nổi biển (theo Odum, 1959)

1. Corethron; 2,4. Nitzschia; 3. Planktoniella; 5. Discinodiscus; 6. Flagellaria; 7. Chaetoceros; 8. Thalassiosira; 9. Asterionella; 10. Bidduphia; 11. Ditylum; 12. Thalassiothrix; 13. Navicula; 14,15. Rhizosolenia; 16, 24. Ceratium; 17. Dinophysis; 18. Ornithocercus; 19,20. Triposolenia; 21. Peridinium; 22. Amphisolonia; 23. Goniolax; 25. Silicoflagellata; 26. Coccolithophoridae; 27. Halosphaera.

Tăng diện tiếp xúc cơ thể với nước dẫn tới tăng sức cản trong nước làm giảm tốc độ chìm. Đặc tính này được thể hiện ở kích thước nhỏ của sinh vật phù du, hình thành dạng cơ thể dẹp, phân nhánh, hoặc có nhiều gai, phần lõi... tất cả đều có tác dụng làm tăng diện tích riêng (tỷ lệ diện tích/ trọng lượng cơ thể), làm giảm tốc độ chìm, tăng sức nổi của vật trong nước. Kiểu cấu tạo cơ thể này thấy ở trùng phóng xạ, tảo giáp, ấu trùng tôm cua sống nổi, tảo silic, giáp xác chân chèo và râu ngành, với hiện tượng biến hình chu kỳ (cyclomorphose) của nhiều nhóm Râu ngành như Daphnia,

Bosmina theo mùa, liên quan tới sự biến đổi nhiệt độ nước làm thay đổi trọng lượng riêng, độ nhớt của nước.

1.2. Sinh vật tự bơi (Nekton)

Sinh vật tự bơi là những sinh vật có cơ thể đủ lớn đủ khả năng bơi nhanh, vượt quá chuyển động của nước. Thuộc nhóm này có đông đảo đại diện của các nhóm ở biển như cua bơi, thân mềm (ốc anh vũ - nautilus), nhiều loài mực, cá, rùa biển, rắn biển, hải cẩu, cá voi, chim cánh cụt. Động vật tự bơi ở nước ngọt kém phong phú hơn như giáp xác, côn trùng, cá, lưỡng cư, bò sát, và một số loài động vật có xương sống khác như rái cá, chim nước.

Đặc tính cơ bản của sinh vật tự bơi - khác với sinh vật nổi - là có khả năng vận động, di chuyển chủ động, nhờ có các cơ quan vận động phát triển, hoặc do vận động của chính cơ thể. Ở sinh vật nổi, hiện tượng di chuyển chủ động có thể thấy, song với tốc độ rất yếu so với sức đẩy của khối nước, không chủ động được hướng di chuyển, do cơ quan vận động. Ở sinh vật tự bơi, di chuyển chủ động trong khối nước với tốc độ lớn hơn nhiều và nhờ các cơ quan vận động phát triển, con vật có thể chủ động thay đổi hướng di chuyển trong khối nước một cách linh hoạt.

Xét về cơ chế vận động, có thể phân biệt ba kiểu vận động di chuyển cơ bản ở sinh vật tự bơi.

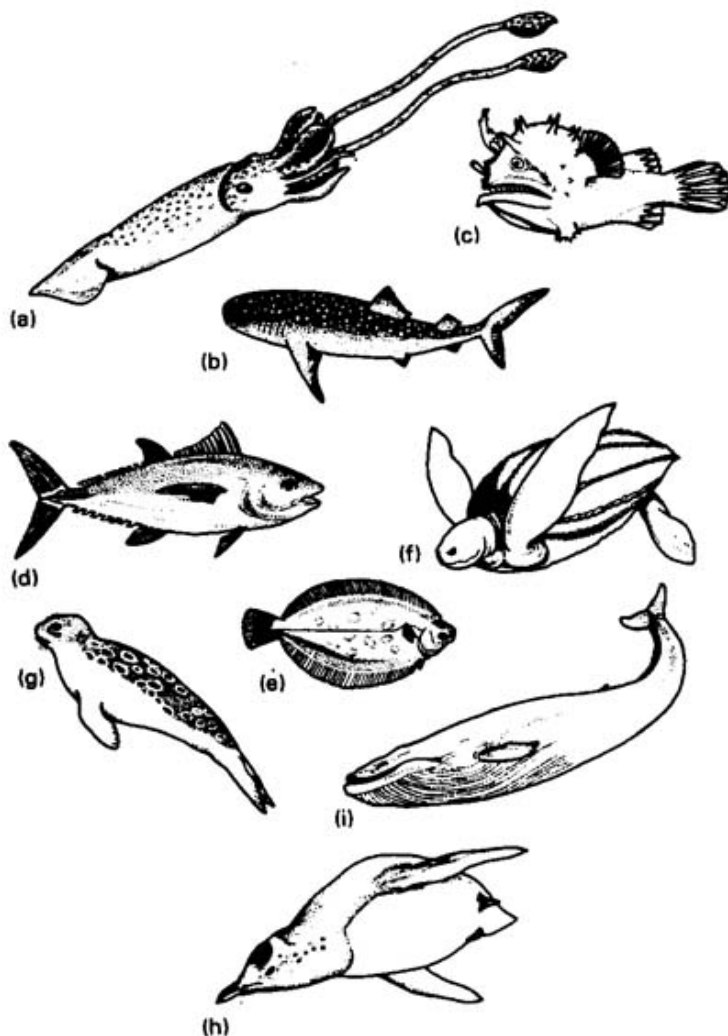
1. Vận động kiểu quạt nước

Kiểu vận động này thấy phổ biến ở động vật đơn bào và ấu trùng động vật không xương sống ở nước như trùng tiêm mao hình giày (Paramoecium), ấu trùng Trochophora (giun nhiều tơ), Velige (ốc), trùng bánh xe, sứa lược (Pleurobrachia). Cơ quan vận động của chúng là các nhánh tiêm mao dày, mọc thành hàng tạo thành các viền, tấm tiêm mao, có hoạt động liên tục như các làn sóng quạt vào nước đẩy con vật đi. Tốc độ di chuyển thường rất nhỏ chỉ dưới 1mm/sec. Các động vật tự do loại này trừ các loài sứa, còn đều có kích thước hiển vi, chỉ dưới 1mm.

2. Vận động kiểu uốn lượn cơ thể

Đây là kiểu vận động phổ biến ở các nhóm động vật tự do lớn (cá, rắn biển, thú biển, giun) có hệ cơ phát triển, hoạt động của chúng

tạo nên hoạt động bơi ở trong nước. Di chuyển bằng vận động uốn lượn, có thể được hỗ trợ bởi các cơ quan vận động chuyên hóa dưới dạng vây, đuôi, chân màng... Vận động uốn lượn cơ thể có thể chuyển động trong mặt phẳng ngang như thấy ở cá, thú biển, hoặc trong mặt phẳng dọc, thấy ở các động vật hình giun.



Hình 4.5. Đại diện các nhóm sinh vật tự bơi
(theo Barnes & Hughes, 1988)

a: mực; b: cá mập; c: cá biển sâu; d: cá thu - ngừ; e: cá bơn; f: rùa biển; g: hải cẩu; h: chim cánh cụt; i: cá voi.

Đặc tính thích ứng với kiểu vận động này có thể thấy rõ ở cá, thú biển. Cơ thể thường có dạng tên lửa, đầu vuốt nhọn để giảm sức cản của nước. Trên mặt da thường có lớp vảy trơn (ở cá, rắn biển), lông mịn để giảm ma sát với nước (thú biển). Ngoài ra, cấu tạo các thùy vây đuôi to, nhỏ khác nhau có tác dụng như một bánh lái. Cơ thể lồi về phía lưng hay phía bụng cũng là những đặc điểm thích ứng với lối di chuyển, tạo khả năng dễ dàng điều khiển hướng di chuyển trong tầng nước của vật. Vận động theo kiểu uốn lượn cơ thể thường có tốc độ lớn, có khi tới 130km/giờ như ở cá kiếm.

3. Vận động kiểu phản lực

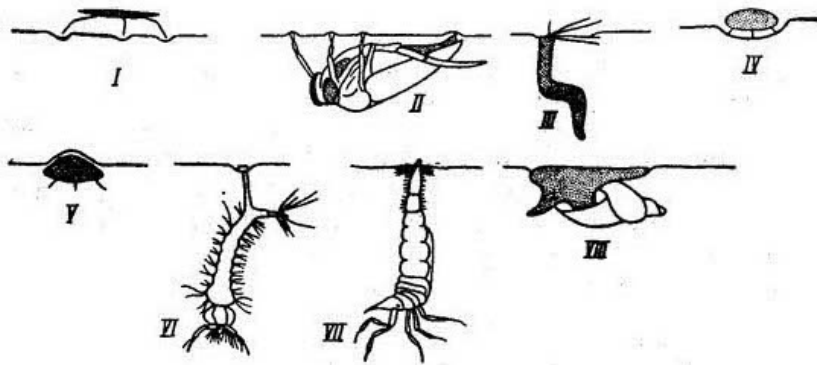
Diễn hình của kiểu vận động này thấy ở Thân mềm chân đầu (Cephalopoda) gồm các loài mực, bạch tuộc. Cơ chế vận động này là nhờ tia nước từ trong xoang áo phụt mạnh qua lỗ ống phễu ra ngoài, tạo nên lực phản lực đẩy con vật di chuyển theo hướng giạt lùi. Nước được chứa vào trong xoang áo có khối lượng lớn qua khe của xoang áo vào cơ thể và được khép chặt bởi các van khép áo. Tốc độ di chuyển theo kiểu vận động phản lực này ở một số loài mực như *Ommastrephes sagittatus* có thể tới 41km/giờ. Vận động kiểu phản lực có thể thấy phổ biến ở Thân mềm chân đầu, một số thủy mẫu và ấu trùng chuồn chuồn.

2. Sinh vật màng nước (Neiston)

Sinh vật màng nước là những động vật sống quanh màng nước (ở giữa bề mặt nước và khí quyển), nhờ sức căng bề mặt tạo nên một màng nước có tác dụng như giá đỡ. Cơ thể của chúng có vỏ không thấm nước, nhỏ nhẹ, có chân dài, nhờ vậy có thể di chuyển nhanh trên mặt nước mà không chìm. Mắt của nhóm động vật này có cấu tạo hai phần: phần trên có khả năng khúc xạ ánh sáng khí quyển, phần dưới có khả năng khúc xạ với môi trường nước. Các loài đặc trưng cho nhóm này là họ gọng vó (Gerridae). Một số loài có khả năng sống dưới bề mặt nước như một số loài râu ngành, ấu trùng côn trùng.

Theo lối sống, có thể phân biệt hai nhóm khác nhau: sinh vật sống trên màng nước (epineiston) và sống dưới màng nước (hyponeiston). Sinh vật sống trên màng nước, có cơ thể luôn ở trong môi trường không khí trên mặt nước. Chúng di chuyển trên mặt

nước nhờ chân nhẹ và không thấm nước nên màng nước chỉ lún xuống mà không bị chìm. Khả năng sống trên màng nước phụ thuộc vào tỷ lệ giữa lực đẩy lên của màng nước và trọng lượng cơ thể, ở côn trùng *Velia* là 19-24, ở *Gerris* là 24.5-42.6. Chúng sống nhờ thức ăn hữu cơ có nhiều trên bề mặt nước. Ở nước ngọt, nhóm này có thể các loài *Hydrometra* (đo nước), *Gerris* (nhện nước), *Gyrinus* (bọ vè). Ở biển có thể thấy các loài *Halobates* (đo nước biển).



Hình 4.6. Đại diện sinh vật màng nước (theo Zernov, 1949)
I, IV- epineiston; II, III, V, VII, VIII - hyponeiston

Sinh vật dưới màng nước (Hyponeiston) có cơ thể luôn ở trong môi trường nước, tiếp xúc với màng nước từ phía dưới. Đặc điểm thích ứng của chúng là: vỏ cơ thể thấm nước, có sắc tố chống được với tia cực tím ở mặt nước, có màu sắc ngụy trang chống kẻ thù từ trong nước và trên không, sinh vật dưới màng nước đều là loại dị dưỡng, ăn chất hữu cơ và vật sống có nhiều trong lớp nước mặt. Có thể phân biệt bốn sống thường xuyên ở màng nước (euryhyponeiston), sống một thời gian ở màng nước (mesohyponeiston) và chỉ sống ban đêm ở màng nước (tichophyponeiston). Thuộc vào thành phần hyponeiston, trong nước ngọt có thể kể nhiều loài vi khuẩn, động vật đơn bào, giáp xác nhỏ (*Scapholeberis*), ốc (*Lymnaea*), côn trùng bọ gạo (*Notonecta*), ấu trùng muỗi. Ở biển có thể kể ốc *Fanthina*, *Hydrobia*, trứng, ấu trùng nhiều loài cá biển, cua biển, giáp xác chân chèo (*Potellidae*), hàm tơ *Sagitta*.

3. Sinh vật sống trôi (Pleiston)

Với đặc điểm cấu tạo cơ thể một nửa trong không khí, một nửa nhúng trong tầng nước trong suốt đời sống, sinh vật sống trôi vừa thích ứng với lối sống trong nước, lại cũng thích ứng lối sống trong không khí. Đại diện cho thực vật sống trôi trong nước ngọt là có thể kể các loài bèo, sống trên trên các mặt ao, hồ, phần lá mang khí khổng hô hấp không khí, phần thân, rễ nhúng trong nước, hấp thụ không khí, chất dinh dưỡng hòa tan trong nước. Đại diện điển hình cho động vật sống trôi ở biển là các loài sứa ống sống trôi trên mặt biển (Siphonophora) như *Physalia* với dây phao bơi nhúng trong nước, sứa: *Velella*, *Porphita* với phao bơi nổi trên mặt nước như những cánh bướm. Một số loài cá như cá mặt trăng (*Mola*) cũng có lúc chuyển sang đời sống trôi, với vây lưng dựng trên mặt nước như cánh bướm.

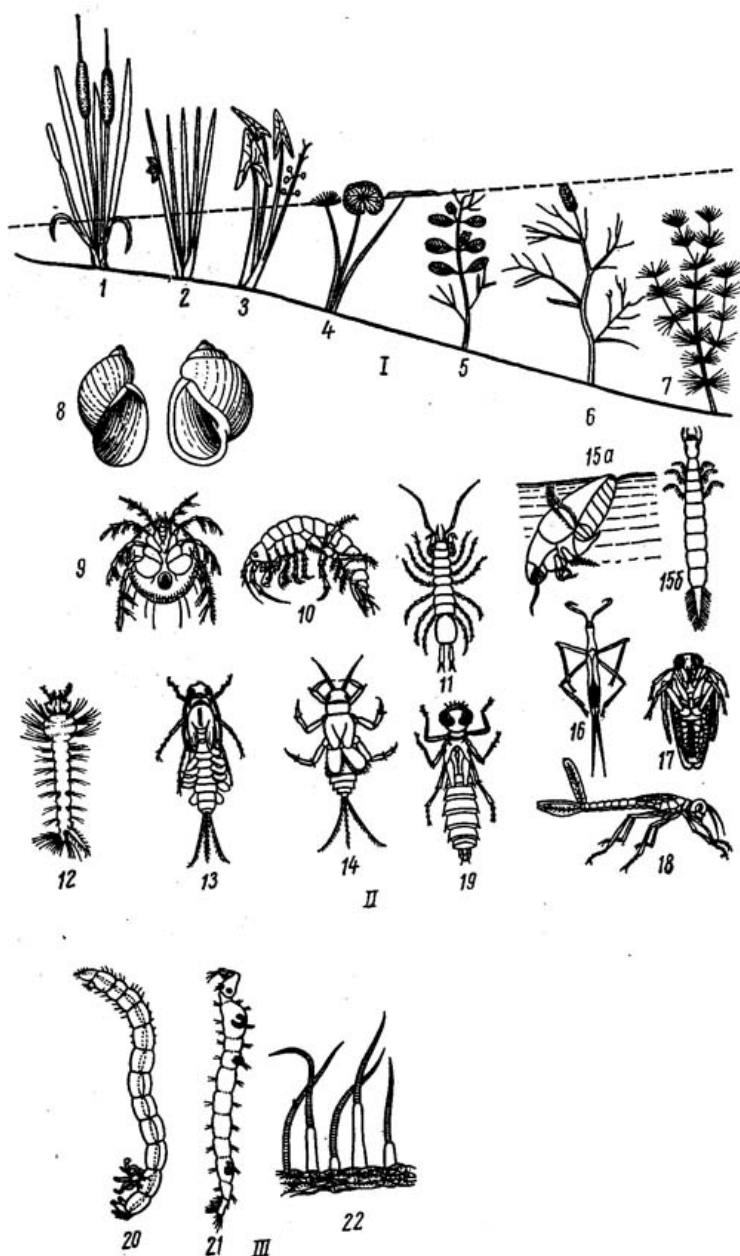
4. Sinh vật nền đáy (Benthos)

So với tầng nước, sinh cảnh nền đáy đa dạng hơn nhiều, vì vậy hiện tượng thích ứng của sinh vật đáy cũng rộng hơn nhiều so với sinh vật tầng nước.



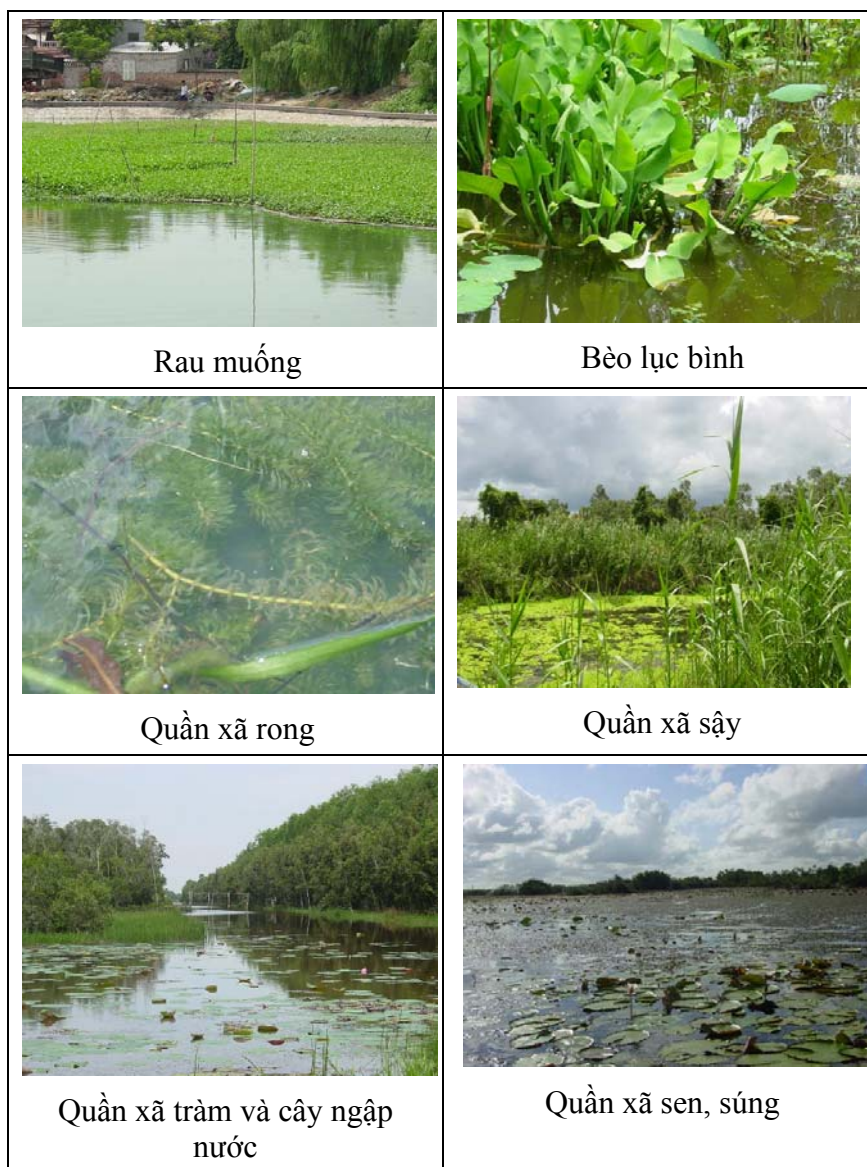
Hình 4.7. Thực vật bám đáy (periphyton) ở suối

Nền đáy thủy vực là nơi tích tụ sau cùng của vật chất trong thủy vực, sau quá trình phân huỷ dưới dạng trầm tích, chất mùn bã hữu cơ. Tầng mặt của nền đáy, có thể là bùn, cát hoặc đá hoặc là một hỗn hợp các loại chất đáy. Tùy theo độ sâu, nền đáy có thể có nhiều, ít hoặc không có ánh sáng như ở vùng biển sâu. Ở vùng triều còn có nền đáy còn có hiện tượng ngập nước hoặc phơi đáy theo hoạt động thủy triều.



Hình 4.8. Đại diện sinh vật đáy thủy vực nước ngọt (theo Odum, 1959)

I. Thực vật; II. Động vật đáy; III. Các dạng sinh vật đáy vùng xa bờ



Hình 4.9. Một số dạng thực vật thủy sinh nước ngọt

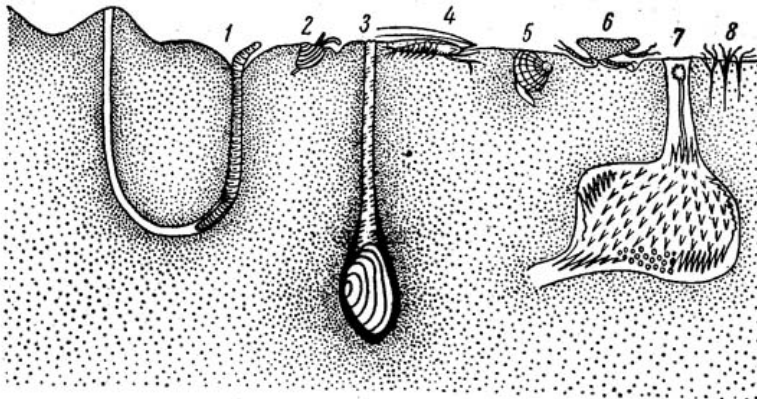
Một cách tổng quát có thể chia sinh vật đáy thành hai nhóm lớn: động vật đáy (zoobentos) và thực vật đáy (phytobentos). Theo lối sống, mối quan hệ với nền đáy, có thể phân thành ba nhóm: nhóm sống trên mặt đáy (epifauna), trong nền đáy (infauna) và sống bám trên vật thể (sống và không sống) dưới đáy (periphyton). Thuộc vào

nhóm thứ nhất có thể kể: tôm, cua, ruột khoang, da gai, hải miên, nhiều loài thân mềm. Thuộc vào nhóm thứ hai là các loài giun, giáp xác nhỏ, trai ốc, vi khuẩn. Theo kích thước, có thể phân biệt bốn nhóm sinh vật đáy. Sinh vật đáy cỡ cực lớn (Megabentos) có kích thước trên 1 cm, gồm các loài giáp xác, da gai, mực, cá cỡ lớn, sinh vật đáy cỡ lớn (macrobentos) - 5-10mm, sinh vật đáy cỡ trung (mesobentos) có kích thước khoảng 0.1-5mm và cỡ nhỏ (microbentos) - dưới 0.1mm. Nhóm mesobentos thường là thành phần chủ yếu trong định lượng sinh vật đáy, bao gồm các nhóm: giáp xác nhỏ, giun tròn. Nhóm sinh vật đáy cỡ lớn thường bao gồm các nhóm giun nhiều tơ, giun ít tơ, da gai, trai, ốc nhỏ. Sinh vật đáy cỡ lớn còn gồm các nhóm tôm cua, trai ốc, da gai, hải miên, ruột khoang, thực vật lớn có lối sống di động trên nền đáy. Nhóm sinh vật đáy cỡ nhỏ bao gồm vi khuẩn, động vật và thực vật đơn bào trong bùn đáy.

Tùy theo tính thích ứng từng loại môi trường của nền đáy, còn có thể phân biệt sinh vật thích đáy bùn (pelophile), đáy cát (psammophile), đáy đá (lithophile), đáy đất sét (argilophile). Đáng chú ý là hầu hết các loài sinh vật đáy đều có giai đoạn ấu trùng, rời khỏi nền đáy, sống trôi nổi trong tầng nước, khi trưởng thành lại trở lại đời sống ở nền đáy. Đặc tính này thấy ở tất cả các nhóm tôm cua, trai ốc, giun, hải miên, ruột khoang, da gai... có thể coi đây là như một đặc tính thích ứng quan trọng, rất cơ bản, bảo đảm cho sinh vật đáy có điều kiện thay đổi sinh cảnh, có điều kiện thuận lợi hơn cho giai đoạn đầu của đời sống và nhất là có điều kiện phát tán nòi giống trong môi trường nước.

Đặc tính thích ứng sinh thái

Khác với sinh vật trong tầng nước có tính thích ứng với khả năng nổi và di chuyển trong tầng nước là chủ yếu, đặc điểm thích ứng của sinh vật đáy phát triển theo hướng tạo cho vật sự an toàn, vững chãi trong đời sống trên nền đáy, tránh được các tác nhân gây chuyển dịch, mất ổn định vị trí cơ thể, hoặc vùi lấp cơ thể trong bùn đáy. Phù hợp với tính ổn định, ít biến động của môi trường sống nền đáy. Có thể nhận thấy những đặc điểm thích ứng sinh thái này ở 3 nhóm sinh vật đáy: vùng triều, vùng đáy nông và vùng đáy cực sâu.



Hình 4.10. Sinh vật sống vùi (theo Zenkevitch, 1956)

1. Giun nhiều tơ; 2,3,5. Trai - sò; 4. Tôm; 6. Giáp xác bơi nghiêng;
7. Cầu gai

Sinh vật vùng triều

Môi trường sống vùng triều có những biến động tuần hoàn về trạng thái ngập nước và phơi bãi của nền đáy, biến đổi về độ mặn nước theo hoạt động thủy triều. Vùng triều cũng là nơi chịu tác động lớn của sóng ven bờ. Thích ứng với điều kiện sống không ổn định này, sinh vật đáy vùng triều có những đặc điểm thích ứng sau:

1. Bám chặt lấy giá thể, có thể là rạn đá hoặc rạn san hô, nền đáy cứng hoặc cây thủy sinh như thực vật ngập mặn. Động vật đáy đặc trưng vùng triều như các nhóm trai ốc (Patellidae), hà sun (Balanus), hàu Ostreidae, Haliotidae, Neritidae, Ceritidae, có miệng loe rộng, chân phát triển lớn, hoặc có bộ tơ chân (byssus) vỏ bám để bám vào giá thể, nền đáy.
2. Có khả năng hô hấp cả ở nước và ở cạn, khả năng điều hòa thẩm thấu tốt. Khả năng này có thể thấy ở các loài cua, cáy, cá thòi lòi *Periophthalmus* ở rừng ngập mặn, thực vật ngập mặn...
3. Khả năng thích ứng với đời sống ở nơi nước chảy xiết, có giao động mạnh cũng còn thấy ở động vật nước ngọt sống ở vùng suối, thác nước chảy: thân dẹp, chân bám chắc để thoát

khởi sức đẩy mạnh của nước chảy, như thấy ở ấu trùng phù du Hetagemidae, ốc nón Ancyridae, phát triển giác bám (đĩa) như ở sinh vật vùng đáy mềm dưới triều, xây tổ bảo vệ như ở ấu trùng Trichoptera.

4. Vùng đáy mềm có chất đáy thường là bùn, cát, vỏ xác sinh vật, có thể có đá rải rác hoặc rạn san hô. Sinh vật đáy ở môi trường này có xu hướng tự bảo vệ không để bị vùi lấp hoàn toàn, thường xuyên dưới lớp bùn đáy. Có thể có các thích ứng sau:
 - Tăng trọng lượng riêng cơ thể hoặc diện tích bề mặt cơ thể để khỏi bị chìm, lún. Đặc tính này có được nhờ có vỏ can xi nặng thấy ở nhiều nhóm cua, trai ốc lớn, có khi rất lớn như trai khổng lồ *Tridacna*, cua Viễn đông *Paralithodes*, ốc tù và (*Charonia*), ốc kom khơi (*Cassis*), ốc dác (*Melo*). Xu hướng dẹp cơ thể có thể thấy ở nhiều nhóm da gai như: cầu gai, sao biển, đuôi rắn... phát triển
 - Có chân bám dạng cuống dài hoặc trụ cao giữ cho cơ thể nhô khỏi đáy bùn hoặc có siphon dài thò lên khỏi mặt bùn, bảo đảm hô hấp, hút nước bình thường. Có thể thấy đặc tính này ở nhiều loài trai sống ở đáy bùn như *Lutraria*, *Solen*, các loài hải miên, thủy tức, hải quỳ, san hô, giun nhiều tơ, giá biển....
5. Trên nền đáy cứng, sinh vật đáy cũng có khả năng di chuyển chủ động bằng cách bò, chạy, nhảy với tốc độ nhỏ, phản lực nhờ những cơ quan vận động đặc biệt của chúng, song nhìn chung là rất hạn chế.

Sinh vật vùng đáy sâu

Vùng đáy sâu chủ yếu thấy ở các biển và đại dương bao gồm các vùng đáy dốc (batial) sâu từ 500-7000m, vùng đáy sâu (abyssal) từ 3000-6000m và vùng đáy cực sâu (ultraabysal) có độ sâu trên 6000 m tới độ sâu nhất đại dương. Diện tích vùng này chiếm tới 4/5 diện tích đáy đại dương.

Đặc tính chung và điều kiện tự nhiên của vùng đáy sâu là:

1. Vùng không có ánh sáng mặt trời xâm nhập tới (vùng tối - aphotic). Hệ quả của điều này là thực vật cây xanh không

thể tồn tại và không có bọn sinh vật sản sinh phát triển, ngoại trừ nhóm vi khuẩn đáy sâu với hoạt động hóa tổng hợp. Nguồn thức ăn, năng lượng vùng đáy sâu chủ yếu từ các vùng nông phía trên chuyển tới. Đời sống vùng đáy sâu, về mặt này tương tự như đời sống trong hang động vùng nước ngầm không có ánh sáng.

2. Vùng có nhiệt độ thấp, ở độ sâu 1000m, nhiệt độ trung bình chỉ 4-5⁰C. Hơn nữa chế độ cũng như độ mặn nước ở đây hầu như không thay đổi, ở độ sâu 100m, nhiệt độ chỉ dao động khoảng 3⁰-1⁰, còn ở độ sâu hơn, gần như không thay đổi.
3. Vùng có áp lực nước cao, do tầng nước lớn phía trên tạo nên. Mặt khác lại là vùng tương đối yên tĩnh, ít hoặc không có ảnh hưởng của dòng chảy, thủy triều.

Phù hợp với những đặc điểm trên về điều kiện tự nhiên, quần xã sinh vật vùng đáy sâu có những thích ứng riêng.

- Quần xã sinh vật vùng đáy sâu có tính chất hỗn hợp, bao gồm cả những loài có thích ứng độ sâu rộng (eurybathe), sống cả ở vùng đáy nông phía trên và có thể di nhập cả xuống các tầng đáy sâu 3000-5000m, và cả những loài đặc trưng cho vùng đáy sâu. Nhóm loài thứ nhất nhiều khi chiếm tỉ lệ khá cao, như Huệ biển có thể tới 20%, sao biển - 30%, có bao (Tunicata) - tới 25% thành phần quần xã (Ekman, 1935).
- Quần xã sinh vật vùng đáy sâu - (Filafova, 1977) có thành phần phân bố tương đối đồng đều trên diện rộng, do điều kiện sống ít biến đổi theo không gian và thời gian. Do điều kiện thức ăn nghèo nàn, nên quần xã sinh vật đáy sâu, tuy có đa dạng nhưng nhìn chung nghèo về số lượng. Thành phần loài mang tính chất đặc trưng cho vùng đáy sâu, không chỉ về thành phần phân loại học gồm các loài, giống đặc trưng, mà còn cả về đặc điểm cấu tạo hình thái, sinh lý.
- Về mặt hình thái, sinh lý, khác với sinh vật ở vùng nước nông, trong điều kiện thức ăn nghèo nàn, sinh vật ở vùng đáy sâu có xu hướng giảm thiểu tiêu thụ năng lượng, giảm cường độ trao đổi chất, vì vậy sinh vật biến đổi theo hướng

duy trì trạng thái nổi thụ động, ít vận động. Để đảm bảo yêu cầu này, cơ thể sinh vật được giảm nhẹ, theo hướng giảm nhẹ hệ cơ, xương, tăng hàm lượng nước, mỡ. Cơ quan cảm giác tiêu giảm, thành phần protein trong mô giảm đi. Ở cá túi bong bóng mất đi hoặc tiêu giảm để chứa mỡ. Mặt khác, thích ứng với điều kiện nhiệt độ thấp và áp lực nước cao, kích thước trung bình của các loài ăn thịt ở vùng đáy sâu lại có xu hướng tăng cao. Các cơ quan bắt mồi, phát sáng phát triển như thấy ở mực, bạch tuộc, tôm, cua ở đáy sâu, thích ứng với đặc tính bắt mồi thụ động của chúng.

- Về mặt sinh lý, đáng chú ý là do điều kiện nhiệt độ đồng đều ít biến đổi ở vùng đáy sâu, các động vật ở đây đều mang tính chất giả đồng nhiệt (pseudohomoictherme).

Thành phần quần xã sinh vật biển sâu cũng gồm hầu hết các nhóm phân loại đặc trưng cho môi trường này. Ở biển sâu Đại Tây Dương có thể thấy Hải sâm *Elasipoda* có nhú dài (*Peniagone*, *Deima*, *Oneirophanta*), Sao biển đặc trưng *Freyella*, Cầu gai *Echinothuriidae* với các loài nhỏ có gai dài *Salenia hastigera*, huệ biển cuống dài *Rhizocrinus*, các loài san hô biển sâu *Anthoptillum*, *Umbellula*, *Stephonotrochus*, *Flabellum*, *Bathycrinus*..., Hải miên *Euplectella*, *Hyalonema*, (Zenkevitus, 1957). Ở biển sâu Nhật Bản, thấy có các loài giun nhiều tơ *Harmothoe derjugini* và *H. impar*, trai *Pecten randolfi*, giáp xác nhỏ *Tmetonyx cicada*, *Euricope spinifrons*, *Typhlotanaia*. Động vật đáy lớn biển sâu có những loài cá biển sâu, các họ *Apoda*, *Macruridae*, *Liparidae*, *Cottidae*, các loài mực và giáp xác lớn biển sâu.

5. Đặc điểm quan hệ của quần xã thủy sinh vật

Cũng như ở mọi quần xã sinh vật khác, ở thủy sinh vật cũng có những quan hệ phổ biến: quan hệ tương trợ (cộng sinh, hội sinh), quan hệ đối nghịch (ký sinh, cạnh tranh nơi ở), quan hệ thức ăn. Ngoài ra, ở thủy sinh vật còn có mối quan hệ sinh hóa giữa các cá thể trong các quần thể với nhau, qua môi trường nước làm trung gian.

5.1. Quan hệ tương trợ

Trong quan hệ tương trợ, có khi cả hai bên cùng có lợi, có khi chỉ một bên có lợi hay chỉ một bên có hại. Thí dụ tiêu biểu là quan hệ cộng sinh giữa tảo lục đơn bào ở biển với sứa *Mastigias papua* và sản tiêu mao *Convoluta roscoffensis* và nhất là cộng sinh với tảo *Zooxantella*. Tảo được che chở và được sử dụng CO₂ và các sản phẩm nitơ của vật cộng sinh và ngược lại cung cấp ô xy cho chúng và giữ cho sự phát triển ở các giai đoạn đầu của chúng (ở sứa) được bình thường.

Kiểu quan hệ này phổ biến ở nhiều nhóm động vật: động vật nguyên sinh, hải miên, ruột khoang, giun. Cũng còn thấy cả kiểu quan hệ này giữa cá với sứa, cá với cầu gai. Giữa cá với cá, với tôm cua, cũng có mối quan hệ tương trợ loài nọ giúp loài kia “làm vệ sinh”, gỡ bỏ chất bẩn và các loại kí sinh ngoài. Hiện nay đã biết tới 26 loài cá, 6 loài tôm và một loài cua có kiểu quan hệ tương trợ.

5.2. Quan hệ đối nghịch

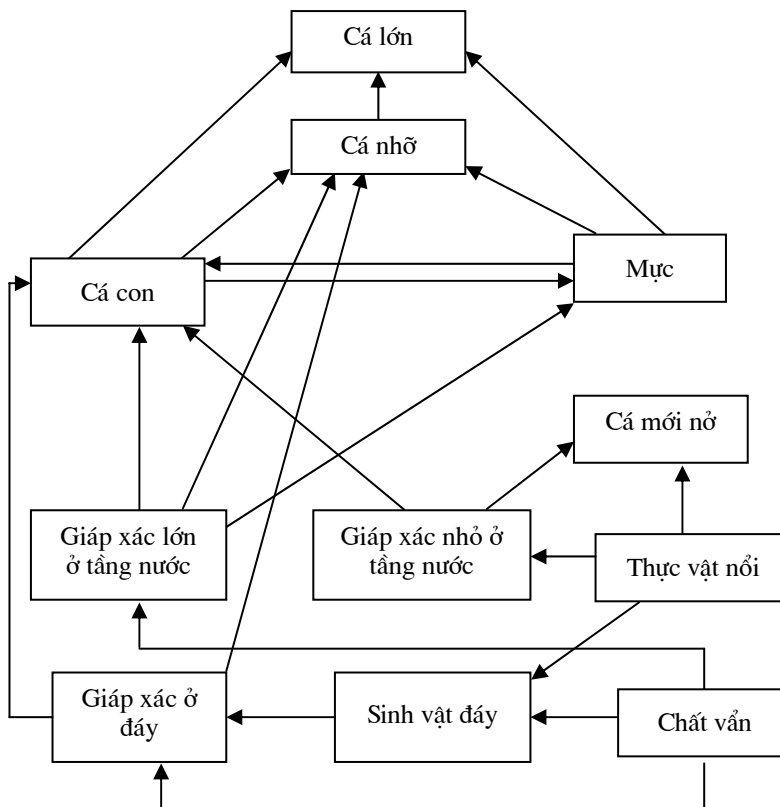
Quan hệ đối nghịch là sự cạnh tranh, thường xảy ra giữa các thủy sinh vật thuộc cùng một bậc dinh dưỡng. Quan hệ cạnh tranh có thể xảy ra do cạnh tranh nơi ở, nơi đẻ, nhưng thường do cạnh tranh thức ăn. Cạnh tranh thức ăn thấy ở nhiều thủy sinh vật, đưa tới kết quả giảm số lượng của vật đối địch. Khi sứa lược *Bolinopsis infundibulum* phát triển mạnh làm giết xác nhỏ sống trôi nổi giảm hẳn số lượng do cạnh tranh thức ăn về thực vật nổi. Vi khuẩn trong tầng nước và thực vật nổi cũng có quan hệ cạnh tranh với nhau về chất hữu cơ hòa tan trong nước.

5.3. Quan hệ ký sinh

Mối quan hệ này rất phổ biến trong quần xã thủy sinh vật. Các vật kí sinh phổ biến bao gồm các nhóm: nấm, vi khuẩn động vật nguyên sinh, giáp xác (chân chèo, chân đều), giun sán. Nhờ môi trường nước thuận lợi cho việc truyền mầm bệnh, quan hệ ký sinh có khi gây nên những tác hại lớn làm chết hàng loạt vật chủ, giảm số lượng nghiêm trọng.

5.4. Quan hệ thức ăn

Quan hệ thức ăn thường xảy ra giữa các thủy sinh vật ở các bậc dinh dưỡng trên đối với các bậc dưới (hình 4.10). Quan hệ thức ăn có tầm quan trọng hàng đầu, bao trùm lên tất cả các mối quan hệ quần xã khác, có ý nghĩa quyết định đối với sự tồn tại và phát triển của quần xã. Trong quần xã sinh vật, mỗi quan hệ thức ăn rất phức tạp, nhưng diễn ra với một sự điều chỉnh thích ứng để đảm bảo sự cân bằng giữa vật ăn và vật bị ăn. Vật bị ăn có những đặc điểm thích ứng để lẩn tránh vật ăn, đồng thời vật ăn có những đặc điểm thích ứng để bắt được nhiều vật bị ăn. Sự phát triển mạnh mẽ của vật ăn (do vật bị ăn phát triển mạnh cung cấp thức ăn cho chúng) sẽ mau chóng làm giảm số lượng vật bị ăn, kết quả lại đưa tới sự giảm số lượng của chính vật ăn.

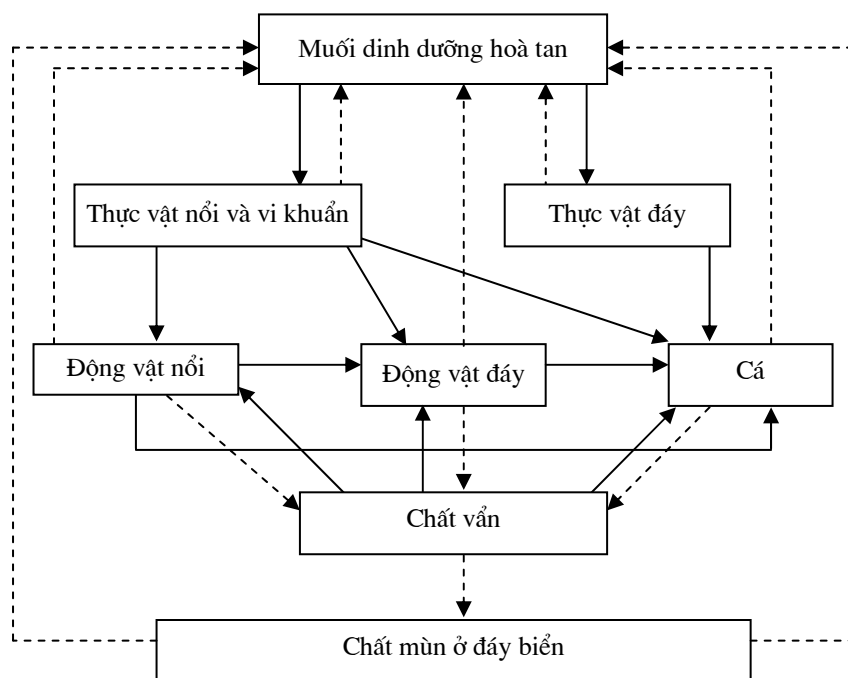


Hình 4.11. Sơ đồ chuỗi thức ăn ở cá biển sống ở vùng khơi
(Theo Zenkevitch)

Hiện tượng điều chỉnh thích ứng quan hệ thức ăn trong quần loại sinh vật còn được thể hiện cả ở tình trạng nhịn ăn trong thời gian chuẩn bị sinh sản, để giảm bớt số lượng thức ăn sử dụng, tiết kiệm dự trữ thức ăn trong môi trường, nhất là khi thời gian ngừng ăn này lại trùng với thời gian phát triển mạnh của vật bị ăn.

Quan hệ thức ăn trong quần xã thủy sinh vật tạo nên chuỗi thức ăn. Chuỗi thức ăn trong thủy vực thường là gồm 3 - 4 khâu, có khi lên tới 5 - 6 khâu, rất ít khi hai khâu. Do đặc điểm của quần loại sinh vật và sinh cảnh, chuỗi thức ăn ở sinh vật nền đáy thường ngắn hơn ở sinh vật trong tầng nước. Ở nền đáy, các chuỗi thức ăn chỉ gồm hai khâu là rất phổ biến. Ví dụ chất vắn thực vật nổi san hô, chất mùn đáy - cầu gai.

Đặc tính này là do khối lượng thức ăn mùn bã ở nền đáy và chất vắn trong nước rất lớn, được phân lớn các sinh vật đáy sử dụng, hơn nữa, ở vùng đáy sâu, như ta biết, không có thực vật đáy, nên làm giảm ngắn một khâu của chuỗi thức ăn.



Hình 4.12. Quan hệ thức ăn giữa các nhóm sinh vật biển (vạch liền) và các quá trình phân hủy vật chất ở biển (vạch chấm) (theo Zenkevitch)

Chuỗi thức ăn ở quần xã thủy sinh vật trong tầng nước do thành phần đa dạng ở các bậc dinh dưỡng khác nhau, nên thường dài hơn hai khâu. Chuỗi thức ăn 2 khâu chỉ có ở cá ăn thực vật (thực vật nổi) và chất vẩn. Ví dụ:

Chất vẩn - cá trôi

Thực vật nổi - cá mè trắng

Chuỗi thức ăn dài có thể gồm tới 7 khâu: thực vật nổi - giáp xác ăn thực vật - giáp xác ăn giáp xác - cá ăn giáp xác - cá ăn cá - cá Nhà táng.

Ở vùng nhiệt đới, thành phần loài của quần xã sinh vật đa dạng nên chuỗi thức ăn thường dài hơn ở vùng cực. Điều này còn có liên quan tới chênh lệch về kích thước trung bình của thủy sinh vật ở vùng vĩ độ cao và vùng vĩ độ thấp. Ở vùng nhiệt đới, kích thước trung bình của thủy sinh vật nhìn chung nhỏ hơn, nên chuỗi thức ăn kéo dài không gây mâu thuẫn với qui luật tăng dần kích thước của các bậc dinh dưỡng. Ở vùng ôn đới, với kích thước trung bình của thủy sinh vật lớn hơn, chuỗi thức ăn kéo dài sẽ tạo nên kích thước quá giới hạn ở khâu cuối cùng. Chuỗi thức ăn càng kéo dài, vật chất và năng lượng tiêu hao đi qua các khâu càng lớn. Vì vậy trong các thủy vực, về mặt giá trị kinh tế, cần tạo các chuỗi thức ăn ngắn như:

Thực vật nổi - cá

Thực vật đáy - cá

Chất vẩn - cá...

Các loài cá có giá trị kinh tế trong các thủy vực nội địa của nước ta, theo các nghiên cứu sơ bộ (Mai Đình Yên, 1963, Nguyễn Văn Hào, 1964...) đa số có chuỗi thức ăn ngắn gồm 2-3 khâu, rất ít khi kéo dài hơn. Có thể nêu một vài ví dụ, căn cứ vào các dẫn liệu đã thu thập được.

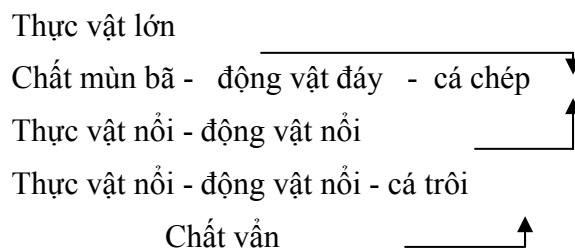
Thực vật nổi - cá mè trắng

Thực vật nổi - động vật nổi - cá mè hoa.

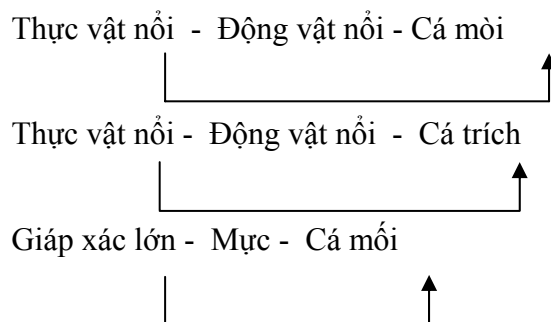
Thực vật nổi - động vật nổi - cá diếc

Chất mùn bã - động vật đáy





Các nghiên cứu về thức ăn của cá biển của ta chưa nhiều, nhưng căn cứ vào các dẫn liệu đầu tiên, có thể nêu một số chuỗi thức ăn ở một số loài cá có giá trị kinh tế ở Vịnh Bắc Bộ (Bùi Đình Chung, 1964).



5.5. Quan hệ sinh hóa

Đây là loại quan hệ quần loại đặc trưng của sinh vật ở nước, do đặc tính riêng của môi trường nước là hòa tan được nhiều chất vô cơ cũng như hữu cơ do các thủy sinh vật tiết ra. Nhờ môi trường nước làm trung gian, các chất này tác động trực tiếp vào các thủy sinh vật khác, gây nên nhiều tác dụng quan trọng đối với chúng. Chất tiết có thể là chất thải trong quá trình trao đổi chất (CO_2), có thể là chất độc hay các sản phẩm đặc biệt: vitamin, axit amin, kích thích tố ... Tác dụng của các loại chất này có thể là có lợi hay gây hại. Ở bờ biển Florida và Nam Phi khi trùng roi (*Gymnodinium brevis* và *Goniaulax*) phát triển mạnh làm nước màu đỏ (thường gọi là “thủy triều đỏ”, chất độc do chúng tiết ra gây chết cá hàng loạt, đồng thời làm loại giáp xác nhỏ (*Acetes*) là thức ăn của cá phải tránh xa vùng này, làm cho sản lượng cá sụt hẳn xuống. Chất độc do tảo lam (*Microcystis*, *Anabaena*) tiết ra, khi phát triển mạnh quá, cũng có tác dụng gây độc cho các thủy sinh vật khác (giáp xác, cá). Tác

dụng có lợi trong quan hệ sinh hóa thường phổ biến hơn là tác dụng gây hại. Chất thải của tảo *Ulva* giúp cho tảo khuê *Thalassiosira gravida* phát triển tốt. Chất tiết của các loại tảo *Fucus*, *Laminaria* và nhiều loại khác kích thích sinh trưởng của tảo khuê *Skeletonema* và *Nitzschia*. Nhiều loại tảo (*Anabaena*, *Skeletonema*, *Chaetoceras*) chỉ phát triển tốt khi trong nước có nhiều axit amin hay vitamin B₁₂ do vi khuẩn tiết ra.

Các chất tiết do thủy sinh vật tiết ra không những chỉ có tác dụng đối với sự phát triển của thủy sinh vật khác, mà còn có thể có tác dụng cả với tập tính sinh lý của chúng. Chất tiết do vết thương của một con vật trong quần thể tiết ra gây sự kinh hoàng cho cả quần thể. Chất tiết do trứng và ấu trùng cá tiết ra gây phản ứng chăm sóc con cái cho cá thể bố mẹ.

Các nghiên cứu của Lucas (1955 - 1964), Khailov (1966, 1969) chứng minh rằng, trong thủy vực, các chất tiết tạo nên một mạng lưới liên hệ sinh hóa phức tạp giữa các cá thể thành viên trong quần loại sinh vật có tác dụng tạo cho quần loại thành một thể thống nhất. Sở dĩ có loại quan hệ này là do môi trường trong của thủy sinh vật luôn có quan hệ trực tiếp với môi trường ngoài qua quan hệ trao đổi nước muối, và do khả năng tổng hợp đặc biệt các sản phẩm nhiều loại các thủy sinh vật. Vì vậy, giữa các thủy sinh vật, nhờ vai trò trung gian của môi trường nước, luôn có sự trao đổi các sản phẩm tổng hợp do đó, có tác động lẫn nhau thông qua quan hệ sinh hóa.

III. PHÂN BỐ TỔNG QUÁT CỦA THỦY SINH VẬT TRONG THỦY QUYỀN

Phân bố của thủy sinh vật là một mặt của đời sống thủy sinh vật, được thể hiện trong thiên nhiên bởi nhiều hình thái phân bố khác nhau, kết quả của một quá trình tiến hóa lâu dài có liên quan tới các biến cố trong lịch sử địa chất, dẫn tới những biến đổi các điều kiện vô sinh và hữu sinh của các thủy vực.

Phân bố của các thủy sinh vật theo các thủy vực là hình thái phân bố cơ bản nhất được hình thành do đặc tính thích ứng sinh thái của thủy sinh vật với điều kiện môi trường sống của từng loại thủy vực, tạo nên các quần xã thủy sinh vật sống trong từng thủy vực cụ thể. Đồng thời, trên quy mô toàn thủy quyển, trên trái đất lại thấy có

những hình thái phân bố tổng quát hơn, như phân bố theo vĩ độ, phân bố lưỡng cực, phân bố hai bên Thái Bình Dương... của thủy sinh vật, được hình thành trong lịch sử phát triển tiến hóa của thiên nhiên liên quan tới sự phân chia các vùng nhiệt độ theo vĩ độ, sự biến đổi nhiệt độ trái đất và mực nước biển qua các thời kỳ băng hà và các hoạt động địa chất khác.

Nhìn một cách tổng quát, có thể thấy một hình thái phân bố theo vĩ độ (phân bố theo chiều ngang) của thủy sinh vật, với những biến đổi có quy luật khi đi từ cực về xích đạo. Đồng thời, lại thấy có những hiện tượng phân bố đặc biệt trên các đại dương nói chung cũng như trên các bán cầu nói riêng.

1. Phân bố theo vĩ độ

Theo chiều ngang, đi từ cực về xích đạo, thủy quyển - trong đó chiếm phần lớn diện tích là các đại dương được phân thành các vùng nhiệt độ khác nhau theo vĩ độ, đối xứng qua xích đạo, cụ thể là: vùng cực (artic) Bắc và Nam, vùng cận cực (antartic) Bắc và Nam, vùng cận nhiệt đới (subtropical) và vùng nhiệt đới (tropical). Cùng với sai khác về chế độ nhiệt độ nước, còn có những sai khác về ánh sáng, độ mặn, thức ăn... và chính những sai khác của các nhân tố sinh thái này là giới hạn sinh thái phân chia các vùng phân bố của các quần xã thủy sinh vật có những đặc trưng riêng về cấu trúc thành phần loài, quan hệ số lượng.

Phân bố của thủy sinh vật theo các vùng vĩ độ (theo chiều ngang) tuân theo một số quy luật về sự sai khác thành phần loài cũng như đặc tính số lượng. Đây cũng là qui luật chung của sự phân bố theo chiều ngang của sinh vật trên trái đất.

1.1. Tính đa dạng của thành phần loài

Đi từ vùng cực về xích đạo, số loài của nhiều nhóm thủy sinh vật tăng dần lên rõ rệt. Số loài cá nước ngọt ở vùng cực chỉ là 14, vùng cận cực 29-30, vùng congo - 140, vùng Amazon (nhiệt đới) tới 748. Theo Gurianova (1972), số loài của biển cũng giảm đi rõ rệt từ vùng nhiệt đới xích đạo tới vùng cực: biển Indonêxia, Philippin có hơn 900 loài, Hải Nam 500, biển Đông Hải, Nam Nhật Bản khoảng 230, biển Bắc Nhật Bản khoảng 150, Hoàng Hải - 90, Viễn đông Liên

bang Nga và Bắc Nhật Bản 24-25, cận cực - 15, vùng cực hầu như không có loài nào. Số loài của nhiều nhóm sinh vật nổi (Diatomeae, Peridineae, Calanoida, Chaetognatha...) ở vùng nhiệt đới Thái Bình Dương cũng nhiều hơn hẳn so với ở vùng cực (hình 20 TSV, OT). Đi từ vùng ôn đới tới vùng cực, số lượng loài thủy sinh vật giảm đi tới 20-40 lần.

Quy luật này được giải thích bằng các nguyên nhân: do khu hệ thủy sinh vật nhiệt đới là khu hệ cổ, thành phần loài phong phú, do các điều kiện sống ở vùng nhiệt đới thuận lợi, do nhịp điệu hình thành loài ở vùng nhiệt đới mạnh hơn các vùng khác, tạo nên thành phần đa dạng ở vùng này. Theo Zenkevitch (1956), tính chất đa dạng của thành phần loài thủy sinh vật biển nhiệt đới phù hợp với độ lớn của vùng nước nhiệt đới và hệ số lồi lõm cao của đường bờ biển (10-12 lần lớn hơn vùng cực), tạo nên sự phong phú về mặt sinh cảnh của vùng này.

Khu hệ thủy sinh vật vùng nhiệt đới còn đặc trưng bởi nhiều nhóm loài không có hay kém phát triển ở các vùng vĩ độ cao như: san hô, sứa vệt, sứa ống, giun nhiều tơ sống nổi Alciopidae, ốc sống nổi Janthina...

1.2. Số lượng thủy sinh vật

Số lượng và khối lượng sinh vật nổi cũng như sinh vật đáy ở đại dương giảm đi rõ rệt từ vùng ôn đới về xích đạo. Khối lượng động vật nổi ở Thái Bình Dương giảm đi 5-10 lần, sinh vật đáy 40-80 lần, cá 2-3 lần. Đáng chú ý là số lượng thủy sinh vật ở tầng nước sâu giảm đi nhiều hơn so với tầng nước nông. Khối lượng sinh vật nổi ở tầng mặt giảm đi 5-10 lần, trong khi đó ở tầng sâu 4000m giảm đi tới 100 lần hoặc hơn nữa. Khối lượng sinh vật đáy ở vùng ven bờ không thay đổi rõ rệt theo vĩ độ, nhưng ở đáy sâu 2000-5000m, khối lượng này giảm đi từ 10-150 lần. Ở các thủy vực nội địa, quy luật này cũng có thể thấy được tuy không rõ rệt như ở đại dương. Trong các hồ giàu dinh dưỡng vùng vĩ độ cao, khối lượng sinh vật đáy có thể đạt tới vài chục gam/m², còn ở các hồ vùng vĩ độ thấp, dù là giàu dinh dưỡng cũng chỉ đạt tới khoảng 10 gam/m². Hiện tượng giảm dần số lượng thủy sinh vật từ vùng vĩ độ cao tới vùng xích đạo có thể do nhiều nguyên nhân. Ở vùng xích đạo, do nhiệt độ chênh lệch trong năm không lớn, chu chuyển nước theo chiều thẳng đứng

từ dưới sâu lên mặt không xảy ra, do đó không đưa được khối lượng muối dinh dưỡng tích tụ ở tầng đáy sâu lên mặt. Ở vùng ven xích đạo, nơi có nhiều dòng nước thẳng đứng như vậy, số lượng thủy sinh vật tăng lên rõ rệt. Cũng có thể do điều kiện nhiệt độ cao, cường độ trao đổi chất ở cơ thể thủy sinh vật vùng nhiệt đới cũng tăng cao, do đó năng lượng tiêu hao vào hoạt động sống của thủy sinh vật cũng nhiều hơn, làm giảm khối lượng sinh chất hình thành trong quá trình sinh trưởng và phát triển. Nhìn chung, các quần thể thủy sinh vật ở vùng vĩ độ thấp có số lượng cá thể nhỏ hơn so với quần thể thủy sinh vật ở vùng vĩ độ cao do đó làm giảm số lượng và khối lượng chung. Điều này có liên quan tới mức độ hạn chế của độ sinh trưởng và sinh sản của thủy sinh vật ở vùng vĩ độ thấp.

1.3. Kích thước và độ màu mỡ của thủy sinh vật

Hiện tượng này có thể thấy nhiều ở nhiều nhóm thủy sinh vật từ động vật nguyên sinh tới thân mềm, giáp xác. Có thể giải thích hiện tượng này như kết quả của quá trình phát triển nhanh, sớm trưởng thành, hạn chế kích thước sinh trưởng của sinh vật nhiệt đới trong điều kiện nhiệt độ cao và đặc điểm thích ứng với chế độ ăn liên tục trong suốt cả mùa vụ, không có giai đoạn ngừng ăn mùa lạnh, không cần tích trữ chất mỡ như các sinh vật xứ lạnh.

2. Phân bố theo độ sâu

Theo thống kê, trong số 150.000 loài động vật biển của đại dương ở độ sâu 2500-4500m có khoảng 990 loài, ở 4500-6000m có 300 loài và ở độ sâu 6000m - chỉ còn 286 loài (Zenkevichs, 1969). Về mặt số lượng, cũng thấy có sự biến đổi tương tự. Ở Thái Bình Dương, ở độ sâu 100-200m, khối lượng sinh vật đáy thường ở mức 10-100g/m², trong khi độ sâu tới 2000-3000m, khối lượng còn 7g/m², tới 5000-6000m, chỉ còn 1.25g/m² và ở độ sâu 7000-9000m chỉ còn 0.5g/m² (Filatova, 1965). Khối lượng sinh vật nổi còn biến đổi nhiều hơn theo độ sâu. Nếu ở tầng mặt, khối lượng sinh vật nổi có thể tới 10-100mg/m³ (Vinogradov, 1960), thì ở tầng sâu 8000m, khối lượng chỉ còn vài phần mười, phần trăm, có khi chỉ vài phần nghìn mg/m³, có

tới 65% khối lượng sinh vật nổi tập trung ở tầng nước 500m bề mặt đại dương (Bogorov, 1965).

Nguyên nhân của tính đa dạng giảm dần số lượng và thành phần loài theo độ sâu, chủ yếu là do điều kiện sống ở tầng sâu có nhiều khó khăn hơn ở tầng mặt, trước hết là ở lượng thức ăn hữu cơ nghèo dần đi theo độ sâu, khả năng quang hợp của thực vật giảm dần đi theo độ giảm ánh sáng theo độ sâu, làm giảm khối lượng thực vật nổi sản sinh.

Càng về phía xích đạo, các thủy sinh vật biển càng dễ đi vào nước ngọt nội địa hơn, cường độ di nhập của sinh vật biển vào nước ngọt nội địa mạnh hơn so với các vùng vĩ độ cao.

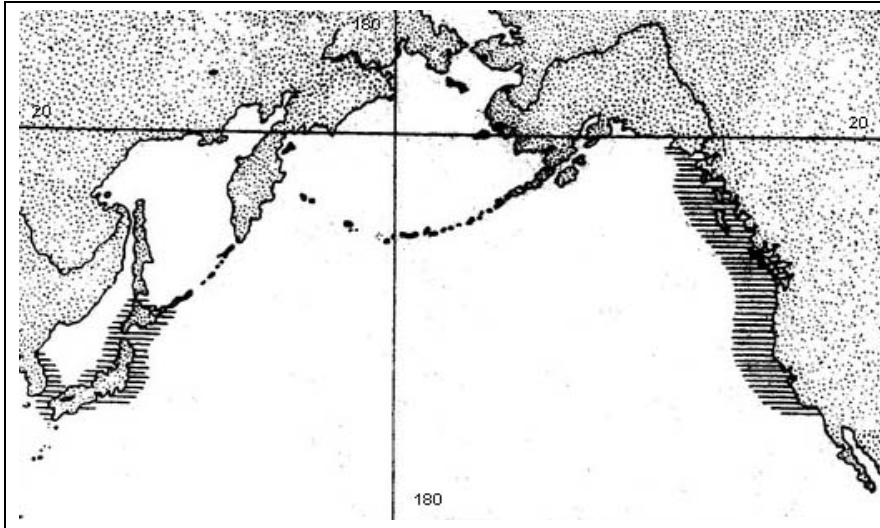
Ở vùng xích đạo nhiệt đới, đặc biệt là trong vùng Đông Nam Á, có hiện tượng nhiều sinh vật biển như cá, giáp xác, giun nhiều tơ, dễ đi vào các sông lớn, nhiều khi vào tới nhiều điểm rất xa biển, hiện tượng ít thấy ở các vùng vĩ độ cao. Sự sai khác giữa môi trường biển và nước ngọt nội địa dường như giảm bớt từ các vùng vĩ độ cao về xích đạo. Ở vùng Indonesia (Sumatra, Java), các động vật biển sống rất phổ biến trong nước ngọt nội địa gồm các nhóm của Grapsidae, giun nhiều tơ Nereidae... Ngay cả ở độ cao 1400-1700m cũng còn thấy cua biển *Sesarma nodulifera* và cả *Succulina* kí sinh ở cua biển (Thienemann, 1930).

Hiện tượng này được giải thích bởi nhiều nguyên nhân khác nhau. Ở vùng xích đạo nhiệt đới có mưa nhiều làm nhạt hẳn nước vùng ven biển, tạo điều kiện cho các sinh vật biển trước hết là động vật dễ thích ứng với điều kiện nước nhạt ở thủy vực nội địa. Hàm lượng bicacbonat ở nước biển và nước ngọt vùng nhiệt đới không sai khác nhau nhiều, làm cho sinh vật biển khi đi vào nước ngọt nội địa không gặp khó khăn lớn trong quá trình hô hấp, vì bicacbonat giữ vai trò quan trọng trong hô hấp của thủy sinh vật trong nước. Trong lịch sử địa chất, ở vùng nhiệt đới đã xảy ra nhiều hiện tượng biển tiến, biển lùi, tạo nên một khu hệ thủy sinh vật có nhiều dạng thích ứng rộng muối, dễ dàng đi từ biển vào nước ngọt nội địa.

3. Phân bố đặc trưng trong thủy quyển

Do những biến đổi của chế độ nhiệt độ, đặc biệt trong thời kì băng hà, vùng phân bố của một số thủy sinh vật không còn liên tục mà bị

ngắt quãng, tạo nên những kiểu phân bố đặc trưng trong thủy quyển, mang một ý nghĩa đặc sắc về mặt địa lý động vật. Một số loài như *Macrocystis porifera*, *Priapulus caudatus* chỉ có ở hai vùng cực Bắc và Nam, tạo nên sự phân bố lưỡng cực. Một số loài khác chỉ có ở phía Bắc Thái Bình Dương và Đại Tây Dương, tạo nên sự phân bố lưỡng Bắc (amphiboreal), như cầu gai *Echinarachnius parna*, sao biển *Solaster endeca*, cá trích *Clupea harengus*.

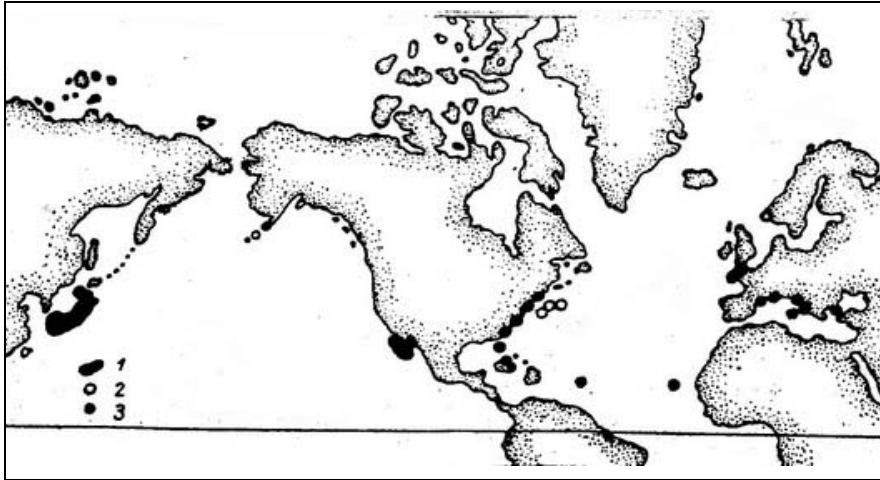


Hình 4.13. Phân bố hai bờ Thái Bình dương của cá Embiotocidae

Khác với hai kiểu phân bố trên, san hô lại chỉ phân bố chủ yếu ở vùng biển ven xích đạo, tạo nên một vành đai san hô rất đặc trưng trong đại dương. Một kiểu phân bố đặc trưng khác là phân bố hai bờ Thái Bình Dương và Đại Tây Dương. Do quá trình di cư từ Bắc xuống Nam trong thời kỳ băng hà, dọc theo hai ven bờ đại dương, một số thủy sinh vật hiện nay chỉ thấy ở hai ven bờ tây và đông của Thái Bình Dương tạo nên kiểu phân bố hai bờ Thái Bình Dương như cá Embiotocidae, cua *Cancer ampicetus*, giáp xác bơi nghiêng *Eohaustorius* (hình 4.13).

Một số loài của giống này (*E. tandeensis*) hiện nay còn thấy ở ven bờ Bắc Việt Nam. Một số loài khác lại có kiểu phân bố hai bờ Đại Tây Dương (amphiatlantic) chỉ thấy ven bờ phía đông và phía

tây của Đại Tây Dương như Hải miên *Styela attantica*, *S. partita* (hình 4.14). Ngoài các kiểu phân bố trên, một số loài thủy sinh vật gốc biển, chủ yếu là động vật do nguyên nhân nào đó đi sâu vào nước ngọt hoặc do biến động địa chất nội địa bị cách ly khỏi môi trường nước mặn, dần dần trở thành dạng nước ngọt thực thụ.



Hình 4.14. Phân bố hai bờ Thái Bình dương của *Cancer ampieetus* (1) và hai bờ Đại Tây dương của hải miên *Styela attantica* (2) và *S. partita* (3).

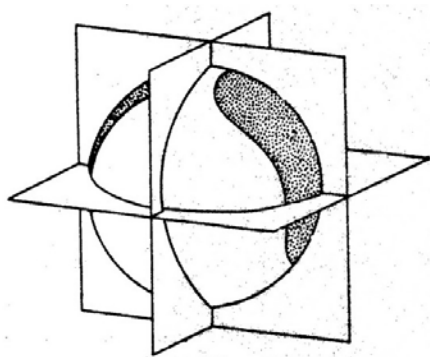
4. Phân bố đối xứng của thủy sinh vật ở đại dương

Ý tưởng về tính chất đối xứng của thủy sinh vật trong đại dương được hình thành từ hiện tượng đối xứng của một số nhân tố trong điều kiện tự nhiên trên các đại dương theo phương vĩ tuyến và kinh tuyến (Zenkevitch, 1951). Các dữ liệu về sự phân bố các nhân tố sinh thái như phân bố các khối nước, độ mặn, nhiệt độ, độ trong nước, ô xy, muối dinh dưỡng, trầm tích đáy, và sau nữa là về sự phân bố thành phần loài và số lượng sinh vật... cho thấy có một sự đối xứng trong phân bố tổng quát của các nhân tố điều kiện tự nhiên và thủy sinh vật trong các đại dương qua một số mặt phẳng đối xứng. Đây là lý thuyết về cấu trúc sinh học đối xứng của đại dương được Zenkevitch và Bogorov xây dựng nên (Zenkevitch và Bogorov, 1966).

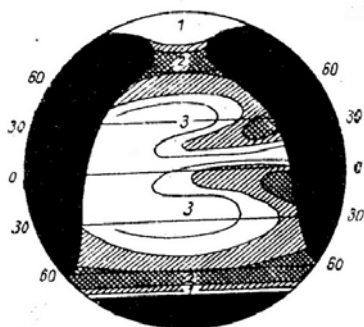
Mặt phẳng đối xứng thứ nhất cắt ngang các đại dương qua xích đạo, chia các đại dương Thái Bình Dương và Đại Tây Dương thành 2 nửa ở bắc và nam bán cầu. Mặt phẳng xích đạo trong mỗi nửa này, khi đi từ cực về xích đạo, có thể thấy hiện tượng đối xứng của một số nhân tố điều kiện tự nhiên cũng như đặc trưng phân bố sinh vật qua mặt phẳng đối xứng xích đạo. Về điều kiện tự nhiên, có thể thấy một số biến đổi tương tự chế độ nhiệt độ nước, phân bố muối dinh dưỡng (biogen) ở cả hai nửa đại dương bắc và nam bán cầu, khi đi từ cực về xích đạo. Về cấu trúc sinh học, khi đi từ cực về xích đạo, cũng thấy hiện tượng biến đổi về đa dạng thành phần loài tăng lên gấp 20-40 lần, trong khi về số lượng lại giảm đi từ 10-15 lần, ở mức nửa nam và bắc bán cầu của các đại dương. Bên cạnh đó, còn thấy hiện tượng đối xứng qua mặt phẳng xích đạo của một số hiện tượng sinh học có tính quy luật như: phân bố lưỡng cực của thủy sinh vật, kích thước trung bình cơ thể, tuổi thọ, độ mỡ giảm dần khi đi từ cực về xích đạo, trong khi đó tốc độ sinh trưởng, độ thụ tinh (trứng), tỷ lệ các loài sinh vật đáy có ấu trùng sống nổi lại có xu thế tăng lên. Mặt phẳng đối xứng thứ hai cắt dọc hai đại dương lớn - Thái Bình Dương và Đại Tây Dương - chia mỗi đại dương này thành hai nửa đông và tây (mặt phẳng đại dương). Hiện tượng đối xứng của cấu trúc sinh học trên hai đại dương này hiện ở sự phân bố đối xứng của các quần xã sinh vật biển nhiệt đới, ôn đới và vùng cực ở cả hai đại dương ở hai nửa đông và tây qua mặt phẳng đối xứng đại dương (các hình 4.15-4.17). Hiện tượng đối xứng ở hai nửa đông và tây còn được thể hiện ở sự phân vùng theo độ sâu tương tự ở mỗi nửa của các quần xã sinh vật vùng triều, dưới triều và đáy biển. Ngoài ra, hiện tượng đối xứng qua mặt phẳng đại dương theo kinh tuyến ở hai đại dương này còn được thể hiện rõ rệt ở hiện tượng phân bố hai bờ Thái Bình Dương (amphipacific) và hai bờ Đại Tây Dương (amphiatlantic) đã nói ở phần trên.

Mặt phẳng đối xứng thứ ba cắt dọc lục địa Á - Phi, chia đại dương thế giới thành hai nửa Thái Bình Dương nằm ở Đông bán cầu và Đại Tây Dương nằm ở Tây bán cầu mặt phẳng lục địa. Tính chất đối xứng của cấu trúc sinh học đại dương qua mặt phẳng này, thể hiện ở sự đồng nhất giữa hai đại dương phía đông và phía tây về sự phân vùng sinh vật theo chiều ngang vùng bờ và vùng khơi, cũng như theo chiều sâu, về qui luật phân bố số lượng cũng như thành phần loài, tuy thành phần loài có thể khác nhau về phân loại học ở

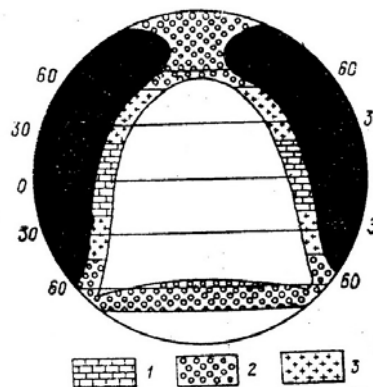
mỗi đại dương. Tính chất đối xứng sinh học qua mặt phẳng lục địa của hai đại dương còn được thể hiện rõ nét ở hiện tượng phân bố lưỡng cực (amphiboreal), thấy cả ở mỗi đại dương. Về mặt điều kiện tự nhiên, cũng thể hiện thấy hiện tượng đối xứng của hai đại dương thể hiện ở hoàn lưu nước tương tự, do tác động của gió tín phong tạo nên hệ dòng chảy tương tự gulfstream ở Đại Tây Dương và Kuroshio ở Thái Bình Dương đưa dòng nước ấm lên vĩ độ cao, ảnh hưởng tới quá trình vận chuyển nuôi dưỡng và sức sản sinh của tảo đơn bào, liên quan tới năng suất sinh học bậc nhất của vùng biển.



Hình 4.15. Sơ đồ các mặt đối xứng trong cấu trúc sinh học của đại dương



Hình 4.17. Sơ đồ phân bố đối xứng mật độ sinh vật nổi ở đại dương



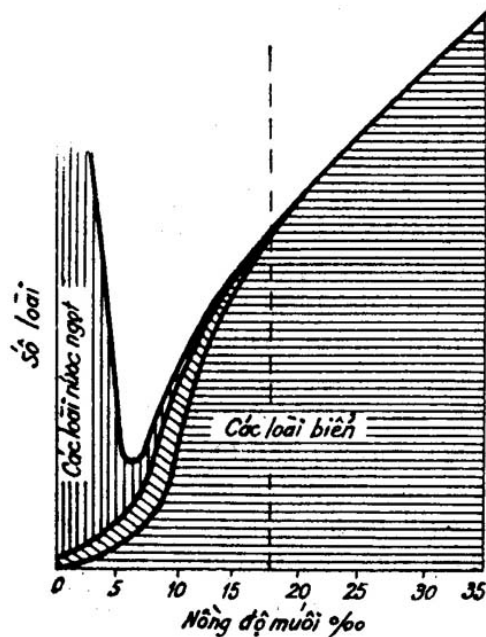
Hình 4.16. Sơ đồ phân bố đối xứng của khu hệ thực vật và động vật vùng ven bờ ở đại dương

1. Khu hệ vùng nước nhiệt đới;
2. Khu hệ động vật vùng cực; 3. Khu hệ động vật vùng ôn đới.

IV. PHÂN BỐ CỦA THỦY SINH VẬT THEO THỦY VỰC

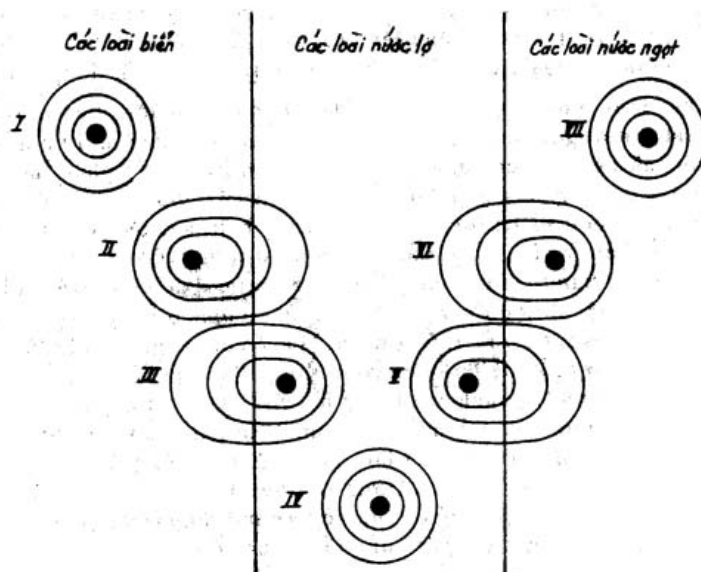
Hình thái phân bố thủy sinh vật theo các loại hình thủy vực hết sức đa dạng, do tính chất phức tạp của các thủy vực trên trái đất về đặc tính thủy lý hóa học. Trong số các nhân tố vô sinh quyết định đặc tính phân bố của thủy sinh vật theo thủy vực, nồng độ muối của nước có tầm quan trọng hàng đầu. Sai khác về nồng độ muối của đại dương và các thủy vực nước ngọt nội địa đã tạo nên hai vùng phân bố lớn: thủy sinh vật nước mặn ở biển và đại dương và thủy sinh vật nước ngọt nội địa. Sau nồng độ muối là chế độ thủy học, chế độ ánh sáng và các nhân tố khác cũng có ý nghĩa quan trọng đối với phân bố của thủy sinh vật theo các thủy vực.

Mỗi loài thủy sinh vật có một đặc tính thẩm thấu, một khả năng điều hòa thẩm thấu riêng. Vì vậy mỗi loài chỉ sống được trong một môi trường có nồng độ muối và thành phần ion nhất định và có khả năng thích ứng với một biên độ dao động nhất định của nồng độ muối. Có thể có những loài thích ứng muối rộng hay thích ứng muối hẹp.



Hình 4.18. Sơ đồ thể hiện quan hệ giữa các loài thủy sinh vật nước ngọt, lợ và nước mặn

Theo đặc điểm của nồng độ muối của thủy vực mà chúng sống trong đó tương ứng với sự phân chia các thủy vực trên trái đất theo nồng độ muối, có thể chia thủy sinh vật sống trong thủy quyển thành bốn nhóm phân bố khác nhau: thủy sinh vật nước mặn, nước ngọt, nước lợ, nước quá mặn (hình 4.18). Trong mỗi khu hệ thủy sinh vật, đều có một thành phần loài đặc trưng gồm các loài thích ứng muối hẹp, là thành phần cơ bản, đồng thời còn có thể có một số ít loài thích ứng muối rộng, từ các thủy vực có nồng độ muối khác di nhập vào. Xét về diện phân bố cũng như về cấu tạo thành phần loài, có thể coi hai vùng phân bố thủy sinh vật nước mặn và nước ngọt là hai đơn vị cơ bản nhất, hai vùng phân bố lớn nhất của thủy sinh vật trong thủy quyển. Vùng phân bố thủy sinh vật nước lợ mang tính chất một đơn vị trung gian có vị trí chuyển tiếp. Vùng phân bố thủy sinh vật nước quá mặn thường rất hẹp, hạn chế trong một số hồ nước mặn nội địa.



Hình 4.19. Vùng phân bố của các nhóm thủy sinh vật cơ bản của khu hệ động vật ở nước theo độ muối

I. Loài ở biển chính thức; II. Loài ở biển rộng muối có xu hướng biển; III. Loài ở biển rộng muối có xu hướng nước lợ; IV. Loài nước lợ chính thức; V. Loài nước ngọt rộng muối có xu hướng nước lợ; VI. Loài nước ngọt rộng muối có xu hướng nước ngọt; VII. Loài nước ngọt chính thức.

Sự biến đổi của nồng độ muối trong thủy vực, tăng lên hay nhạt đi, sự di chuyển của thủy sinh vật giữa các thủy vực có nồng độ muối khác nhau đều làm thay đổi đặc tính của mỗi quần xã thủy sinh vật, thay đổi hoạt động sống của mỗi loài thủy sinh vật. Một khi sự thay đổi nồng độ muối vượt quá hoặc giảm thấp so với giới hạn 5-8‰, giới hạn này, được coi là ngưỡng sinh lý của mô sinh vật. Quy luật biến đổi chung của thủy sinh vật theo sự biến đổi của nồng độ muối là: khi nồng độ muối của môi trường tăng lên hay giảm đi, thành phần loài và thường cả số lượng đều nghèo đi, kích thước trung bình của cơ thể cũng giảm đi và trong trường hợp nồng độ muối biến đổi theo hướng hại thấp (ví dụ nước biển nhạt đi hay sinh vật biến đi vào nước ngọt), số lượng trứng trở nên ít đi, nhưng kích thước trứng lớn lên, chứa nhiều noãn hoàng hơn và thủy sinh vật có xu hướng rút ngắn hoặc giảm hẳn giai đoạn ấu trùng sống tự do ngoài thiên nhiên.

Bảng 4.1. Số lượng loài động vật và thực vật lớn giảm đi theo độ giảm nồng độ muối của nước biển (Zenkevitch, 1956)

Biển có nồng độ muối giảm thấp	S ‰	Số loài động vật	Số loài thực vật
Bạch Hải	28	50	24
Hắc Hải	50	75	50
Biển Adốp	75	97	90
Biển Bantic	80	95	80

Người ta coi sự giảm kích thước và số lượng của sinh vật khi nồng độ muối giảm thấp có liên quan tới sự giảm số lượng cá thể của các quần thể sinh vật ở thủy vực nước nhạt hơn so với thủy vực nước mặn. Thủy vực nhỏ số lượng cá thể của quần thể ít ở các thủy vực nội địa là thích hợp với các sinh vật nhỏ và có số lượng trứng ít.

1. Thủy sinh vật nước mặn

Thủy sinh vật nước mặn bao gồm các loài thích ứng với nồng độ muối trong khoảng 30-38‰. Vùng phân bố của thủy sinh vật nước mặn là các đại dương, các biển địa và biển nội địa có nồng độ muối tương ứng. Tuy nhiên, có một số biển rìa (biển Bantich) hoặc biển

nội địa (biển Cacpi, Hắc Hải...) có độ mặn nước giảm thấp tới dưới 30‰, nhưng vẫn được coi như biển theo truyền thống. Mặt khác, lại có những sinh vật vốn có nguồn gốc phát sinh và nơi sống là ở biển nhưng có khả năng di chuyển sang cả vùng nước lợ hay nước ngọt nội địa, tuy vậy vẫn được coi là sinh vật biển.

Môi trường nước mặn có đặc điểm cơ bản là có nồng độ muối cao, nhiệt độ nước tăng mặt ít biến đổi, diện tích rộng, độ sâu lớn và khối nước chuyển động thường xuyên. Đây cũng là môi trường thuận lợi cho sự sống ở giai đoạn đầu của lịch sử phát triển tiến hóa của sinh giới trên trái đất. Chính vì vậy thành phần loài sinh vật thủy vực nước mặn, nhìn chung đa dạng và phong phú hơn thủy vực nước ngọt.

Nếu kể các Ngành, Lớp động vật, thực vật hiện đã biết, có thể thấy hầu hết các số Ngành, Lớp đều có đại diện sống trong môi trường nước mặn biển và đại dương. Trong số này, có tới 30/60 lớp chỉ thấy ở biển như: Sứa lược, San hô, Da gai, Mực, Hàm tơ, Pogonophora, Foraminifera, Radioless. Về thực vật, trong môi trường thực vật có hoa chỉ bao gồm hai nhóm: thực vật ngập mặn (mangrove) phát triển trên nền đáy ở vùng triều cửa sông và cửa biển, nhóm thứ hai ở biển ven bờ, ven đảo, trong tầng nước có rong biển chủ yếu là rong đỏ, rong nâu, và tảo đơn bào, chiếm ưu thế là tảo silic, tảo giáp. Tổng số loài sinh vật biển ước tính khoảng 3000 loài.

Thành phần loài các quần xã sinh vật biển có những đặc trưng, cả về thành phần phân loại học, cả về tỷ lệ các nhóm loài, so với các quần xã sinh vật nước ngọt.

Trong thành phần động vật phù du biển, thường gặp các nhóm : giáp xác (Copepoda, Cladocera, Mysidacea, Euphausiacea), Thân mềm (Chaetognatha), và một số nhóm loài khác như giun tròn, giun nhiều tơ, động vật nguyên sinh (Radiolaria, Foraminifera) trứng cá, cá con, tôm con... Trong số này, giáp xác Copepoda bao giờ cũng là nhóm quan trọng nhất về số lượng loài và số lượng cá thể. Ngoài ra còn phải kể đến nhóm sinh vật sống trôi (pleiston), gồm các loài sứa ống, sứa cánh bướm rất đặc trưng cho sinh vật phù du biển. Trong thành phần thực vật phù du, thường gặp các nhóm tảo silic (Bacillariopyta), tảo giáp (pyrrophyta) chiếm ưu thế về số loài, và các nhóm tảo kim, (Silicoflagellata) và tảo lam (Cyanophyta) với số loài ít hơn nhiều.

Sinh vật đáy biển cũng rất đa dạng và đặc trưng. Có một số nhóm động vật đáy chỉ có ở biển như: Echiuriota, Sifunculida, Anthofores, Brachiopoda, Phoronoida, Echinodermata, Ascida, Acrania... và một số nhóm chủ yếu chỉ sống ở biển: Spongia, Hydrofoa, Nemertini, Polychaeta, Bryozoa, phần lớn các họ ốc tiền mang (Gastropoda prosobranchia), trai (Bivalvia). Trong thành phần sinh vật tự do, ngoài cá, còn phải kể Mực (Cephalopoda), Rùa biển, Thú biển. Chỉ ở biển mới có các loài thú biển có kích thước lớn nhất trong giới động vật, như cá voi xanh có thể dài tới trên 30m.

1.1. Khu hệ thủy sinh vật biển Việt Nam

Kết quả điều tra nghiên cứu sinh vật biển Việt Nam từ thời kì trước cho tới nay đã cho ta những hiểu biết cơ bản về sinh vật biển Việt Nam.

Với vị trí nằm trong vùng nhiệt đới vĩ độ thấp ở phía Tây Thái Bình Dương, gần với trung tâm phát sinh sinh vật biển ven bờ nhiệt đới phía Tây Thái Bình Dương - vùng biển Philippin, Malaysia - Biển Việt Nam có một khu hệ sinh vật biển phong phú, cảnh quan sinh thái đa dạng. Với số loài và các nhóm sinh vật biển chủ yếu như: cá, giáp xác, san hô, thân mềm, rong biển, thực vật ngập mặn... đều tương đương hoặc vượt quá các vùng biển lân cận. Cùng với các khu hệ sinh vật biển phong phú, vùng biển Việt Nam còn có đủ các hệ sinh thái biển nhiệt đới tiêu biểu, đặc trưng như: vùng triều cửa sông, đầm phá ven biển, rừng ngập mặn, rạn san hô, bãi cỏ biển, các đảo ven bờ và vùng khơi.

Thành phần loài sinh vật biển Việt Nam mang tính chất sinh vật biển nhiệt đới về cơ bản, chủ yếu bao gồm các loài phân bố trong vùng Ấn Độ - Tây Thái Bình Dương. Đồng thời, khu biên giới phía bắc cũng còn thấy các loài sinh vật biển cận nhiệt đới, phù hợp với tính chất mùa đông lạnh còn tồn tại ở khu vực biển này.

1.1.1. Sinh vật phù du

Sinh vật phù du ở biển Việt Nam phong phú về thành phần loài, cho tới nay đã thống kê được trên 1000 loài. Trong thành phần thực vật phù du, chiếm đa số là tảo silic (trên 50%), tảo giáp (trên 30%), các nhóm tảo kim, vi khuẩn lam chỉ có rất ít loài. Động vật phù du có

nhóm giáp xác nhỏ chiếm ưu thế tới 65% số loài, trong đó chủ yếu là các Copepoda. Các nhóm ruột khoang (Hydromedusa, Trachymedusa, Siphonanthae, Leptomedusa), trùng bánh xe, giun nhiều tơ, thân mềm, Pteropoda, có bao (Tunicata) có số loài ít hơn (dưới 20%). Về thích ứng sinh thái chủ yếu với độ mặn nước biển, có thể phân chia sinh vật phù du biển Việt Nam thành bốn nhóm: Tập hợp loài đặc trưng cho vùng nước lợ cửa sông với các loài tiêu biểu: *Chaetoceros abnormis*, *Sinocalanus laevidactylus*, *Acartia sinensis*, *Schmackeria gordioides*, *Pseudodiaptomus marinus*. Tập hợp loài biển gần bờ độ mặn thấp (*Centropages furcatus*, *Euchaeta concinna*, *Undinuta vulgaris*, *Labidocera bipinata*, *Lucifer hanseni*). Tập hợp loài biển xa bờ độ mặn cao (*Coscinodiscus lineatus*, *Eucalanus attenuatus*, *Paracalanus gracilis*, *Gaetanus miles*, *Sagitta seratodonta*). Tập hợp loài ở vùng nước giao nhau (*Canthocalus pauper*, *Eucalanus crassus*, *Oithona plumifera*, *Lucifer intermedius*, *Plantoniella sol*). Các tập hợp loài nước ngọt gần bờ và nước mặn xa bờ là hai nhóm loài có phân bố tương đối ổn định trên phạm vi toàn vùng biển. Các nhóm loài còn lại có phân bố hẹp và kém ổn định hơn do tính chất không ổn định của các vùng nước lợ cửa sông và các vùng nước giao nhau.

Sinh vật phù du biển Việt Nam có biến động theo mùa, có số lượng bình quân tương đối cao so với các vùng biển lân cận. Số lượng cao nhất thấy ở Vịnh Bắc Bộ và biển Tây Nam Bộ. Khối lượng sinh vật phù du tập trung nhiều ở lớp nước từ 0-100m.

1.1.2. Sinh vật đáy biển Việt Nam

Chỉ tính riêng động vật đáy lớn, cho tới nay đã biết khoảng trên 6000 loài, bao gồm các nhóm thân mềm (khoảng 2500 loài), giáp xác (1500 loài), giun nhiều tơ (700 loài), ruột khoang (650 loài), da gai (350 loài), hải miên (150 loài). Thành phần sinh vật đáy biển có xu hướng tăng dần từ bắc xuống nam. Phân bố thành phần loài phụ thuộc vào tính chất nền đáy. Có thể phân biệt hai nhóm sinh thái: nhóm sinh vật đáy bùn hoặc bùn cát, có thành phần phong phú thường chiếm diện tích lớn ở vùng cửa sông, vùng triều và dưới triều, các cửa sông lớn ở phía bắc và phía nam Việt Nam, với các nhóm ưu thế là giáp xác nhỏ sống vùi Amphipoda (*Corophium*, *Gradiidierella*), Isopoda (*Apseudes*, *Cyathura*), cua (*Scylla*) trai ốc nhỏ (*Cerithium*, *Nerita*, *Cychina*, *Solen*, *Aloides*, *Sanguinolaria*,

Lutraria), giun nhiều tơ (*Nephtys*, *Nereis*), Da gai (*Astropesten*, *Peronella*, *Amphioplus*); nhóm sinh vật đáy cát, hình thành ở các dải dọc bờ biển miền Trung hoặc ven đảo xa cửa sông, thành phần loài nghèo hơn so với dạng bùn, với các đại diện như cua còng (*Grapsidae*, *Ocypodidae*), trai ốc cỡ nhỏ và trung bình (*Amussium*, *Chlanuys*, *Arca*, *Murex*, *Babrylonia*), giun nhiều tơ (*Lumbrinereis*, *Prianospio*, *Phyllodoce*), Da gai (*Luidia*, *Pentacta*, *Leptopentacta*, *Aphelodectyla*). Nhóm sinh vật đáy đá và rạn san hô, hay gặp ở phía bắc Vịnh Bắc Bộ, Nam Trung Bộ, với các nhóm sinh vật sống bám đá đặc trưng như: Hà hàu (*Ostrea*, *Modiolus*, *Brachydontes*), bám đá (*Littorina*, *Nerita*, *Patella*), giáp xác (*Balanus*, *Lepas*), giun nhiều tơ (*Hydroides*, *Spirobranchus*).

Sinh vật lượng sinh vật đáy biển Việt Nam nhìn chung không cao, bình quân không vượt quá 10g/m^2 , phân bố không đồng đều ở các khu vực biển khác nhau, có xu hướng giảm dần từ bờ ra khơi.

Tôm biển Việt Nam có thành phần loài đa dạng; cho tới nay đã biết khoảng 200 loài, với các nhóm quan trọng là tôm he (*Penaeidae*), tôm hùm (*Palinuridae*), tôm vồ (*Scyllaridae*), tôm rồng (*Nephropsidae*), tôm bẻ bẻ (*Squillidae*, *Gonodactylidae*).

Về mặt phân bố, có thể phân ra: nhóm tôm cửa sông, ven bờ gồm các loài tôm phổ biến như tôm rảo, tôm bạc, tôm moi... sống trọn đời hoặc chỉ giai đoạn trước trưởng thành sinh dục ở vùng cửa sông ven bờ; nhóm tôm ven đảo xa bờ, gồm các loài tôm sống ở môi trường có độ mặn cao, ổn định, xa cửa sông, như các loài tôm sú, tôm vằn, tôm he Nhật...

Cho tới nay, trong vùng biển Việt Nam đã biết khoảng 2000 loài động vật thân mềm, bao gồm các nhóm ốc (*Gastropoda*), trai hàu (*Bivalvia*), song kinh (*Amphineura*), chân đào (*Scaphopoda*) và chân đầu (*Cephalopoda*).

Trong thành phần loài, đặc biệt phong phú là các họ ốc biển nhiệt đới, như: *Cyproeidae*, *Strombidae*, *Conidae*, *Turbimidae*, *Trochidae*, *Nassidae*, *Pyramidellidae*, *Natricidae*, *Muricidae*, *Mitridae*..., nhóm ốc lá mang (*Opisthobranchia*), Mang trần (*Nudibranchia*), Chân cánh (*Pteropoda*), các họ trai, hàu: *Tridacnidae*, *Pinnidae*, *Arcidae*,

Mytilidae, Veneridae, Pectinidae, Ostreidae... Động vật Chân đầu có các họ Sepiidae, Loliginidae, Octopodidae.

Về mặt phân bố, vùng biển phía nam có thành phần loài trai ốc biển phong phú hơn vùng biển phía bắc. Vùng triều ven bờ, cửa sông đặc trưng bởi các loài trai hầu cỡ nhỏ, như ốc *Cerithium*, *Clypeomorus*, *Littorina*, *Nerita*, trai hầu *Cyclina*, *Amadara*, *Mytilus*, *Modiolus*, *Sanguinolaria*, *Solen*, *Lutraria*, *Ostrea*, *Meretrix*... Trong các rạn san hô, thấy các loài trai khổng lồ *Tridacna*, *Hippopus*, trai bán mai *Pinna*. Ở vùng dưới triều, đặc biệt là ở biển phía nam, mới có những loài trai ốc biển cỡ lớn như: *Charonia*, *Cassis*, *Melo*, *Turbo*, *Hemifusus*, *Pteria*, *Pintada*... Các loài mực chủ yếu sống ở vùng nước sâu, độ mặn cao, với các giống *Sepia*, *Loligo*. *Octopus*, loài chân đầu có *Nautilus pompilus*.

Về động vật biển cỡ lớn, trong vùng biển Việt Nam cũng có các loài rùa biển (*Eretmochelys*, *Chelonia*, *Dermochelys*, *Caretta*, *Lepidochelys*), Rắn biển họ Hydrophiidae, các loài thú biển như: cá heo (*Orcella*, *Scrusa*, *Stenella*, *Kogia*), Bò biển (*Dugong*). Một số loài cá voi (*Megaptera*, *Balaenoptera*) ở dạng di hài, di cốt cũng đã thấy ở biển Việt Nam, có thể là loài cá voi từ vùng biển ôn đới phía bắc trôi dạt xuống.

Rong biển Việt Nam rất phong phú, đã thống kê được trên 650 loài. Rong biển tập trung chủ yếu ở vùng triều ven bờ, ven đảo. Thành phần loài thay đổi theo hai kiểu nền đáy. Ở nền đáy đá, thành phần loài rong biển đa dạng, với các loài rong *Porphyra*, *Acanthopora*, *Acetabrularia*, *Catenella*, *Grailaria*, *Sargassem*, *Cladophora*. Ở vùng đáy bùn, bùn cát, hay gặp các loài *Caulerpa*, *Enteromorpha*, *Giffordia*, *Hynnea*, *Chnoospora*, *Ectocarpus*. Trong các đầm nước lợ ven biển, phát triển mạnh các loài rong *Gracilaria*, *Cladophora*, *Chaetomorpha*...

1.1.3. Cá biển Việt Nam

Cá biển Việt Nam cho tới nay đã biết khoảng 2000 loài, có thể chia thành bốn nhóm sinh thái. Nhóm cá tầng trên với các đại diện của họ cá nhám (*Carcharhinidae*), cá trích (*Clupeidae*), cá cơm (*Engraulidae*), cá thu (*Scombridae*), cá khế (*Carangidae*), cá chuồn (*Exocoetidae*), cá ngừ (*Thunnidae*). Trong thành phần, có cả các loài cá bản địa và các loài cá di cư theo mùa từ đại dương vào

vùng biển xa bờ Việt Nam như cá thu, cá ngừ, cá chuồn. Nhóm cá tầng đáy, có số loài đông nhất, chiếm gần nửa tổng số loài cá biển Việt Nam, với các đại diện như cá mối (Synodontidae), cá cắng (Theraponidae), cá song (Serranidae), cá hồng (Lutjanidae), cá phèn (Mullidae), cá tráp (Sparidae), cá trác (Priacanthidae). Nhóm cá đáy, có số loài đứng thứ hai, chiếm khoảng 1/4 tổng số loài cá biển Việt Nam, với các họ đại diện như: cá đuối (Dasyatidae), cá bống (Gobiidae), cá bơn (Pleuronectidae), cá dưa (Muraenidae). Nhóm cá san hô, đặc trưng bởi hình thù, màu sắc đẹp, lạ, với các họ cá bướm (Chaetodontidae), cá bàng chài (Labridae), cá thia (Pomacentridae), cá nóc (Tetraodontidae), cá sơn (Apogonidae), cá sơn đá (Holocentridae). Trong thành phần loài cá biển Việt Nam, cá tầng đáy chiếm tới 70% số loài, cá tầng trên chỉ 30%. Số loài sống gần bờ chiếm tới 68%, trong khi chỉ 32% sống xa bờ. Như vậy, về thành phần loài cá biển Việt Nam, cá tầng đáy và cá ven bờ chiếm ưu thế.

Về mặt nguồn lợi, các tính toán gần đây, chủ yếu đối với cá ven bờ, trữ lượng ước tính khoảng 3 triệu tấn, khả năng khai thác ước tính khoảng 1 triệu tấn, trong đó cá tầng trên chiếm tới trên 60%, cá tầng đáy chỉ khoảng gần 40%.

Về mặt sinh học, sinh thái, cá biển Việt Nam mang tính chất cá nhiệt đới điển hình như: số loài đa dạng nhưng số lượng cá thể ít, không hình thành những đàn lớn; cá nổi và cá tầng đáy chiếm ưu thế số với cá đáy về số loài và số lượng; số loài ăn sinh vật phù du nhiều hơn số loài ăn sinh vật đáy, nhiều loài cá dữ ăn thịt; cá sinh đẻ hầu như quanh năm, không theo mùa. Bên cạnh đó, lại có một bộ phận cá ở vùng biên giới phía bắc, với tính chất điều kiện khí hậu biển không điển hình nhiệt đới, lại mang tính chất cá biển cận nhiệt đới, như: có sự di cư theo mùa theo chiều ngang và chiều sâu, có hiện tượng sinh trưởng theo mùa thể hiện ở vòng năm trên vây cá...

1.2. Đặc tính phân bố

Đặc tính phân bố của sinh vật biển liên quan tới các yếu tố nhiệt độ, độ mặn, các kiểu sinh cảnh vùng triều - cửa sông ven bờ, biển khơi... Từ đó, có thể nêu một số đặc trưng phân bố của sinh vật biển Việt Nam như sau:

1.2.1. Phân bố theo độ mặn

Theo độ mặn, hầu hết các nhóm sinh vật biển được phân chia theo tính thích ứng sinh thái: i/ Nhóm rộng muối gồm những loài có khả năng thích ứng mạnh đối với nhiệt độ và độ mặn, nên phân bố rất rộng. ii/ Nhóm độ mặn thấp chủ yếu là các nhóm nước lợ, phân bố chủ yếu ở vùng nước cửa sông ven bờ. iii/ Nhóm độ mặn cao (32-33,5‰) bao gồm các loài phân bố ở vùng biển khơi (giữa vịnh Bắc Bộ ở phía bắc và các vùng nước xa bờ ở phía nam).

1.2.2. Phân bố theo chất đáy

Trong các nhóm sinh vật biển, quần xã động vật đáy có mối quan hệ rất mật thiết với điều kiện chất đáy. Theo đó, quần xã động vật đáy biển được phân biệt thành các nhóm:

a. Nhóm thích ứng với đáy bùn

Nền đáy bùn, bùn nhuyễn đất sét, cát bột thấy ở nhiều vùng rộng lớn ở biển Việt Nam. Chất đáy ở đây do phù sa lắng tụ với vỏ sinh vật bào mòn tạo thành, giàu hữu cơ, thích ứng với các loài sống vùi trong bùn, cố định hay di chuyển chậm sát đáy. Đại diện cho nhóm này là các loài: *Scylla serrata*, *Macrophthalmus latreillei*, *Xenophthalmus obscurus*, *Chasmocarcinops gelasimoides*, *Scalopidia spinosipes* (giáp xác), *Mitra elongata* (thân mềm). *Diopatra variabilis*, *Terebellides stroemi*, *Glycera capitata*, *Aglaophenia tepens* (giun nhiều tơ). *Peronella lesueuri*, *Astropecten polyacanthus*, *Maretia planulata*, *Amphioplus depressus* (da gai).

b. Nhóm thích ứng với đáy cát

Số loài động vật trên đáy cát, cát trung và cát lớn ít hơn so với cát bùn. Động vật sống trong vùng này có các loài: *Portunus pelagicus*, *Charybdis cruciata*, *Podophthalmus vigil*, *Cryptosoma granulosa*, *Hyasthenus diacanthus*, *Leucosia unidentata*, *Halimedi fragifer* (giáp xác). *Cerithium kochi*, *C. graniferum*, *Terebellum terebellum*, *Arca antiquata*, *Pecten australis* (thân mềm). *Luidia maculata*, *Pentacta tuberculosa*, *Leptopentacta typica* (da gai). *Marphysa belli*, *Thalenessa tropica*, *Aglaophamus orientalis*, *Lumbrinereis ambionensis*, *Prionospio ehlersi*, *Sthenolepis japonica*, *Phyllodoce madeirensis* (giun nhiều tơ).

c. Nhóm thích ứng với đáy đá

Những loài này chủ yếu sống định cư hoặc sống bám. Số loài của nhóm này chiếm tỷ lệ ít so với hai nhóm trên. Thường gặp các loài của giống *Balanus*, *Lepas*. Một số loài thân mềm như *Modiolus barbatus*, *Brachydontes hirsutus*, có tơ chân (byssus) thích nghi sống bám cũng phân bố ở vùng đáy cát. Các loài giun nhiều tơ như *Hydroides exaltatus* var. *vesiculosus*, *H. albiceps*, *Spirobranchus giganteus* thích nghi làm tổ trong các hốc đá để sống... Hầu hết các loài trên có đặc tính lọc mồi nên chúng phân bố ở những nơi nước chảy mạnh. Thức ăn của chúng là sinh vật phù du và chất bã hữu cơ có trong nước. Ở những nơi nước đọng, tuy có đáy đá nhưng ít thấy nhóm này phân bố.

1.2.3. Phân bố theo độ sâu

Các nhóm sinh vật biển nekton có đặc trưng phân bố theo độ sâu. Các kết quả nghiên cứu cá biển ở Việt Nam cho thấy có thể chia cá biển Việt Nam thành 4 nhóm lớn:

a. Nhóm cá tầng trên

Bao gồm các loài cá nổi ven bờ và vùng khơi. Nhóm này có khoảng 260 loài, chiếm 15% tổng số loài cá trong vùng biển. Chúng thường sống ở tầng nước trên mặt, tập trung thành đàn, những ngày nắng ấm và thời tiết thuận lợi chúng thường nổi lên sát mặt nước, đôi khi nổi cả mõm hoặc vây lưng lên khỏi mặt nước để thở hoặc bắt mồi. Về mùa lạnh, nhiệt độ nước biển giảm thấp, những loài cá nổi đại dương bơi ra khỏi vùng biển, những loài cá nổi ven bờ thường bơi ra khơi, hoặc lặn xuống tầng nước sâu. Đại diện cho nhóm này có các loài trong họ Carcharhinidae, Sphyrnidae, Albulidae, Clupeidae, Engraulidae, Chirocentridae, Exocoetidae, Atherinidae, Scombridae, Stromateidae, các giống *Decapterus*, *Megalaspis*, *Trachurus* trong họ Carangidae và những giống loài khác.

b. Nhóm cá tầng đáy

Nhóm này đông nhất, có khoảng 930 loài (chiếm 45%), bao gồm những loài sống ở tầng nước gần đáy (gọi chung là cá tầng đáy). Đại diện cho nhóm này có các loài trong các họ Synodontidae, Serranidae, Theraponidae, Priacanthidae, Carangidae, Pomadasysidae, Sciaenidae,

Lethrinidae, Sparidae, Mullidae, Drepanidae, Lutianidae và nhiều loài khác.

c. Nhóm cá đáy

Nhóm này có khoảng 500 loài (chiếm 24%) gồm các loài sống trong tầng nước sát đáy, có một số sống vùi mình trong đáy bùn hoặc cát. Vì luôn sống ở lớp nước sâu ít chịu ảnh hưởng của sự biến đổi nhiệt độ theo mùa nên nói chung nhóm này phân bố tương đối ổn định, ít di chuyển vùng cư trú. Đại diện cho nhóm này cho các loài trong giống *Heterodontus* (họ Heterodontidae), trong các họ Orectolobidae, Rajidae, Dasyatidae, Gymnuridae, Torpedinidae, Myliobatidae, Plotosidae, Congridae, Ophichthyidae, Muraenidae, Callionymidae, Uranoscopidae, Eleotridae, Gobiidae, Triglidae, Scorpaenidae, Synanceidae, Bothidae, Pleuronectidae, Soleidae, Cynoglossidae, Lophiidae, Pegasidae v.v...

d. Nhóm cá san hô

Nhóm cá san hô có khoảng 340 loài (16%), bao gồm những loài luôn sống trong vùng biển có rạn san hô, một hệ sinh thái đặc thù của biển nhiệt đới. Ở đây nước biển có độ trong lớn, nồng độ muối cao, khu hệ sinh vật rất phong phú. Hầu hết cá thuộc nhóm này có màu sắc sặc sỡ làm ta khó phát hiện trong sinh cảnh nơi chúng cư trú. Đại diện cho nhóm này có các loài trong họ Chaetodontidae, Pomacentridae, Labridae, Scaridae, Triacanthidae, Balistidae, Ostraciontidae, Diodontidae, Tetraodontidae, một số loài trong các họ Congridae, Muraenidae, Serranidae và những loài khác.

1.2.4. Phân bố bắc - nam

Đặc trưng phân bố quan trọng của động vật thân mềm ở biển Việt Nam, đặc biệt là đối với trai ốc biển, là sự phân bố bắc - nam thể hiện ở sự sai khác về thành phần loài giữa vùng biển phía bắc (vịnh Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ) và vùng biển phía nam (Nam Trung Bộ tới Tây Nam Bộ).

Theo số liệu thống kê hiện có, ở vùng biển phía bắc Việt Nam chỉ có 101 loài trai hàu và 197 loài ốc, trong khi ở vùng biển phía nam có tới 170 loài trai hàu và 513 loài ốc (Gurianova, 1972). Một nguồn số liệu khác (Serène, 1937; Dawydoff, 1952) còn cho rằng về thành phần ốc biển, vùng vịnh Bắc Bộ chỉ có 150 loài, 65 giống, 37

họ trong khi vùng biển phía nam có tới hơn 400 loài, 160 giống, 37 họ. Về trai hầu, vùng biển phía nam cũng phong phú hơn, có tới hơn 300 loài, 67 giống, còn ở vùng biển phía bắc nghèo hơn hẳn. Các tư liệu kết quả điều tra động vật thân mềm phần phía đông vịnh Bắc Bộ của Trung Quốc từ năm 1974-1983 cũng cho thấy trong khu vực biển giáp Hải Nam của vịnh Bắc Bộ chỉ có 279 loài trai và thuộc 120 giống, 37 họ và 191 loài ốc, thuộc 105 giống, 50 họ.

Sự sai khác không chỉ thể hiện ở số lượng loài mà còn cả về chất lượng. Ở vùng biển phía bắc, không thấy có những loài trai lớn như *Tridacna squamosa*, *Cassis cormita*, *Charonia tritonis*, *Turbo marmoratus*... cũng như ít hơn hẳn về số loài các giống trai ốc hẹp nhiệt, đặc trưng nhiệt đới như *Trochus*, *Turbo*, *Strombus*, *Conus*, *Cypraeidae*, *Pinna*. Ngoài ra, còn có thể nói đến sự sai khác về cấu trúc và quan hệ địa động vật của trai ốc biển cũng như chân đầu ở hai vùng biển.

Sự phân bố bắc nam thể hiện cả ở nhóm thân mềm, chân đầu. Ở vùng biển phía bắc cho tới nay chỉ biết 32/53 loài, trong khi ở vùng biển phía nam có tới 40 loài. Một số loài chỉ có phân bố ở vùng biển phía bắc như *Sepia elliptica*, *Metasepia tullbergi*, *Sepiella maindroni*, *Sepiola birostrata*, còn ở vùng biển phía nam lại là các loài *Sepia omani*, *S. torosa*, *Sepiella inermis*, *Loligo aspera*, *L. japonica*, *L. oshimai*, *L. kobeensis*. Loài ốc anh vũ *N. pompilius* cho tới nay mới chỉ thấy ở vùng biển phía nam. Phần lớn các loài Octopus đã biết thấy ở vùng biển phía bắc, chỉ có 5 loài ở vùng biển phía nam (Nguyễn Xuân Dục, 1994).

2. Thủy sinh vật nước ngọt

Bao gồm các thủy sinh vật thích ứng với nồng độ muối trong khoảng 0.5-5‰. Vùng phân bố của chúng là các thủy vực nước ngọt nội địa.

Trong thành phần thủy sinh vật nước ngọt, ngoài các loài nước ngọt nguyên sinh, còn có nhiều loài là sinh vật ở nước thứ sinh, qua quá trình thích ứng từ đời sống ở cạn xuống nước. Ngoài ra, còn nhiều loài sinh vật biển có thích ứng muối rộng di nhập vào các cửa sông và các thủy vực nước ngầm ven biển. So sánh với quần xã thủy sinh vật nước mặn, thủy sinh vật nước ngọt có nhiều sai khác.

a. Thủy sinh vật nước ngọt kém đa dạng hơn, bao gồm ít đơn vị phân loại hơn. Trong số các lớp động vật đã biết chỉ có 14 lớp thấy có đại diện ở nước ngọt, trong số này chỉ có 2 lớp là chỉ thấy có ở nước ngọt (côn trùng, lưỡng cư). Có tới ba ngành và phân ngành chỉ có ở biển (Da gai, Pogonophora, Acrania) còn ở nước ngọt không có một ngành riêng nào.

Đặc điểm này về thành phần loài là cơ sở của ý kiến cho rằng: khu hệ thủy sinh vật nước ngọt là từ khu hệ thủy sinh vật nước mặn mà hình thành nên.

b. Trong thành phần thực vật, ở nước ngọt có nhiều thực vật lớn có hoa hơn (các họ Poaceae, Nymphaeaceae, Ceratophyllaceae, Nelumbonaceae, Barclayaceae). Trong khi ở nước mặn chỉ có cỏ biển, tuy số lớp thực vật phân bố tương đối đều ở nước mặn (15 lớp, 05 lớp riêng ở biển) và ở nước ngọt (13 lớp, 3 lớp riêng ở nước ngọt). Tảo lam, tảo lục phát triển mạnh ở nước ngọt, tảo đỏ, tảo nâu phát triển mạnh ở nước mặn.

c. Sinh vật nước ngọt có nhiều biến đổi trong nội bộ loài, hình thành nhiều đơn vị phân loại dưới loài, nhưng đồng thời lại có nhiều dạng phân bố toàn cầu (cosmopolit). Người ta giải thích hiện tượng này bằng thời gian tồn tại không lâu của các thủy vực nước ngọt, bằng đặc tính địa phương của chúng, làm cho quá trình hình thành loài không hoàn thành kịp trước khi thủy vực mất đi và do khả năng thích ứng, phát tán cao nên rất dễ lan truyền rộng bằng nhiều tác nhân khác nhau.

d. So với các sinh vật gần với chúng về quan hệ họ hàng ở nước mặn, thủy sinh vật nước ngọt thường có kích thước trung bình nhỏ hơn, số lượng trứng ít hơn, nhưng thường chứa nhiều noãn hoàng dự trữ hơn. Ví dụ rõ rệt nhất có thể thấy khi so sánh hai nhóm tôm nước ngọt và tôm nước mặn. Đặc điểm này phù hợp với quy luật biến đổi thủy sinh vật khi nồng độ muối giảm đi và có liên quan với đặc điểm cấu trúc quần thể nhỏ, số lượng cá thể ít, môi trường sống hẹp của thủy sinh vật nước ngọt.

Vấn đề nguồn gốc của khu hệ thủy sinh vật nước ngọt có rất nhiều ý kiến khác nhau. Tổng hợp các ý kiến này, có thể cho rằng: so với thủy sinh vật nước mặn, thủy sinh vật nước ngọt trẻ hơn về mặt lịch sử hình thành, đã có ít nhất là từ kỷ Đê von (thời

đại cổ sinh), với sự xuất hiện các nhóm sinh vật nước ngọt đầu tiên như giáp xác chân mang (Phyllopoda), trai Unio và cá nước ngọt cổ đại. Thủy sinh vật hiện đang sống trong các thủy vực nước ngọt có thể có ba nguồn gốc khác nhau: 1) từ biển đi vào nước ngọt, 2) từ cạn đi xuống nước ngọt, 3) hình thành trong các thủy vực nước ngọt. Hiện tượng đi vào thủy vực nước ngọt của thủy sinh vật biển hãy còn diễn ra ngay cả trong thời đại hiện nay bằng nhiều con đường: qua các cửa sông và vùng nước lợ ven biển, qua các vùng nước ngầm ven biển, qua vùng triều trên cạn rồi từ trên cạn xuống nước ngọt.

Trong thành phần thực vật nổi của các thủy vực nước ngọt, chiếm ưu thế là tảo lam, tảo lục, tảo khuê nước ngọt. Động vật nổi các thủy vực nước ngọt đặc trưng bởi các nhóm Cladocera, Rotatoria, Copepoda rất phát triển về số loài và số lượng. Trong sinh vật đáy, có nhiều thực vật có hoa, ấu trùng côn trùng, giun ít tơ, trai ốc nước ngọt (Unionidae, Viviparidae, Thiaridae, Hydrobidae, Planorbidae). Thành phần sinh vật tự bơi đặc trưng bởi các nhóm côn trùng ở nước, lưỡng cư, bò sát ở nước, ngoài các nhóm cá, giáp xác, động vật có vú ở nước.

Phù hợp với sự sai khác của các thủy vực nước ngọt về đặc điểm thủy lý hóa học và nền đáy, các quần xã thủy sinh vật ở mỗi loại thủy vực có một sắc thái riêng, thể hiện ở thành phần loài sinh vật, đặc tính số lượng và biến động số lượng của sinh vật trong thủy vực.

2.1. Khu hệ thủy sinh vật nước ngọt Việt Nam

Các nghiên cứu và điều tra cơ bản đã cho thấy do tính chất nhiệt đới, đồng thời với sự đa dạng các loại hình thủy vực nên khu hệ thủy sinh vật nước ngọt Việt Nam rất đa dạng, bao gồm các nhóm vi tảo, rong, các loài cây cỏ ngập nước, động vật không xương sống và cá.

Cho đến nay, 1.438 loài vi tảo nước ngọt thuộc 259 chi và 9 ngành đã được xác định. Trên 800 loài động vật không xương sống đã được thống kê. Trong đó, đáng lưu ý là trong thành phần loài giáp xác (Crustacea), có 54 loài và 8 giống lần đầu tiên được mô tả ở Việt Nam. Riêng hai nhóm tôm, cua có 59 loài thì có tới 7 giống và 33 loài (55,9% tổng số loài) lần đầu tiên được mô tả. Trong tổng

số 155 loài trai ốc, có 51 loài (32,9% tổng số loài), 4 giống lần đầu tiên được mô tả, tất cả đều là những loài đặc trưng cho Việt Nam hay vùng Đông Dương. Một điều đáng chú ý là tính đa dạng nhiệt đới của thành phần loài giáp xác và thân mềm nước ngọt ở Việt Nam cũng như ở một số nhóm khác, được thể hiện ở sự phong phú về số giống hơn là số loài.

Nguyễn Văn Hảo, Ngô Sĩ Vân (2001), Nguyễn Văn Hảo (2005) đã công bố 1.027 loài cá nước ngọt thuộc 22 bộ, 97 họ và 427 giống. Riêng họ cá chép có 79 loài thuộc 32 giống, 1 phân họ được coi là đặc hữu ở Việt Nam. Trong đó, có 1 giống, 40 loài và phân loài mới cho khoa học. Phần lớn các loài đặc hữu đều có phân bố ở các thủy vực sông, suối, vùng núi.

Những đặc điểm trên đây cho thấy khu hệ cá các thủy vực nước ngọt Việt Nam mang tính chất nhiệt đới, tính đa dạng khá cao (hơn 1.000 loài trên diện tích lãnh thổ không lớn, hơn 330.000km²). So với các vùng lân cận, họ cá chép ở Việt Nam phong phú hơn, cả ở taxon loài lẫn taxon giống. Ngoài các nhóm sinh vật sống trong nước ngọt thực thụ như trên, còn có nhiều nhóm động vật có một thời kỳ sống trong môi trường nước (lưỡng cư) hoặc có tập tính kiếm mồi trong các vùng đất ngập nước (chim nước).

Do yếu tố địa hình, khí hậu và hệ thống sông nên tính chất địa sinh vật nước ngọt nội địa khác nhau khá rõ ở hai miền phía bắc (nằm trong *Phân vùng Bắc Việt Nam - Hoa Nam*) và phía nam (nằm trong *phân vùng Ấn Độ - Mã Lai*). Ngoài ra, cũng thấy có những nét đặc trưng riêng về sinh vật nước ngọt nội địa giữa 9 vùng phân bố theo địa lý tự nhiên.

2.2. Đặc tính phân bố

Như ở phần trên đã trình bày (chương I), thiên nhiên Việt Nam trong đó có các vùng nước ngọt nội địa, có thể phân chia thành các vùng địa lý sinh thái và cảnh quan khác nhau: vùng núi, vùng đồng bằng, vùng ven biển. Bao trùm lên tất cả vùng lãnh thổ là sự sai khác về điều kiện tự nhiên giữa hai vùng phía Bắc và phía Nam Việt Nam, thường lấy ranh giới giả định là khu vực đèo Hải Vân. Tương ứng với đặc điểm phân vùng tự nhiên nói trên có sự phân bố thành phân loài Bắc - Nam, phân bố theo các vùng địa lý sinh thái và cảnh quan khác nhau.

2.2.1. Đặc trưng phân bố Bắc - Nam của thủy sinh vật nước ngọt

Phân bố thủy sinh vật nước ngọt Bắc - Nam được thể hiện ở tất cả các nhóm thực vật, động vật, tảo nước ngọt, song tiêu biểu hơn cả là phân bố cá nước ngọt và một số nhóm giáp xác, trai ốc nước ngọt.

Trong 550 loài cá nước ngọt đã biết, ở Bắc bộ chỉ có 226 loài (41,4%), còn ở Nam bộ có tới 306 loài (56,04%). Thành phần loài khu hệ cá nước ngọt miền Bắc bởi sự phong phú của các loài họ cá chép (Cyprinidae), cá chạch vây bằng (Homalopteridae), cá lăng (Bagridae), cá chiền (Sisoridae). Đồng thời, còn đặc trưng bởi một số loài đặc hữu cho vùng phân bố bắc như: *Labeo tokinensis*, *Luciocyprinus langsoni*, *Daniops nammuensensis*, các giống *Garra*, *Homaloptera*, *Sinogastromyfon*, *Gastromyfon*. Khác với vùng phía bắc - thành phần loài cá nước ngọt phong phú ở miền Nam lại là các họ cá trích (Clupeidae), cá chình (Anguillidae), cá cơm (Engraulidae), cá nheo (Siluridae), cá tra (Pangasiidae), cá bơn (Soleidae), cá nóc (Tetrodontidae), cá sặc (Belontiidae). Ngoài ra, khu hệ cá miền Nam còn có các loài đặc trưng cho vùng này như cá thát lát (*Notopterus chitala*), cá hô (*Catlocarpio siamensis*), cá măng sữa (*Chanos chanos*), cá học trò (*Balantiocheilus melanopterus*), cá lịch bản (*Thynnichthys thynnoides*), các giống *Wallago*, *Wallagonia*, *Silurichthys*, *Ompok*, *Kryptopterus*).

Đáng chú ý là: các giống, loài đặc trưng cho miền Bắc thường là thuộc các nhóm cá sông, suối vùng núi - đặc điểm của thiên nhiên miền Bắc, trong khi ở miền Nam, các giống, loài đặc trưng lại thuộc các nhóm cá sông vùng đồng bằng, có nguồn gốc nước mặn, phù hợp với cảnh quan địa hình vùng Nam bộ.

Phân bố bắc - nam của giáp xác nước ngọt được thể hiện ở thành phần loài tôm cua nước ngọt đặc trưng cho mỗi vùng. Tôm cua nước ngọt ở vùng phía bắc đặc trưng bởi các loài tôm *Macrobrachium nipponensis*, *M. dienbienphuense*, *Palaemonetes sinensis*, *P. tokinensis*, trong khi ở miền Nam lại phổ biến là các loài *Macrobrachium sintangense*, *M. rosenbergi*, *M. equidens*, *M. pilimanus*, *M. lanchesteri*.

Nhóm cua nước ngọt miền Bắc phổ biến là các loài *Somanniathelphusa sinensis*, *Potamon tannanti*, *P. mieni*, còn ở miền

Nam lại là các loài *Larnaudia larnaudi*, *Potamon cochichinensis*, *P. longipes*, *Somanniathelphusa germaini*, *Somaniathelphusa beauvoisi*.

Trai ốc nước ngọt cũng có sai khác thành phần loài bắc - nam rõ rệt. Ở miền Bắc, có một số giống, loài đặc trưng như các loài ốc *Lithoglyphosis tokinensis*, *Cremnoconchus messengeri*, *Angulyagra duchieri*, *Sulcospira proteus*. Các loài trai *Sinohyriopsis*, *Chamberlainia*, *Sinanodonta*, thuộc các giống *Gibbosula*, *Protunio*, *Lamprotula*, *Lanceolaria*, *Oxynaia*. Ở miền Nam, các giống loài đặc trưng lại khác hẳn, như *Fairbankia cochinhinensis*, *Faunus ater*, *Esidens ingallsianus*, *Indoplanorbis exutus*, *Wattebledia crosseana*, *Physunio superbus*.

2.2.2. Đặc trưng phân bố theo cảnh quan và thủy vực

Phân bố thủy sinh vật nước ngọt nội địa theo cảnh quan và thủy vực về cơ bản được thể hiện ở sự phân bố thành phần loài theo hai cảnh quan lớn: 1) vùng núi, đới tập trung ở miền Bắc, miền Trung, đới các thủy vực đặc trưng là sông, suối, hồ tự nhiên và hồ chứa nhân tạo ở vùng núi. 2) vùng đồng bằng, với các thủy vực phổ biến là sông, hồ tự nhiên, đầm ao, ruộng lúa nước vùng đồng bằng.

a. Đặc trưng thủy sinh vật vùng núi. Đây là vùng có độ cao trên 15m tới 1.500m so với mặt biển, thủy vực có chế độ nước chảy (kể cả ruộng lúa bậc thang), nền đáy cứng, độ trong nước lớn, nhiệt độ nước thấp về mùa đông.

Thủy sinh vật vùng núi phía bắc đặc trưng bởi một số loài cá nước ngọt đặc hữu cho Việt Nam như: *Lissochilus laocaiensis*, *Garra laichauensis*, *Yaoshanicus kyphus*, *Barbatula chapaensis*, các loài thuộc giống *Sinogastromyzon*, *Gastromyzon*. Ở vùng núi phía nam cũng thấy các loài cá đặc trưng khác như: *Ton duranensis*, *Garra fasciocauda*, *Homaloptera zollingeri*, *Wallagonia attu*. Trong thành phần loài động vật không xương sống, nét đặc trưng thể hiện ở sự phong phú các nhóm ấu trùng côn trùng *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera* của sông với nước chảy, với các loài đặc trưng *Asiatella femorata*, *Vietnamella thani*; các loài của Potamidae (*Potamon tannanti*, *P. mieni*), các loài tôm *Macrobrachium dienbienphuense*, *M. vietnamense*, các loài trai giống *Cuneopsis*, *Chamberlainia*, *Gibbosula*, *Protunio*, các loài ốc *Semisulcospira*,

Sulcospira, *Brotia*, các loài ốc *Semisulcospira*, *Sulcospira*, *Brotia* không có ở vùng đồng bằng.

b. Đặc trưng của thủy sinh vật vùng đồng bằng

Các thủy vực vùng đồng bằng đặc trưng bởi phân hạ lưu các sông lớn, các mạng lưới sông đào, kênh rạch, hồ tự nhiên, đầm ao, ruộng lúa nước. Nhìn tổng quát, chế độ nước tĩnh hoặc chảy chậm, nền đáy bùn hoặc bùn cát, độ trong thấp, nhiệt độ nước không quá thấp về mùa đông, ít nhiều chịu ảnh hưởng của thủy triều, xâm nhập mặn tự nhiên, là những đặc điểm cơ bản của các thủy vực vùng đồng bằng. Cũng cần lưu ý do mật độ dân cư lớn, sản xuất nông nghiệp, công nghiệp phát triển, nên các thủy vực đồng bằng dễ bị ô nhiễm.

Thành phần tảo nước ngọt phong phú hơn so với vùng núi, với các nhóm tảo lục, tảo lam phát triển mạnh (*Microcystis*, *Oscillatoria*, *Anabena*, *Merismopedia*, *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Ankistrodesmus*).

Khác với vùng núi, cá nước ngọt vùng đồng bằng ít tính chất đặc trưng địa phương hơn, với nhiều loài phân bố rộng như cá mè và một số loài cá di cư từ biển vào trong mùa sinh sản. Trong thành phần loài, cá vùng đồng bằng sông Hồng phổ biến là họ cá chép, với các loài phổ biến: *Cyprinus*, *Hemiculter*, *Squaliobarbus*, *Hypothalmichthys*, *Cirrhina*, *Ctenopharyngodon*, *Macropodus*, cá rô *Anabas* (Anabantidae), *Channa* (Chanidae). Trong các kênh rạch vùng đồng bằng Nam bộ, có những loài đặc trưng cho vùng này như cá măng sữa, cá tra, cá chạch sông, cá rô biển, cá sặc, cá bông tượng, cá thát lát. Động vật không xương sống nước ngọt vùng đồng bằng đặc trưng bởi các loài tôm cua vùng đồng bằng *Somaniathelphusa*, tôm *Macrobrachium nipponense*, *M. hainanense*, *Palaemonetes sinensis*, *P. tokinensis*; trai ốc nước ngọt vùng đồng bằng phổ biến là ốc vặn (Viviparidae), ốc nhồi (Pilidae) với các loài *Pila*, *Sinotaia*, *Angulyagra*, ốc Bithyniidae với các loài *Parafossarulus*, *Bithynia*, *Digoniostoma*, *Tarebia*, các loài trai vỏ mỏng *Sinanodonta*, *Pseudodon*, *Cristaria*, *Pletholophus*. Sự sai khác với các thủy vực vùng núi phía bắc là ở chỗ vắng mặt các nhóm ấu trùng côn trùng sống ở nước chảy, nhóm cua Potamidae, trai ốc vỏ dày như *Lamprotuna*, *Cuneopsis*, *Gibbosula*. Ngoài ra, trong các thủy vực đồng bằng phía bắc còn có thể thấy một số loài giáp xác từ vùng

nước lợ mặn di nhập vào, như *Corophium*, *Grandidierella*, *Apseudes*, *Cyathura*, loài giun nhiều tơ nước ngọt *Namalycastis longicirris*.

Thành phần loài động vật không xương sống nước ngọt vùng đồng bằng Nam Bộ có những sai khác so với vùng phía bắc thể hiện sự sai khác bắc nam của các nhóm giáp xác, trai ốc. Đáng chú ý là vùng đồng bằng phía nam lại thấy có các loài của họ Potamidae, điều không thấy có ở vùng đồng bằng phía bắc.

c. Thủy sinh vật nước ngầm, hang động

Thủy sinh vật nước ngầm, hang động ở Việt Nam còn ít được nghiên cứu. Một số loài giáp xác nhỏ thấy ở nước ngầm hang động có những đặc điểm cấu tạo rất khác so với các loài sống trong các điều kiện bình thường. Loài *Tropocyclops chineis*, tìm thấy trong hang nước ngầm ở Chi Nê (Hòa Bình) không có sắc tố mắt, số trứng rất ít. Hai loài *Nanodiptomus phongnhaensis* và *Neodiptomus curvispinosus* tìm thấy trong nước ngầm động Phong Nha (Quảng Bình) cũng có những đặc điểm cấu tạo cơ thể khác hẳn những loài thuộc các giống nói trên trong các thủy vực trên mặt đất.

3. Thủy sinh vật nước lợ

Vùng nước lợ ven biển có độ mặn dao động trong khoảng 5-25‰, thường ở vùng cửa sông, có tác động của thủy triều. Đây là vùng có thực vật ngập mặn phát triển mạnh, tạo nên những rừng ngập mặn. Chế độ thủy học ở vùng này thường không ổn định, phụ thuộc vào nhân tố tự nhiên (mùa lũ) và nhân sinh (canh tác, công nghiệp).

Chính vì vậy, thành phần loài vùng nước lợ rất phức tạp, mang tính chất hỗn hợp, gồm ba thành phần có nguồn gốc khác nhau.

- a. Thủy sinh vật biển di nhập vào.
- b. Thủy sinh vật nước ngọt di nhập vào.
- c. Thủy sinh vật đặc trưng của nước lợ.

Hai nhóm trên không có khả năng sinh sản, chỉ sống ở nước lợ trong giai đoạn trước thời kỳ sinh sản. Nhóm thứ ba có chu kỳ sống hoàn toàn ở nước lợ. Biến đổi thành phần loài của các thủy vực nước lợ phụ thuộc vào biến đổi nồng độ muối trong năm. Trong thời

kỳ nồng độ muối cao, thành phần thủy sinh vật biến đổi rất phong phú rồi giảm đi trong thời kỳ nước nhạt (dưới 5 ‰), trong khi thành phần thủy sinh vật nước ngọt tăng nên rõ rệt.

Khu hệ thủy sinh vật nước lợ Việt Nam đặc trưng bởi các nhóm: thực vật ngập mặn (mangrove) vùng nước lợ (sú, vẹt, mắm, đước, trây), thực vật hòa thảo (cói, năn), giáp xác nhỏ sống nổi (*Schmackeria*, *Sinocalanus*), giáp xác ở đáy (*Corophium*, *Grandidierella*, *Cyathura*), còng, cáy (*Uca*, *Ocypoda*), giun nhiều tơ (*Dendoneis aestuarina*), trai, ốc nước lợ (*Aloidis*, *Ostrea*, ốc *Cerithidae*), cá dổi (*Mugil*). Các thủy sinh vật biển di nhập vào nước lợ chủ yếu là các loài giáp xác nhỏ (*Ceriodaphnia*, *Diaphanosoma*, *Mesocyclops*), tôm (*Macrobrachium*, *Caridina*), luân trùng (*Brachionus*, *Asplanchna*), một số loài cá nước ngọt (chép, diếc, chày, mương ...) và cả một số tảo nước ngọt (tảo lục, tảo lam). Số lượng thủy sinh vật nước lợ thường cao hơn số lượng thủy sinh vật nước ngọt. Động vật đáy có khi đạt tới vài chục gam/m².

Các thủy vực nước lợ ở Việt Nam thường được hình thành trong vùng triều và trên triều ở ven biển. Ở vùng biển phía bắc và phía nam đều có các dạng: đầm nuôi nhân tạo được xây dựng để nuôi hải sản, diện tích có thể từ vài ha đến hàng trăm ha, trao đổi nước bên ngoài qua các cửa cống. Bên ngoài các đầm nuôi nhân tạo là vùng nước lợ cửa sông, diện tích thay đổi theo nước triều. Ở vùng nước phía nam địa hình thấp, còn có hệ kênh rạch dày đặc mang tính chất nước lợ, nhiều khi đi sâu vào nội địa tới vài chục kilomet. Ở ven biển miền Trung, các thủy vực nước lợ có dạng các đầm phá tự nhiên (lagoon) lớn như đầm phá Thừa Thiên - Huế, với phá Tam Giang chạy dài trên 60km, diện tích trên 20.000ha, đầm Thị Nại (Nghĩa Bình), đầm Cù Mông, Ô Loan (Phú Yên), các đầm Thủy Triều, Nha Phu (Khánh Hòa), đầm Nại (Phan Rang)...

4. Thủy sinh vật nước quá mặn

Do nồng độ muối của thủy vực rất cao (tới 347‰), muối hòa tan có thể tới mức bão hòa nên chỉ có các thủy sinh vật thích ứng hẹp muối, sống được trong các thủy vực này. Thành phần loài khu hệ thủy sinh vật nước quá mặn nghèo nàn, chủ yếu là các loài giáp xác chân mang *Artemia salina* (sống được ở nồng độ muối tới 200 ‰),

các loài trùng roi *Duniliella salina*, *Asteromonas gracilis*. Ngoài ra còn có thể có một số loài ấu trùng muối thích ứng với nồng độ muối cao (*Culicoides salinarius*, *Chironomus halophilus*), giáp xác nhỏ (*Diaptomus salinus*, *Cyclops bicuspidatus*), giun ít tơ (*Lumbriculus lineatus*), khi nồng độ muối dưới 100‰. Ở các thủy vực nước quá mặn, còn có các thủy sinh vật biển di nhập vào.

V. BIẾN ĐỘNG PHÂN BỐ QUẦN XÃ THỦY SINH VẬT TRONG THỦY VỰC

Do đặc tính thích ứng, các quần xã thủy sinh vật trong thủy vực về cơ bản là có kiểu phân bố tương đối rõ ràng. Nhưng trong từng kiểu phân bố, từng quần xã thủy sinh vật, sự phân bố lại không hoàn toàn cố định, mà có những biến động, phụ thuộc vào đặc điểm của các sinh cảnh, vào sự biến đổi của các nhân tố của môi trường sống theo thời gian và không gian. Những biến đổi này thấy cả về mặt định tính và định lượng và trong mỗi thủy vực thường được thể hiện ở đặc tính phân bố và biến động của các quần xã sinh vật theo chiều ngang, theo chiều thẳng đứng và theo mùa vụ.

1. Đặc trưng phân bố của các quần xã thủy sinh vật trong thủy vực

Đặc trưng phân bố của quần xã thủy sinh vật trong thủy vực được thể hiện ở sự sai khác thành phần loài, số lượng các quần loại thủy sinh vật theo các khu vực phân bố khác nhau trong thủy vực, rõ rệt nhất là giữa vùng ven bờ và vùng khơi, giữa các tầng nước và đáy độ sâu khác nhau.

Ở biển và đại dương, sinh vật nổi, sinh vật đáy, sinh vật tự bơi đều có sự khai thác về thành phần loài, về số lượng khi đi từ bờ ra khơi cũng như từ trên mặt xuống đáy sâu. Thành phần loài thủy sinh vật vùng ven bờ thường bao gồm các loài rộng sinh thái, thích ứng được với sự dao động lớn về độ mặn, nhiệt độ, chuyển động nước... của vùng ven bờ, mặt khác, có nhiều loài sinh vật sống bám ở rạn đá, thực vật lớn ở đáy nông ven bờ. Ở vùng ven bờ cũng thường gặp nhiều sinh vật là giai đoạn ấu trùng của các sinh vật vùng khơi, đến thời gian sinh sản di chuyển vào ven bờ có điều kiện sống thuận lợi (thức ăn) để đẻ trứng và qua giai đoạn ấu trùng.

Phân bố của thủy sinh vật theo chiều sâu trong thủy vực chỉ thấy rõ ở các thủy vực có độ sâu lớn, như các đại dương, biển, các hồ lớn, có sự phân chia tầng nước rõ rệt và tương đối ổn định. Trong các thủy vực nông như ao, ruộng nước, sông nhỏ... có độ sâu nhỏ, nước luôn bị xáo trộn, phân bố thẳng đứng của thủy sinh vật không thấy có. Nguyên nhân của hiện tượng này là sự phân bố không đồng đều theo chiều sâu của các nhân tố sinh thái: ánh sáng, khí hòa tan, nhiệt độ...

Trong thủy vực cũng như trong thủy quyển, nhìn chung càng xuống sâu, các nhân tố sinh thái của môi trường nước - vô sinh và hữu sinh đều biến đổi theo hướng càng kém thuận lợi cho hoạt động sống của thủy sinh vật: ánh sáng giảm đi, hàm lượng O_2 ít dần đi, trong khi các khí thải CO_2 , CH_4 , H_2S ngày càng nhiều lên, áp lực nước tăng dần, thức ăn nghèo đi... Phù hợp với sự biến đổi quy luật này, quy luật chung của sự phân bố thủy sinh vật theo độ sâu là càng ít đi về thành phần loài cũng như về số lượng theo độ sâu.

Phân bố theo chiều sâu của thủy sinh vật trước hết thể hiện ở sự phân chia các tầng thực vật trong thủy vực. Tầng nước trên mặt có nhiều ánh sáng, có thực vật phát triển được coi là tầng tạo sinh (trophogenetic). Tầng nước sâu không còn ánh sáng, không có thực vật phát triển, chỉ gồm các thủy sinh vật tiêu thụ và phân huỷ được coi là tầng phân huỷ (trophylotic). Ở đại dương, tầng tạo sinh có thể sâu tới 200m, tới giới hạn cuối cùng của khả năng xâm nhập ánh sáng vào nước. Ở thủy vực nội địa nước kém trong hơn, giới hạn này thấp hơn nhiều, có khi chỉ vài mét.

Sự phân bố của thành phần loài thực vật theo độ sâu ở đại dương phụ thuộc vào độ xâm nhập của ánh sáng vào nước. Ở tầng nước sâu 0-20m có tảo lục phát triển mạnh (sử dụng tia đỏ, tia xanh), từ 20-30m có tảo nâu, tảo silic phát triển (sử dụng tia vàng, tia lục). Ở các hồ nước ngọt có độ trong lớn vùng núi Anpơ (Pháp), phân bố các tầng thực vật ở phạm vi hẹp hơn: từ 0-6m là tầng tảo lục, từ 6-10m là các nhóm tảo có sắc tố đỏ, từ 12m trở xuống là tầng các nhóm tảo không màu.

Khối lượng lớn sinh vật nổi đại dương (Mesoplankton) tập trung ở tầng nước mặt 0-500m, chiếm 65% tổng khối lượng sinh vật nổi trong tầng nước sâu 0-4000m, trừ khi có tác động của các dòng nước thẳng đứng làm sai lệch quy luật phân bố này. Riêng đối với

sinh vật nổi lớn (macroplankton), ở vùng cận nhiệt đới Thái Bình Dương và Ấn Độ Dương, khối lượng lớn tập trung ở tầng nước 500-1000m, còn ở vùng nhiệt đới xích đạo khối lượng lớn lại tập trung ở tầng nước 1000-2000m.

Sự phân bố cá biển theo độ sâu cũng có thể nhận thấy ở vùng biển Việt Nam. Từ trên mặt xuống đáy, có thể phân biệt:

1. Nhóm cá tầng nước mặt: đại diện là cá nhám, cá trích, cá thu ngừ, cá chuồn, cá cơm...
2. Nhóm cá tầng gần đáy: gồm các loài cá hồng, cá trác, cá phèn, cá mối, cá lượng, cá khế ...
3. Nhóm cá tầng đáy: như các loài cá đuối, cá bơn, cá bông, cá ó...
4. Nhóm cá đáy sâu (trên 200 m): cá thu hổ, cá đỏ môi, cá mắt vàng...

Số loài động vật đáy đại dương cũng giảm đi một cách có qui luật theo chiều sâu, ở vùng biển sâu trên 3000m cho tới nay chỉ còn thấy khoảng 1500-2000 loài động vật đáy chỉ chiếm khoảng 1.5-3.5% tổng số loài động vật biển đã biết, trong số này phần lớn là các loài đặc hữu. Số loài giảm đi nhanh trong độ sâu 11.000m. Mỗi bọ động vật đáy chỉ phân bố tới một độ sâu nhất định: tôm cua chỉ tới 8000m, cá chỉ tới 6000m, mực tới 9000m. Tới 10000m chỉ còn một số động vật đặc trưng cho vùng cực sâu.

Về mặt số lượng, ở độ sâu 100-200m, khối lượng sinh vật đáy đại dương có thể từ vài chục tới vài trăm g/m^2 , dưới 9000-10000m chỉ còn vài phần mười g/m^2 . Ở tầng nước mặt biển 1000m, khối lượng sinh vật nổi đại dương có thể tới vài chục hoặc vài trăm mg/m^3 , nhưng ở độ sâu 8000m, chỉ còn vài phần mười, phần trăm hay có khi vài phần nghìn mg/m^3 .

2. Biến động phân bố quần xã thủy sinh vật trong thủy vực

Được thể hiện ở sự thay đổi thành phần loài và số lượng cá thể trong quần xã sinh vật theo thời gian và không gian do nhiều nguyên nhân. Nhiều động vật đáy có giai đoạn ấu trùng sống ở tầng mặt, là thành phần sinh vật nổi một thời gian, đến khi trưởng

thành lại trở lại nền đáy (các loài thân mềm, dai gai, giun nhiều tơ). Các loài côn trùng có giai đoạn ấu trùng sống ở nền đáy, đến giai đoạn trưởng thành lột xác lần sau cùng và ra khỏi thủy vực (ấu trùng phù du, ruồi, muỗi...) làm thành phần loài và số lượng sinh vật đáy sụt hẳn xuống vào thời gian đó. Do thích ứng nhiệt độ, trong các thủy vực nội địa vùng nhiệt đới, các loài có nguồn gốc ôn đới di nhập vào thường chỉ phát triển mạnh trong mùa lạnh và kém phát triển hay không phát triển trong mùa nóng và tình hình ngược lại đối với các loài có nguồn gốc nhiệt đới di nhập vào các thủy vực ôn đới: các loài này lại chỉ phát triển mạnh trong mùa nóng, kém phát triển trong mùa lạnh. Tuy nhiên, do chế độ nhiệt độ không biến đổi lớn, nhất là không có thời kỳ chuyển sang âm độ nên biến đổi thành phần loài theo mùa ở các thủy vực nhiệt đới thường không lớn so với biến đổi ở các thủy vực ôn đới, nếu như các nhân tố khác ngoài nhân tố nhiệt độ tương đối ổn định (thức ăn, ô xy, mực nước...). Ở các vùng nước lợ hay các vùng biến đổi theo mùa do nước mưa hay nước sông, thành phần loài sinh vật cũng thay đổi theo sự thay đổi của nồng độ muối của nước. Thành phần các loài nước ngọt tăng lên trong vụ nước nhạt đi, ngược lại thành phần các loài nước mặn lại tăng lên trong các vụ nước mặn. ở các thủy vực nhân tạo như ruộng lúa, hồ chứa nước, biến động thành phần loài và số lượng cá thể của quần xã sinh vật còn do chế độ canh tác, chế độ nước, thay đổi giai đoạn phát triển và đặc tính dinh dưỡng của thủy vực quyết định.

Trong các thủy vực nội địa có chế độ thủy học tương đối ổn định ở Việt Nam, thường trong thủy vực bao giờ cũng có một thành phần loài cơ bản đặc trưng cho thủy vực (hồ, ao, ruộng lúa hai vụ). Số loài biến đổi theo mùa vụ ở hai thủy vực này không lớn. Ngược lại, ở các thủy vực có chế độ thủy lý hóa học không ổn định (ruộng lúa một vụ, vùng nước lợ) thành phần loài biến đổi theo mùa vụ khá lớn. ở đại dương, biến động phân bố của các quần xã thủy sinh vật theo mùa vụ còn do di cư sinh sản hay trú đông của thủy sinh vật từ biển vào nội địa hay từ vùng bờ ra ngoài khơi gây nên.

Biến động số lượng của quần xã thủy sinh vật theo thời gian, là do biến động số lượng của các quần thể các loài trong quần xã gây nên, do nguyên nhân sinh trưởng và phát triển quan hệ thức ăn, mức độ thức ăn, mức độ tử vong của các quần thể.

Hình thái phân bố của thủy sinh vật trong thủy quyển không phải lúc nào cũng ổn định. Trong từng thời gian, do nhiều nguyên nhân khác nhau, vùng phân bố của nhiều nhóm, nhiều loài thủy sinh vật có những biến đổi làm thay đổi hình thái phân bố của chúng trong thủy quyển. Biến động phân bố của thủy sinh vật có thể xảy ra theo chiều ngang từ vùng này qua vùng khác của một thủy vực, từ thủy vực này qua thủy vực khác, hay cũng có thể theo chiều thẳng đứng, từ vùng nông tới vùng sâu, từ tầng đáy lên tầng mặt. Xét về tính chất biến động có thể chia thành hai loại: biến động không có quy luật, biến động có quy luật.

2.1. Biến động không có quy luật

Đây là loại biến động xảy ra do nguyên nhân đột xuất, thường là do nguyên nhân nhân tạo làm thay đổi vùng phân bố của thủy sinh vật theo một chiều, không thành chu kỳ. Vùng phân bố của thủy sinh vật được mở rộng hay hẹp lại rồi không trở lại giới hạn lúc ban đầu nữa. Có thể nêu một số ví dụ. Cua *Eriocheio sinensis* có vùng phân bố ban đầu chỉ giới hạn vùng biển Bắc Thái Bình Dương. Về sau, cua này theo các tàu biển di chuyển sang vùng biển Bantic từ trước đại chiến thế giới lần thứ nhất và phát triển mạnh ở đó, trở thành vật phá hoại ở vùng này, tạo nên một vùng phân bố ngất quăng trong thủy quyển. Loài ốc *Rapana benzoar* từ biển Nhật Bản do nguyên nhân ngẫu nhiên di chuyển sang Hắc Hải, cũng mở rộng thêm vùng phân bố của chúng, trở thành vật gây hại cho hàu nuôi ở vùng này. Các loài thủy sinh vật nước lợ và nước mặn ở nước ta (cá, giáp xác, giun nhiều tơ) do việc đắp đê ngăn mặn ở ven biển làm giới hạn của nồng độ muối lùi xa về phía biển, nên có xu hướng thu hẹp vùng phân bố về phía biển. Thuộc vào loại biến động này có thể kể việc mở rộng vùng phân bố thuần hóa thủy sinh vật nhiều khi tới các vùng rất xa nơi ở gốc.

2.2. Biến động có qui luật

Là loại biến động có tính chất chu kỳ xảy ra do nhu cầu trong đời sống. Tùy theo đặc điểm sinh học của chúng, thủy sinh vật ở từng thời kỳ trong chu trình sống di chuyển sang một nơi khác, tạm thời thay đổi vùng phân bố của chúng. Hầu hết sau thời kỳ này chúng lại trở lại giới hạn vùng phân bố ban đầu. Lối di chuyển có tính chất

chu kỳ này rất đa dạng, do nhiều nguyên nhân, nhiều khi còn chưa giải thích được rõ ràng. Có thể phân biệt một số dạng tiêu biểu: di chuyển trong đời sống, di chuyển ngày đêm và di nhập từ biển vào các thủy vực nội địa.

2.2.1. Di chuyển trong đời sống

Đây là lối di chuyển của thủy sinh vật trong một giai đoạn của chu trình sống ra khỏi vùng phân bố chính thức để tìm nơi có điều kiện tốt, hoàn thành một khâu trong chu trình sống của chúng: sinh đẻ, tìm thức ăn, trú đông... Tùy theo đặc điểm sinh học của từng loài, có thể di chuyển nhiều hay ít lần, dài hay ngắn trong đời sống, trong phạm vi thủy vực hay ngoài phạm vi thủy vực, thụ động (trứng cá, cá con di chuyển nhờ nước chảy) hay hoạt động (dạng trưởng thành tự bơi). Lối di chuyển này thấy ở hầu hết các loài cá và nhiều loài động vật không xương sống. Cá hồng, cá mực, cá phen có hoạt động di cư theo mùa trong phạm vi Vịnh Bắc Bộ. Cá ngừ, cá chuồn di cư từ vùng khơi Biển Đông vào Vịnh Bắc Bộ vào các tháng mùa nóng. Cá mòi, cá cháy, cá tầm (*Acipenser*) đến thời kỳ sinh sản thường phải đi vào các sông nội địa đẻ đẻ. Cá chình ngược lại, lại từ nước ngọt ra biển đẻ đẻ. Cá con sinh ra sẽ lại trở lại vùng phân bố cũ của cha mẹ chúng sống cho đến khi trưởng thành. Nhiều loài cá nước ngọt ở hạ lưu sông, đến thời kỳ sinh sản phải ngược dòng lên thượng lưu đẻ đẻ. Các loài tôm cua biển như cua xanh (*Scylla serrata*), tôm rảo (*Metapenaeus ensis*), tôm he (*Penaeus*) trong gần hết chu trình sống ở vùng nước nhạt ven bờ, chỉ khi sinh sản mới trở lại biển. Lối di chuyển để sinh sản này cũng có thể tiến hành theo mùa, Cua Viền đông (Liên Xô) *Paralithodes kanschatica* sống ở ven biển đến mùa đông phải xa ra bờ để tránh rét, có khi xa tới 200 km. Ngoài lối di chuyển theo chiều ngang, còn lối di chuyển theo chiều sâu.

2.2.2. Di chuyển ngày đêm

Là hiện tượng di chuyển đặc biệt trong đại dương của thủy sinh vật: hàng triệu tấn thủy sinh vật di chuyển đều đặn theo chiều thẳng đứng theo chu kỳ ngày đêm, xuống sâu hàng trăm mét ban ngày rồi lại nổi lên mặt ban đêm. Theo Bogorov (1965), trong các đại dương,

mỗi năm có tới hàng tỷ tấn thủy sinh vật tham gia vào cuộc di chuyển lớn này.

Di chuyển ngày đêm thấy ở cả các thủy vực nước ngọt và nước mặn, ở cá và động vật không xương sống, ở thực vật (tảo), cả trong tầng nước và trong đáy biển. Nhiều loại ấu trùng muỗi Chironomidae, giun ít tơ, thân mềm, giáp xác có thể xuống sâu tới 40cm dưới đáy bùn rồi lại lên mặt nền đáy theo ngày đêm. Nhưng hiện tượng di chuyển ngày đêm lớn nhất và được chú ý nhiều nhất là của sinh vật nổi ở đại dương và các hồ lớn trong tầng nước. Tham gia vào cuộc vận động này có nhiều thành phần thủy sinh vật: thực vật nổi, động vật nổi (ấu trùng cá, ấu trùng động vật không xương sống ở đáy, sứa, giáp xác, động vật nguyên sinh...)

Thủy sinh vật di chuyển có thể bằng cách vận động tích cực (giáp xác, cá, ấu trùng, côn trùng ở đáy) hay vận động thụ động. Các loại tảo do quang hợp trong cơ thể chứa đầy ô xy nên ban ngày nổi lên mặt, ban đêm chìm sâu xuống. Một số loài trùng lỗ sống nổi có tạo cộng sinh, vì nhờ lượng ô xy của chúng tiết ra trong quang hợp mà nổi lên mặt ban ngày, đêm lại chìm xuống khi ô xy đã sử dụng hết. Phạm vi di chuyển ngày đêm có thể từ vài mét tới vài trăm mét theo chiều thẳng đứng, tùy thuộc vào chế độ nhiệt độ, nồng độ muối, chế độ ô xy và độ lớn của cơ thể thủy sinh vật. Các loài Daphnia ở hồ Mendota (Mỹ) chỉ di chuyển trong khoảng 0.87m. Các loài Amphipoda ở hồ Baican có thể di chuyển trong khoảng 100-200m. Ở biển, phạm vi di chuyển có thể tới 500 m, thấy ở các loài *Calanus*, *Mysis*, *Euphansioidea*, giun nhiều tơ. Phạm vi di chuyển rất khác nhau đối với từng cá thể trong một loài.

Tốc độ di chuyển có thể từ vài mét/giờ tới hàng trăm mét/giờ. Giáp xác *Calanus finmarchicus* có tốc độ di chuyển chậm, chỉ 20-30cm/phút. Các giáp xác lớn như tôm có thể có tốc độ tới 500cm/phút.

Về nguyên nhân của hiện tượng di chuyển ngày đêm của thủy sinh vật có nhiều ý kiến chưa thống nhất. Có ý kiến cho rằng nguyên nhân là do sự biến đổi độ chiếu sáng ngày đêm và thủy sinh vật di chuyển theo tác động của quang hướng động và địa hướng động. Ở vùng cực ngày đêm không rõ rệt, không có hiện tượng này.

Càng về xích đạo, chu kỳ ngày đêm càng rõ rệt, hiện tượng di chuyển ngày đêm càng mạnh. Có tác giả cho hiện tượng di chuyển ngày đêm mang một ý nghĩa sinh học: thủy sinh vật nổi lên mặt nước để tìm thức ăn, chìm sâu xuống để tránh kẻ thù, để tự bảo vệ. Ánh sáng trong trường hợp này chỉ có tác dụng như một tín hiệu, chứ không phải là nguyên nhân trực tiếp. Dẫn chứng là ở thủy vực nông, thức ăn phân bố đồng đều, không thấy có hiện tượng di chuyển này. Lại có ý kiến cho rằng hiện tượng này có một nguyên nhân sinh hóa học: ánh sáng cần cho việc chuyển hóa vitamin A từ carotinoit, vì vậy thủy sinh vật phải di động lên mặt. Còn việc chìm xuống sâu là để tránh các tia sáng có hại như tia tử ngoại của ánh sáng mặt trời. Ý kiến này căn cứ vào quá trình tạo thành vitamin A lấy từ thực vật trong cơ thể các loài giáp xác *Euphausia* ở biển Viễn đông và Barents (Liên Xô). Những ý kiến khác lại cho rằng hiện tượng di chuyển ngày đêm là do sự thay đổi nồng độ muối, chế độ nhiệt độ, chế độ ô xy, CO₂ ở tầng mặt và tầng đáy thủy vực gây nên, như có tác giả cho rằng: nguyên nhân di chuyển là để tìm đến lớp nước có nhiệt độ cao để giúp cho hoạt động tiêu hóa được dễ dàng. Vì vậy khi lớp nước trên mặt lạnh đi cũng không có hiện tượng di chuyển nữa.

Ý kiến chung hiện nay cho rằng: hiện tượng di chuyển ngày đêm là do nhiều nguyên nhân quyết định, trong đó nguyên nhân sinh học phải coi là nguyên nhân chủ yếu. ánh sáng chỉ có thể coi như một tín hiệu, phù hợp với hiện tượng di chuyển ngày đêm trong từng trường hợp. Có những trường hợp nhịp điệu chiếu sáng không phù hợp hoàn toàn với nhịp điệu di chuyển ngày đêm: thủy sinh vật lên mặt nước khi mặt trời lặn, và chìm xuống sâu trước khi mặt trời mọc, không hoàn toàn phụ thuộc vào ánh sáng.

2.2.3. Di nhập vào thủy vực nội địa của thủy sinh vật biển

Hiện tượng di nhập của thủy sinh vật biển vào các thủy vực nội địa là hiện tượng di chuyển có chu kỳ hoặc không có chu kỳ, phổ biến trong thủy quyển, thấy ở vùng biển ôn đới cũng như nhiệt đới. Đây là hiện tượng các sinh vật biển chủ yếu là động vật, từ biển vào sông trong các thủy vực nước ngọt nội địa, tạm thời hoặc có thể vĩnh viễn không trở lại biển nữa.

Các thủy sinh vật có khả năng di nhập lớn là các loài có vỏ ngoài chắc, chống lại được sự thay đổi của môi trường nước về nhiều mặt, đồng thời lại phải có khả năng điều hòa thẩm thấu động, thích ứng với độ muối rộng, có khả năng di động tốt. Nhìn chung trong số động vật biển, các nhóm cá, giáp xác chân chèo, tôm cua, giun nhiều tơ là những nhóm động vật di nhập vào nước ngọt nội địa mạnh hơn cả. Các nhóm khác như ruột khoang, thân mềm, không có những đặc điểm trên, nên khả năng di nhập vào nước ngọt rất hạn chế.

Sinh vật biển di nhập vào nước ngọt nội địa do nhiều nguyên nhân: sinh sản, tìm thức ăn, trốn tránh kẻ thù hoặc do nguyên nhân ngẫu nhiên. Con đường di nhập thuận lợi và phổ biến nhất là qua các cửa sông, hoặc có thể qua các vùng nước lợ ven biển, nước ngầm ven biển, vào sâu trong nước ngọt nội địa có khi tới hàng trăm kilomet.

Quá trình di nhập vào nước ngọt nội địa là cả một quá trình tiến hóa lâu dài của mỗi nhóm sinh vật biển và có thể coi là một trong những con đường hình thành khu hệ thủy sinh vật nước ngọt từ khu hệ thủy sinh vật biển. Trong cả quá trình này, sinh vật biển thích ứng dần với điều kiện môi trường nước ngọt ở nhiều mức độ khác nhau. Căn cứ vào mức độ thích ứng, có thể chia các thủy sinh vật biển di nhập vào nước ngọt nội địa thành bốn nhóm:

- a) Nhóm di nhập tạm thời: gồm các loài chỉ du nhập vào nước ngọt trước thời kỳ sinh sản, hay trong thời kỳ sinh sản. Như vậy, chúng chỉ ở trong nước ngọt trong một giai đoạn nhất định của chu trình sống mà thôi, hết thời kỳ này, chúng lại trở về môi trường biển để hoàn thành nốt chu trình sống, nếu không trở lại được thì không thể tiếp tục phát triển trong môi trường nước ngọt được. Thuộc vào nhóm này có: nhiều loài cá di cư sinh sản từ biển vào nước ngọt (cá mè, cá chày, cá tầm), cua biển (*Scylla serrata*), nhiều loài tôm càng xanh tôm he, giun nhiều tơ (*Nephtys polybranchia*). Môi trường nước ngọt như vậy chỉ là môi trường sống tạm thời mà thôi.
- b) Nhóm di nhập thích ứng với nước lợ: gồm các sinh vật biển đã thích ứng tốt hơn với điều kiện nồng độ muối thấp hơn nồng độ muối hải dương, nhưng vẫn còn chưa tách biệt hẳn với đời sống nước mặn ở biển. Đây là các thủy sinh vật nước lợ, có thể sống

và sinh sản bình thường với điều kiện nước lợ và cả ở vùng nước ngọt tiếp cận, nhưng vẫn có thể sống được ở điều kiện nước mặn hải dương.

- c) Nhóm di nhập thích ứng với nước ngọt: đây là các sinh vật biển đã thích ứng hoàn toàn với điều kiện môi trường nước ngọt, sống và phát triển chủ yếu ở nước ngọt nội địa, tuy vẫn có khả năng sống cả ở nước lợ, nhưng không còn khả năng sống và phát triển ở nước mặn hải dương nữa.
- d) Nhóm di lưu: khác với các loài thuộc nhóm thứ ba, thường chỉ sống ở vùng nước ngọt gần biển, thể hiện còn ít nhiều quan hệ với môi trường sống gốc của mình, các loài thuộc nhóm này phân bố ở các vùng hoàn toàn cách biệt với môi trường nước biển, khác xa với môi trường sống ở biển. Điều này chứng tỏ các loài này đã hoàn toàn tách khỏi môi trường biển từ lâu đời.

Theo quy luật chung, càng đi về phía xích đạo, cường độ di nhập vào nước ngọt nội địa của sinh vật biển càng tăng, thể hiện ở thành phần loài di nhập phong phú hơn và phạm vi xâm nhập lớn hơn.

Hiện tượng xâm nhập vào nước ngọt nội địa của sinh vật biển cũng đã bước đầu được nghiên cứu ở Việt Nam. Thành phần loài sinh vật biển từ Vịnh Bắc Bộ di nhập vào các thủy vực nội địa Bắc Việt Nam qua các cửa sông và vùng nước lợ ven biển tương đối phong phú, gồm nhiều nhóm: giáp xác nhỏ, tôm, cua, giun nhiều tơ, sam, cá...

- Nhóm I (di nhập tạm thời) gồm nhiều loài giáp xác nhỏ nhóm Copepoda (*Acartia*, *Labidocera*, *Paracalanus*...), nhóm Cladocera (*Penilia avieostris*), tôm cua (họ Peneidae, và Portunidae), giun nhiều tơ (*Nephtys polybranchia*), sam, sứa, cá (cá mòi, cá chấy). Các loài này chủ yếu chỉ đi vào tới các vùng nước lợ ven biển và cửa sông, chỉ một số ít loài đi tới các vùng nước ngọt xa biển. Điểm xa nhất đối với các loài động vật không xương sống đã biết hiện nay là vùng sông Cầu thuộc Phú Bình (Thái Nguyên), cách xa biển tới 100 km ở đây đã tìm thấy giun nhiều tơ *Nephtys polybranchia*. Đối với các loài cá di cư - bọ thủy sinh vật có khả năng điều hòa thẩm thấu cao và di động giỏi, thì điểm di nhập vào nước ngọt xa nhất đã biết hiện nay là vùng Văn Yên (Yên Bái) trên sông

Hồng cách biển tới 400km, ở đây đã tìm thấy cá chấy (*Hilsa reevesii*) và Việt Trì trên sông Hồng, ở đây đã tìm thấy cá mòi (*Clupanodon punctatus*).

- Nhóm II (di nhập thích ứng với nước lợ) bao gồm các loài thuộc các nhóm: giáp xác, giun nhiều tơ, ốc, trai, chủ yếu sống và sinh sản ở vùng nước lợ cách biển khoảng 10-15km và vùng nước ngọt tiếp giáp với nước lợ thuộc vùng đồng bằng dưới (Hải Hưng, Thái Bình, vùng nam Hà Tây). Đây là các loài đặc trưng cho khu hệ thủy sinh vật nước lợ.
- Nhóm III (di nhập thích ứng với nước ngọt) chủ yếu sống ở nước ngọt vùng đồng bằng trên và dưới với các loài tiêu biểu là *Nammalycastis longicirris* (giun nhiều tơ), *Kamaka palmata* (Amphipoda). Cũng có thể thấy chúng ở vùng nước lợ có nồng độ muối thấp.
- Nhóm IV (di lưu) hiện nay mới chỉ thấy ở vùng núi Cao Bằng với đại diện là giun nhiều tơ *Caobangia billeti*, sống trong vỏ ốc vượn *Angulyagra duchieri* ở sông vùng này.

Phạm vi phân bố của các nhóm sinh vật biển di nhập vào các thủy vực nội địa miền Bắc Việt Nam được trình bày ở sơ đồ.

Nhìn sơ đồ có thể thấy phạm vi di nhập của các nhóm loài theo độ cao và độ xa so với biển tương ứng với mức độ phát triển tiến hóa trong quá trình di nhập: nhóm di nhập tạm thời, có khả năng thích ứng kém nhất với điều kiện nước ngọt, hiện nay chủ yếu di nhập vào nội địa trong phạm vi gần với biển (10-15km) và thấp so với mặt nước biển (1-2m). Nhóm di lưu có khả năng thích ứng cao với điều kiện sống nước ngọt, có thể là nhóm có lịch sử di nhập vào nước ngọt lâu nhất, có vị trí phân bố xa nhất (hàng trăm km) và cao nhất so với biển, cách biệt hoàn toàn với môi trường biển.

Hiện tượng di nhập vào nước ngọt nội địa của sinh vật biển thể hiện một mặt mối quan hệ giữa hai khu hệ thủy sinh vật cơ bản trong thủy quyển: nước ngọt và nước mặn. Về mặt thực tiễn, có thể coi đó là cơ sở của việc thuần hóa các sinh vật có giá trị kinh tế đưa vào gây nuôi ở các thủy vực nội địa.

VI. PHÂN BỐ ĐỊA SINH VẬT CỦA THỦY SINH VẬT

Phân bố địa sinh vật (biogeographic distribution) cũng là một đặc trưng phân bố của thủy sinh vật, bên cạnh phân bố theo các thủy vực. Phân bố địa sinh vật của thủy sinh vật cũng tuân theo những quy luật chung của sinh vật trên trái đất, song cũng có những đặc điểm riêng rất khác với sinh vật ở cạn, có mối quan hệ chặt chẽ với quy luật phân bố của các thủy vực (đại dương, biển, các lưu vực sông), với giới hạn phân bố là giới hạn phân chia các yếu tố sinh thái của môi trường nước (nhiệt độ, độ mặn, dòng chảy, địa hình đáy...)

Mặt khác, do đặc tính khác nhau về sinh thái - sinh học, nguồn gốc hình thành, nên quy luật phân bố của thủy sinh vật nước ngọt trên lục địa cũng có sai khác so với thủy sinh vật các đại dương. Thủy sinh vật trên lục địa thường có phân bố gắn với sự phân bố các lưu vực sông trên các lục địa, còn phân bố của thủy sinh vật biển, đại dương phụ thuộc vào sự sai khác về các yếu tố hải dương học của các vùng biển, nhiều khi có ranh giới không thật xác định và không thật ổn định.

Phân bố địa sinh vật của thủy sinh vật cũng tuân theo những nguyên tắc và sử dụng các khái niệm chung của địa sinh vật học.

- a) Về phân vùng địa đới, trên cơ sở phân chia các đới khí hậu, phân bố thủy sinh vật cũng theo các miền Bona phân bố từ bắc xuống nam: Miền cực (nhiệt độ mùa hè trung bình cực đại từ $0-10^{\circ}\text{C}$), miền cận cực bắc và nam ($10-15^{\circ}\text{C}$), miền ôn đới ($15-20^{\circ}\text{C}$), miền nhiệt đới ($20-30^{\circ}\text{C}$). Một số tác giả (Hayden, Qay, Dolan, 1983) lại dựa trên hệ dòng chảy tầng mặt để phân vùng địa sinh vật đại dương: Miền I: Dòng hướng đông biên đới; Miền II: Dòng yếu và thay đổi; Miền III: Dòng hướng xích đạo, hướng tây, hướng cực; Miền IV: Dòng hướng tây và xích đạo; Miền V: Dòng gió mùa.
- b) Trong phân bố địa sinh vật học thủy sinh vật cũng xác định các địa sinh vật cơ bản như: yếu tố phân bố toàn cầu (cosmopolitan); yếu tố địa đới (climatic) như: ôn đới, cận nhiệt đới, nhiệt đới...; yếu tố địa lý (geographic) như: Tây Thái Bình Dương, Đại Tây Dương, Địa Trung Hải, Ấn Độ - Mã Lai, Đông Dương...

- c) Trong phân vùng địa sinh vật thủy sinh vật cũng sử dụng hệ thống đơn vị phân vùng chung, bao gồm: vùng (regio), liên vùng (super-regio), phân vùng (subregio), tiểu vùng (provincia). Và nguyên tắc phân vùng cũng dựa trên sự tương đồng các yếu tố địa sinh vật trong cấu trúc địa sinh vật, đặc biệt là các yếu tố đặc hữu (endemism range), độ đặc hữu (endemism degree) để xác định vị trí các đơn vị phân vùng địa sinh vật cho một vùng phân bố thủy sinh vật.
- d) Về phương pháp, cũng thực hiện theo các công đoạn: phân tích cấu trúc địa sinh vật, xác định các yếu tố địa sinh vật và tỷ lệ trong thành phần khu hệ thủy sinh vật nghiên cứu, phân tích quan hệ địa sinh vật với các vùng lân cận, trên cơ sở này xác định vị trí của vùng nghiên cứu trong hệ thống phân vùng địa sinh vật hiện có.

1. Phân bố địa sinh vật của thủy sinh vật biển

Do đặc điểm của biển và các đại dương có diện tích và độ sâu rất lớn, vì vậy sự phân bố địa sinh vật của sinh vật biển không chỉ theo chiều dài và rộng về không gian mà còn theo chiều sâu. Vì vậy, phân vùng địa sinh vật của thủy sinh vật biển mang tính chất phân vùng 3 chiều (3-dimensional), khác với thủy sinh vật trên lục địa chỉ là 2 chiều (2-dimensional). Cho tới nay, phân vùng địa sinh vật biển chủ yếu mới được nghiên cứu ở vùng biển ven bờ, thềm lục địa. Đối với vùng biển sâu, có những sai khác hơn so với vùng ven bờ về phân bố thủy sinh vật, vì vậy chỉ mới có được những nhận xét khái quát, do chưa có được cơ sở dữ liệu đầy đủ về tình hình phân bố thủy sinh vật biển sâu, mặt khác, còn có những khó khăn tồn tại về quan niệm cũng như phương pháp nghiên cứu địa sinh vật biển sâu.

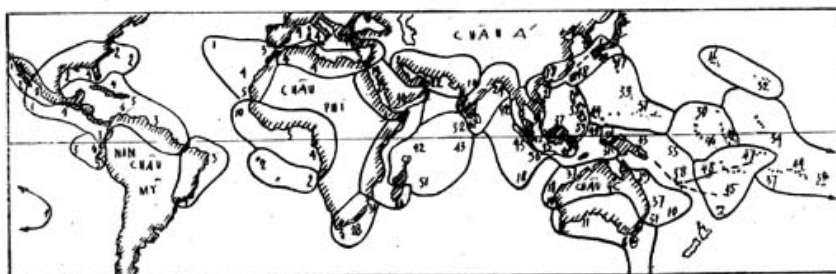
Phân vùng sinh vật đại dương đã được các tác giả nghiên cứu từ cuối thế kỉ XIX. Các tác giả đi đầu trong lĩnh vực này có thể kể Odum, M. Edwards, Schmarda (1859), Forbes (1856), Woodward (1856), Zernov, Deriughin (1885-1915), Ortman (1896), đã đặt cơ sở lý luận, nêu lên những quy luật chung của phân vùng địa sinh vật biển và phân vùng địa sinh vật học nói chung. Sang thế kỷ XX, nghiên cứu phân vùng địa sinh vật biển tiếp tục được triển khai với nội dung chi tiết hơn, đi sâu về phương pháp và những công trình cụ thể của đại dương. Về phân vùng thực vật đại dương có thể đến các

công trình của Setchell (1915-1920), Zinova (1962), Tseng (1963), Perestenko (1982). Về phân vùng động vật đại dương, có những công trình rất cơ bản của Ekman (1953), Gurianova (1957-1972), Briggs (1974) và những nghiên cứu chuyên đề của nhiều tác giả khác, như Zevina (1970-1977), Golikov (1974-1982), Makridin (1965-1968), Trương Tỷ (1963)...

Hệ thống phân vùng sinh vật đại dương cơ bản nhất, có nhiều ảnh hưởng nhất là của Ekman (1953). Vận dụng nguyên tắc phân vùng sinh thái cảnh quan, đặc biệt là điều kiện nhiệt độ nước biển, phân tích sự phân bố động vật chủ yếu là trên thềm lục địa, tác giả này đã phân chia đại dương toàn cầu thành các miền (zona) tương ứng với các đới khí hậu: miền nhiệt đới, ôn đới - nhiệt đới, ôn đới - hàn đới (cận cực), bắc cực và nam cực. Ranh giới các miền được xác định bằng các đường đẳng nhiệt (mùa hè và mùa đông). Ở bắc bán cầu, miền nhiệt đới (bao gồm cả vùng cận nhiệt đới) đường đẳng nhiệt nằm dưới 20°C mùa đông. Miền này được chia thành 2 vùng (regio) Ấn Độ Dương - Tây Thái Bình Dương và Đại Tây Dương - Đại Tây Dương - Đông Thái Bình Dương với 2 phân vùng (Subregio): Trung Mỹ và Tây Phi. Miền ôn đới bao gồm cả vùng cận cực - có ranh giới trên là đường đẳng nhiệt $5^{\circ}\text{--}7^{\circ}\text{C}$. Miền này được chia thành các vùng: Địa Trung Hải - Đại Tây Dương và Bắc Đại Tây Dương. Phía trên ranh giới $5^{\circ}\text{--}7^{\circ}\text{C}$ là miền bắc cực, với đường đẳng nhiệt 0°C phân ra 2 phân vùng: Bắc cực trên và Bắc cực dưới. Ở Nam bán cầu, cũng có hệ thống phân vùng như ở bắc bán cầu.

Dựa trên cơ sở hệ thống phân vùng Ekman, Gurianova (1957-1972) đã có những bổ sung, điều chỉnh ranh giới và đề xuất hệ thống phân vùng địa động vật hải dương cho vùng thềm lục địa bắc bán cầu, bao gồm 7 vùng: I. Vùng bắc cực, II. Vùng cận cực bắc Đại Tây Dương, III. Vùng cận cực bắc Thái Bình Dương, IV. Vùng nhiệt đới Trung Mỹ, V. Vùng nhiệt đới Tây Phi, VI. Vùng địa Trung Hải, VII. Vùng Ấn Độ - Tây Thái Bình Dương.

Về phân vùng địa sinh vật đại dương toàn cầu, cũng có thể kể hệ thống phân vùng của Schider (1938, 1939) dựa trên phân bố của ốc Cypraeidae phân chia vùng nhiệt đới đại dương thành 6 Tiểu vùng các vùng (region), trong đó có Tiểu vùng Ấn Độ Thái Bình Dương (Indopacific) bao gồm cả vùng Biển Đông (hình 4.20).



Hình 4.20. Sự phân bố số lượng các loài và phân loài thuộc họ Cypraeidae (Gastropoda) theo những vùng khác nhau của vùng nhiệt đới

(theo F. A. a. M. Schider, 1938). Các đường - - chỉ vị trí của cung đảo tây Thái Bình dương.

Phân vùng địa thực vật đại dương còn ít được nghiên cứu hơn. Có thể kể các hệ thống phân vùng của Setchell (1915-1917) và Zinova (1962) làm ví dụ. Setchell phân chia đại dương thành 9 đới (zona) khí hậu, tương ứng với các miền đại thực vật đại dương. Các miền lại phân thành các vùng (regio): cận cực, ôn đới bắc, cận nhiệt đới, nhiệt đới với các ranh giới là các đường đẳng nhiệt tương ứng

Hệ thống phân vùng của Zinova (1962) khác với Setchell, tác giả này phân vùng chi tiết hơn, căn cứ vào phân bố của rong biển ở vùng triều và dưới triều, chia thành 5 miền: 2 miền cực nam và bắc, 2 miền cận cực nam và bắc, một miền nhiệt đới. Trong mỗi miền lại phân chia thành phụ miền, như: phụ miền cực trên và phụ miền cực dưới, phụ miền cận nhiệt đới... Ngoài ra giữa miền và phụ miền, có thể còn có gian miền (interzona) như: gian miền cực - cận cực.

1.1. Phân vùng địa sinh vật vùng Tây Thái Bình dương và Biển Đông

Vùng Biển Đông (Biển Nam Trung Hoa) và vùng Tây Thái Bình Dương đã được nghiên cứu phân vùng địa sinh vật khá sớm. Trong các công trình kinh điển của Forbes (1856) và Woodward (1856), vùng biển Nam Trung Hoa đã được đặt vào Tiểu vùng Ấn Độ - Thái Bình Dương, và cả 2 tác giả này cũng đưa ranh giới phía bắc của Tiểu vùng này lên phía nam Triều Tiên. Sau này Ekman (1935, 1953) vẫn giữ nguyên cách phân vùng với ranh đó, song nâng Tiểu vùng này lên bậc Vùng và đổi tên thành vùng Ấn Độ - Tây Thái Bình Dương, rồi sau đó lại lên Tổng vùng (mainregion) (Liên

Vùng). Đáng chú ý là các tác giả nói trên, cũng như một số nhà hải dương học Pháp sau này như Dawydoff (1882) đều coi vùng biển ven bờ Đông Dương (bao gồm vùng biển Việt Nam) đồng nhất về mặt địa sinh vật, không có cơ sở nào để tách vùng này thành các đơn vị phân vùng riêng biệt. Bên cạnh đó lại có ý kiến khác về địa sinh vật vùng biển ven bờ Đông Dương như của Krempf (1926-1929). Căn cứ vào đặc trưng thủy học của vùng biển này, với hệ dòng chảy từ Vịnh Bắc Bộ đưa nước nhạt và đục chảy dọc ven bờ xuống tới mũi Varella ($12^{\circ}55'N$), trong khi ở Vịnh Thái Lan lại có hoàn lưu nước gần như tĩnh (quasistationaire), tác giả này cho rằng các vùng thủy học khác nhau như vậy cũng có thành phần loài động vật biển khác nhau và phải coi là các Tiểu vùng độc lập về địa sinh vật. Quan điểm của Krempf về sự sai khác giữa khu hệ động vật ven bờ Đông Dương cũng được một số tác giả sau này tán thành.

Về phân vùng địa sinh vật vùng Biển Đông, cũng cần nói đến các công trình nghiên cứu của các tác giả Trung Quốc. Dựa trên dẫn liệu về thành phần loài và sự phân bố của Bivalvia (8 họ Mytilidae, Pinnidae, Ostreidae, Veneridae, Cardidae, Soleidae, Pholadidae và Gastropoda (Cypracidae), Trương Tỷ và các tác giả khác (1963) đã phân biệt 3 yếu tố địa sinh vật biển của động vật thân mềm trong vùng biển Trung Quốc: 1. Các loài cận cực và Bắc Thái Bình Dương phân bố ở Bột Hải và Hoàng Hải; 2. Các loài Ấn Độ - Tây Thái Bình Dương - ở ven bờ Đông Hải và Nam Hải; 3. Các loài đặc hữu của biển Nam Nhật Bản và Trung Quốc. Sự phân bố của 3 thành phần trai ốc biển nói trên cũng tương ứng với sự phân chia vùng biển Trung Quốc thành 3 khu vực sinh thái biển; vùng biển ôn đới ở phía bắc, biển cận nhiệt đới ở miền trung và biển nhiệt đới ở phía nam. Trên cơ sở phân tích các yếu tố địa sinh vật về nguồn gốc động vật thân mềm biển, sự phân chia các vùng sinh thái biển, quan hệ sinh vật với các vùng biển lân cận và tỷ lệ loài đặc hữu, các tác giả trên đã đề xuất hệ thống phân vùng địa sinh vật phía đông Châu Á, bao gồm 3 phân vùng: 1. Phân vùng Viễn Đông (Bột Hải - Hoàng Hải) thuộc vùng cận cực Bắc Thái Bình Dương; 2. Phân vùng Trung Hoa - Nhật Bản (Đông Hải, Biển Nam Nhật Bản, Vịnh Bắc Bộ); 3. Phân vùng Ấn Độ - Mã Lai (Biển Nam Hải); hai phân vùng 2 và 3 thuộc vùng Ấn Độ - Tây Thái Bình Dương (hình 4.21).

Nhận xét về hệ thống phân vùng trên đây của các tác giả Trung Quốc, Gurianova (1972) cho rằng việc xác lập phân vùng Trung

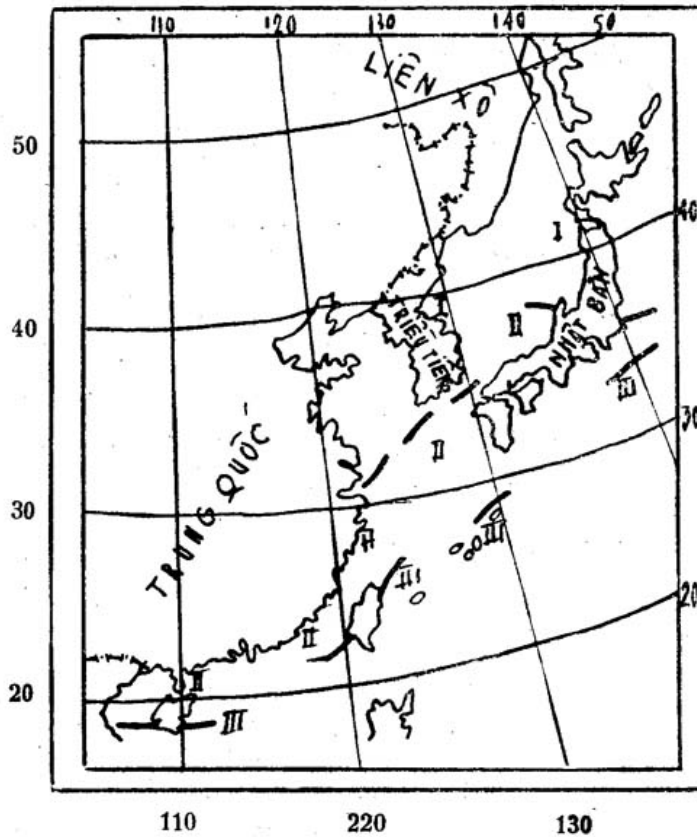
Hoa - Nhật Bản với ranh giới xác định về phía nam (ngang vĩ độ 17^0N) là xác đáng, tuy rằng các tác giả chưa phân tích đầy đủ các yếu tố đặc hữu, chưa chú ý đến các bậc đặc hữu cao (giống, họ) cũng như các loài đặc hữu riêng cho biển Trung Quốc.

Trên cơ sở dẫn liệu mới, kết quả điều tra khảo sát Vịnh Bắc Bộ và đảo Nam Hải trong thời gian 1959-1964, Gurianova tán thành hệ thống phân vùng của tác giả Trung Quốc, song đưa ranh giới phía nam của phân vùng Trung Hoa - Nhật Bản dịch xuống phía nam với mũi Varella ($12^055'\text{N}$). Mặt khác, tác giả này xác lập Tiểu vùng Hải Nam, thuộc Phân vùng Trung Hoa - Nhật Bản, bao gồm cả phần ven bờ phía nam Đông Hải, phía Bắc Nam Hải - Trung Quốc, Vịnh Bắc Bộ cho tới mũi Varella. Tiểu vùng Hải Nam có thể phân thành 2 tiểu khu: Tiểu khu Hải Nam - Trung Quốc và Tiểu khu Hải Nam - Việt Nam, ranh giới là vĩ tuyến 17^0N . Phần phía nam Hải Nam và Vịnh Bắc Bộ, tới Hoàng Sa - Trường Sa thuộc phân vùng Ấn Độ - Mã Lai.

Starobogatov (1972) dựa trên các dẫn liệu về thành phần loài và phân bố khu hệ của biển vùng Đông Nam Á đã bác bỏ hệ thống phân vùng của các tác giả Trung Quốc. Tác giả này cho rằng có sự sai khác trong phân vùng địa sinh vật vùng triều và dưới triều. Đối với vùng triều, vùng biển phía đông châu của Châu Á chỉ có 2 Phân vùng: Trung Hoa - Nhật Bản và Ấn Độ - Mã Lai; trong đó vùng biển ven bờ Trung Quốc - Việt Nam có thể chia thành 3 tiểu vùng: Phúc Kiến, Hải Nam và Xiêm (Vịnh Thái Lan); với ranh giới từ phía nam tỉnh Phúc Kiến (Trung Quốc) tới cửa sông Mekong. Còn với động vật dưới triều, có thể có 2 Phân vùng: Hoàng Hải cận nhiệt đới và Malaysia Polynesia nhiệt đới, ranh giới nằm ở cửa sông Dương Tử.

Briggs (1974) dựa trên dẫn liệu nghiên cứu về cá ở các khu vực trong vùng biển này lại đưa tất cả vùng biển ven bờ Việt Nam, Nam Trung Quốc cho tới Hồng Kông vào Tiểu vùng Indo - Polynesia thuộc vùng Việt Nam Ấn Độ - Tây Thái Bình Dương. Tuy nhiên, các tác giả này hầu như không biết đến các dẫn liệu của vùng ven bờ Đông Dương và Vịnh Bắc Bộ Việt Nam. Quan điểm này của Briggs đã được Latypov và Malioutin (1991) phát triển, căn cứ trên các dẫn liệu rất đầy đủ về san hô ở vùng biển này. Các tác giả này cho rằng: toàn vùng biển ven bờ Việt Nam từ Vịnh Bắc Bộ tới Vịnh

Thái Lan phải coi là một đơn vị phân vùng đồng nhất thuộc tiểu vùng Indo - Polynesia nằm trong vùng Ấn Độ - Tây Thái Bình.



Hình 4.21. Phân vùng địa động vật thuộc vùng biển Trung Hoa
(theo nhà nghiên cứu động vật thân mềm Trung Quốc Trương Tỷ, 1939).

- I. Vùng Viễn Đông thuộc vùng cận cực Bắc Thái Bình dương
- II. Vùng Trung Hoa - Nhật bản phụ cận vùng Ấn Độ - Tây Thái Bình dương.
- III. Vùng Ấn Độ - Mã Lai phụ cận vùng Ấn Độ - Tây Thái Bình dương

1.2. Về cấu trúc địa sinh vật biển ven bờ Việt Nam

Vấn đề địa sinh vật biển Việt Nam và Biển Đông đã được nhiều nhà nghiên cứu Việt Nam và nước ngoài quan tâm trong các công trình điều tra thống kê sinh vật biển từ đầu thế kỷ XX (Krempf, 1926-

1929; Dawydov, 1952; Gurianova, 1972; Latypov, Malioutin, 1991; Nguyễn Nhật Thi, 1973; Nguyễn Khắc Hường, Nguyễn Xuân Dục, 1994; Nguyễn Văn Tiến, 1994 và các tác giả khác...) Do kết quả điều tra thống kê còn hạn chế, mặt khác, do tính chất đa dạng, phức tạp của thành phần loài sinh vật biển Việt Nam, nên cho tới nay, có những vấn đề còn có nhiều ý kiến khác nhau, hoặc chưa được giải quyết thật đầy đủ. Tuy nhiên, với những tư liệu hiện có, đã có thể xem xét và có một số nhận xét bước đầu về cấu trúc địa sinh vật biển ven bờ Việt Nam và ở phía tây Biển Đông.

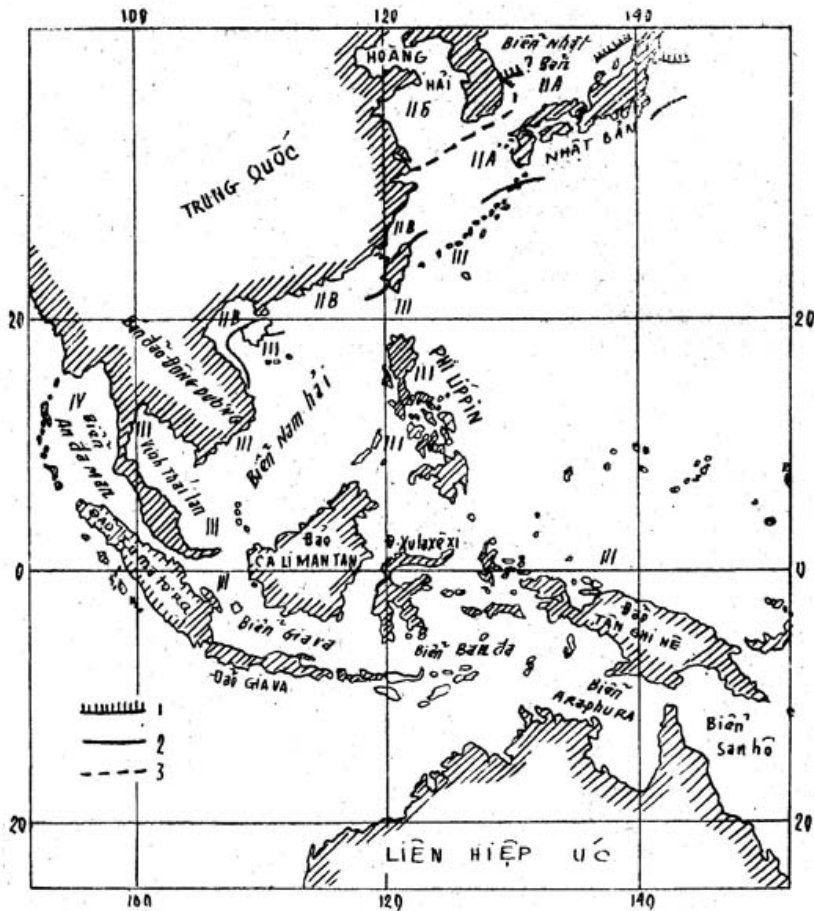
Tư liệu về địa sinh vật biển có thể thấy trong các kết quả điều tra nghiên cứu nhiều nhóm động vật, thực vật biển ven bờ trên phạm vi toàn vùng biển hoặc trong từng khu vực biển. Do tình hình điều tra thống kê ở các khu vực biển cũng như ở các nhóm sinh vật biển không đều, vì vậy nhìn chung cho tới nay, tư liệu về vùng biển phía bắc có nhiều hơn so với vùng biển phía nam.

Dựa trên tư liệu về thành phần loài và phân bố các nhóm động vật không xương sống biển, từ kết quả điều tra khảo sát Vịnh Bắc Bộ trong Chương trình hợp tác Việt Xô (1960-1961) và của các tác giả trước đó (Serène, 1937; Dawydov, 1952), Gurianova đã đưa ra ý kiến đầu tiên khá toàn diện về cấu trúc địa động vật biển ven bờ Vịnh Bắc Bộ có thể xác định các yếu tố địa sinh vật biển sau:

1. Yếu tố Liên Ấn Độ - Tây Thái Bình Dương (Pan Indowest pacific)
2. Yếu tố Tây Thái Bình Dương (West pacific hay Philippin - Malaysia)
3. Yếu tố Đại Tây Dương - Ấn Độ Dương (Atlantico - Indian)
4. Yếu tố Trung Hoa - Nhật Bản (Sino - Japanese)
5. Yếu tố Đại Tây Dương - Địa Trung Hải (Atlantico-Mediterranean)
6. Yếu tố Trung Hoa - Việt Nam (Sino - Vietnamese)
7. Yếu tố đặc hữu của biển Việt Nam (Endemic)

Tác giả này cũng còn nói rõ thêm về phạm vi phân bố của một số yếu tố, như các yếu tố 4 và 6, chủ yếu phân bố từ biển Nam Nhật Bản, biển Nam Trung Quốc tới biển Việt Nam. Cũng theo tác giả

này, trong vịnh Bắc Bộ, hai yếu tố 1 và 2 là chiếm ưu thế. Có thể thấy rằng những ý kiến trên của Gurianova là rất cơ bản cho việc xác định cấu trúc địa sinh vật Vịnh Bắc Bộ, song cũng cần được xem xét thêm, do chỗ tư liệu về thành phần loài các nhóm sinh vật biển và sự phân bố của tác giả và các tác giả khác được sử dụng trong công trình nghiên cứu này vào thời gian đó còn rất hạn chế. Mặt khác, việc phân chia các yếu tố địa sinh vật trên đây của tác giả cũng cần được bàn luận thêm, vì dường như chưa phù hợp với Hệ thống phân vùng địa sinh vật phổ biến cho vùng biển này, đã được nhiều người và cả chính tác giả sử dụng. Điều đáng chú ý, theo tác giả, là yếu tố đặc hữu cho vùng biển này rất ít thấy.



Hình 4.22. Phân vùng địa động vật thêm lục địa vùng bờ Châu Á Thái Bình dương

I. Vùng phụ cận Viễn Đông của vùng bờ bắc Thái Bình dương thuộc bắc cực;

II. Vùng phụ cận Trung Hoa - Nhật Bản thuộc vùng Tây Thái Bình dương thuộc vùng nhiệt đới Ấn Độ - Tây Thái Bình dương: A- Miền nam Nhật Bản; B- Miền Hoàng Hải; B- Vùng Hải Nam; III. Vùng phụ cận Mã Lai thuộc Tây Thái Bình dương thuộc vùng nhiệt đới Ấn Độ - Tây Thái Bình dương;

IV. Vùng chuyển tiếp giữa vùng Tây Thái Bình dương và Ấn Độ thuộc vùng nhiệt đới Ấn Độ - Tây Thái Bình dương: 1- Giới hạn giữa vùng phụ cận ven bờ Viễn Đông và vùng nhiệt đới Tây Thái Bình dương; 2- Giới hạn giữa vùng phụ cận Trung Hoa - Nhật Bản và Mã Lai; 3- Giới hạn giữa miền Hoàng Hải và Nam Nhật Bản.

Tư liệu về sinh vật biển Việt Nam còn có ở một số công trình điều tra nghiên cứu từng nhóm động vật, thực vật biển. Theo Besednov (1967), trong thành phần loài cá Vịnh Bắc Bộ có tới 64% số loài là chung với biển Nam Nhật Bản, tới 85% là chung với vùng Tây bắc Biển Đông. Các dẫn liệu của Nguyễn Nhật Thi (1973) cũng cho thấy tình hình tương tự. Điều này cho thấy ở các vùng biển nói trên có cùng một yếu tố địa sinh vật, và theo ý chúng tôi, có thể là yếu tố Trung Hoa - Nhật Bản, và theo ý chúng tôi, có thể yếu tố Trung Hoa - Nhật Bản thường chiếm ưu thế trong sinh vật biển các vùng biển này. Đáng chú ý là số lượng loài của các họ cá nhiệt đới tiêu biểu ở Vịnh Bắc Bộ, thuộc yếu tố Ấn Độ - Mã Lai, lại ít hơn hẳn (158 loài) so với các vùng biển phía nam Indonexia, Malaysia (348 loài). Theo Nguyễn Khắc Hường (1987), trong thành phần loài cá trích ở Vịnh, có ít nhất 4 yếu tố địa động vật: yếu tố Liên Ấn Độ - Tây Thái Bình Dương, Ấn Độ - Mã Lai, Địa Trung Hải - Đại Tây Dương, Trung Hoa - Nhật Bản. Cũng theo tác giả này, có tới 79% số loài cá sụn trong Vịnh chung với vùng biển Indonesia, Malaysia. Trên phạm vi toàn vùng biển, các kết quả điều tra nghiên cứu các nhóm Thân mềm, Tôm biển trong thời gian gần đây cũng cho thấy hình ảnh tương tự về cấu trúc địa sinh vật của các nhóm động vật này. Như trong thành phần động vật Chân đầu (Mực) biển Việt Nam, ngoài các yếu tố: Trung Hoa - Nhật Bản (33,9%), Ấn Độ - Mã Lai (26,4%) và yếu tố đặc hữu của Việt Nam (3,7%).

Từ những tư liệu trên đây, bước đầu có thể nêu một số nhận xét sau.

1. Cấu trúc địa sinh vật của biển Việt Nam là đa dạng, bao gồm nhiều yếu tố: Liên Ấn Độ - Tây Thái Bình Dương, Tây Thái Bình Dương, Đại Tây Dương - Ấn Độ Dương, Trung Hoa - Nhật Bản, Ấn Độ - Mã Lai, đặc hữu của biển Việt Nam...
2. Trong thành phần yếu tố địa sinh vật của biển Việt Nam, các yếu tố chiếm đa số loài là các yếu tố phân bố rộng trong vùng Ấn Độ, Tây Thái Bình Dương, và các yếu tố mang tính địa phương (Trung Hoa - Nhật Bản và Ấn Độ - Mã Lai). Điều đáng lưu ý là hai yếu tố địa phương này có vị trí khác nhau trong cấu trúc địa sinh vật mỗi khu vực biển Việt Nam. Nếu ở vùng biển phía bắc (Vịnh Bắc Bộ) yếu tố Trung Hoa - Nhật Bản chiếm ưu thế thì ở vùng biển phía nam (biển Nam Trung Bộ - Nam Bộ) yếu tố Ấn Độ - Mã Lai lại chiếm ưu thế trong thành phần loài. Sự sai khác này giữa 2 vùng biển Bắc và Nam Việt Nam, cả về số lượng cũng như thành phần phân loại, và nhất là về đặc tính địa sinh vật biển đã tạo nên một hình thái phân bố Bắc - Nam rất đặc trưng của sinh vật biển ven bờ Việt Nam.
3. Yếu tố đặc hữu của vùng biển Việt Nam, cho tới nay chưa thấy có vị trí quan trọng trong cấu trúc địa sinh vật biển Việt Nam, với số loài rất ít thấy ở các nhóm sinh vật biển. Điều này có thể liên quan tới lịch sử hình thành biển Việt Nam còn chưa lâu, chỉ mới từ Pleistocen (Sinitsyn, 1962).

Cùng với sự đa dạng về thành phần loài, với số lượng loài phong phú ở các nhóm sinh vật biển, đặc biệt là cá biển, trai ốc, giun biển, san hô, rong biển, cỏ biển... sự đa dạng về thành phần các yếu tố địa sinh vật biển cũng có thể coi là một thể hiện tính đa dạng sinh học của vùng biển Việt Nam.

2. Phân bố địa sinh vật của thủy sinh vật nước ngọt nội địa

Thủy sinh vật nước ngọt nội địa được coi như là một bộ phận của sinh vật trên lục địa, vì vậy về mặt phân bố địa sinh vật, nhìn chung, cũng tuân thủ những quy luật chung như các thành phần sinh vật lục địa khác. Sai khác chủ yếu ở chỗ ranh giới phân bố ở thủy sinh vật

phụ thuộc vào các lưu vực sông, với những đặc điểm điều kiện tự nhiên khác nhau, phân cách bởi các đường phân thủy.

Về các yếu tố địa sinh vật, ở thủy sinh vật nước ngọt nội địa cũng phân biệt các yếu tố phân bố toàn cầu, yếu tố địa đới, yếu tố địa lý, yếu tố đặc hữu như ở thủy sinh vật biển. Do độ sâu các thủy vực nước ngọt thường không lớn như ở biển và đại dương, nên trong phân vùng địa sinh vật thủy sinh vật nước ngọt nội địa không có khác nhau ở sự phân vùng ven bờ và vùng sâu như ở đại dương. Các yếu tố địa lý của thủy sinh vật nước ngọt thường dùng là các yếu tố địa sinh vật sử dụng cho sinh vật ở cạn như: yếu tố Cổ Bắc (Palearctic), Tân bắc (Neoarctic), Trung - Ấn (Sino-Indian), Ấn Độ - Mã Lai (Indomalaisian) hay Đông Phương (Oriental Region)...

2.1. Phân vùng địa sinh vật nước ngọt vùng Đông Phương

Vấn đề phân bố thủy sinh vật nước ngọt vùng Đông Phương đã được một số tác giả nghiên cứu, chủ yếu dựa trên sự phân bố của cá nước ngọt và trai ốc nước ngọt (Berg, 1933, 1948, 1949; Mori, 1939, Starobogatov, 1970...). Đây là vùng phân bố rộng lớn ở phía đông Châu Á, đi từ Trung Quốc, Nhật Bản ở phía bắc tới Đông Dương, Indonesia, Malaysia ở phía nam, và Ấn Độ ở phía đông. Về mặt điều kiện tự nhiên, vùng này đặc trưng bởi chế độ khí hậu nhiệt đới và cận nhiệt đới bắc bán cầu. Về mặt thủy văn, vùng này bao gồm các thủy vực thuộc hệ thống sông Trường Giang, Tây Giang (Trung Quốc), Sông Hồng, Sông Mekông (Đông Dương), các sông vùng đảo Indonesia, Malaysia, Philippin... các sông vùng Ấn Độ. Ranh giới phía đông nam của vùng này thường được coi là đường Wallace, vạch giữa đảo Kalimantan và đảo Celebes phân chia vùng Đông Phương (Ấn Độ - Mã Lai) với vùng Australia. Khu hệ thủy sinh vật nước ngọt vùng này mang tính chất thủy sinh vật nhiệt đới và cận nhiệt đới phía đông - đông nam Châu Á tiêu biểu.

Ý kiến khác nhau về phân vùng địa lý sinh vật vùng Đông Phương chủ yếu sự phân chia các phân vùng nhỏ trong vùng này. Tuy nhiên, nhìn chung, đa số tác giả đều cho rằng có thể xác định 2 phân vùng chủ yếu trong vùng này là phân vùng Trung Hoa - Nhật Bản ở phía bắc mang tính chất cận nhiệt đới. Và phân vùng Ấn Độ - Mã lai mang tính chất nhiệt đới tiêu biểu, với các tập hợp loài đặc trưng ở phía nam.

Hệ thống phân vùng Đông Phương (theo Berg, Mori, Starobogatov):

Theo Berg, L.S. (1933, 1948, 1949):

Các phân vùng (subregion)

1. Phân vùng Amua
2. Phân vùng Trung Hoa
3. Phân vùng Ấn Độ (Đông Dương, Ấn Độ, Malaysia)

Theo Mori, T. (1939):

1. Phân vùng Đông Dương
 - a) Khu Hoa Nam
 - b) Khu Đài Loan
 - c) Khu Hải Nam

Theo Starobogatov, J.I. (1970):

1. Phân vùng Amua - Nhật Bản
2. Phân vùng Trung Hoa
3. Phân vùng Ấn Độ - Mã Lai

2.2. Đặc tính và quan hệ địa sinh vật của thủy sinh vật nước ngọt nội địa Việt Nam

Kết quả phân tích cấu trúc địa sinh vật của thủy sinh vật nội địa Việt Nam trên đây là căn cứ để có thể bàn luận và xác định đặc tính cũng như quan hệ địa sinh vật của các thủy sinh vật các thủy vực nội địa Việt Nam, dựa trên thành phần chủ yếu: tảo nước ngọt, cá nước ngọt và các động vật ngoài cá. Trong vấn đề này, sự phong phú hay nghèo nàn của các yếu tố địa sinh vật, liên hệ với đặc trưng về địa lý khí hậu, thủy văn là nhân tố cơ bản thể hiện đặc tính cũng như mối quan hệ địa sinh vật của vùng nghiên cứu với các vùng địa sinh vật lân cận.

Trong cấu trúc địa sinh vật các thành phần thủy sinh vật Việt Nam, có thể xác định các yếu tố địa sinh vật sau đây, ở cả tảo nước ngọt, cá nước ngọt và động vật ngoài cá

a. Yếu tố phân bố rộng toàn cầu hoặc trong vùng Đông Phương (Vùng Trung - Ấn)

Yếu tố này chiếm ưu thế tuyệt đối trong các nhóm *Rotatoria*, rất phổ biến ở giáp xác *Cyclopoida*, *Cladocera* (trên 70% số loài). Ở trai ốc thành phần này ít hơn nhiều, và không thấy có trong các nhóm tôm cua, *Copepoda*, *Calanoida*, *Amphipoda*. Yếu tố phân bố rộng cũng gặp nhiều trong tảo nước ngọt (30-40%) và chỉ dưới 1% ở cá nước ngọt.

b. Yếu tố ôn đới - cận nhiệt đới. Các loài chung với vùng Trung Hoa - Nhật Bản

Có thể coi thành phần các loài phương Bắc hay các loài nước lạnh là yếu tố chiếm ưu thế ở miền Bắc Việt Nam, trong nhóm giáp xác *Clanoida* tới 80%, ở các trai ốc tới 30%, khoảng 20% ở cá nước ngọt và cũng với một tỷ lệ đáng kể ở tảo nước ngọt. Đáng chú ý là trong các yếu tố này, các loài chung của Hoa Nam - Bắc Việt Nam chiếm một tỷ lệ khá lớn, ở các nhóm động vật như cá ở cá nước ngọt tới trên 50%. Điều này nói lên quan hệ chặt chẽ của thủy sinh vật miền Bắc Việt Nam với vùng Hoa Nam. Trong khi đó, yếu tố này lại rất ít, có khi không thấy có, ở miền Nam Việt Nam, tình hình này thấy ở tất cả các nhóm thủy sinh vật từ tảo tới cá nước ngọt, giáp xác, trai ốc.

c. Yếu tố nhiệt đới. Các loài chung với vùng Ấn Độ - Mã Lai

Yếu tố này thấy có ở tất cả các nhóm sinh vật nhưng ở các mức độ khác nhau. Ở miền Bắc Việt Nam, thành phần loài này ít hơn hẳn thành phần loài ôn đới cận nhiệt đới (khoảng 2-10% số loài). Ở tảo nước ngọt, thành phần này chiếm tới 20-30% số loài. Đặc biệt là ở miền Nam Việt Nam, yếu tố này lại chiếm ưu thế hoàn toàn so với thành phần loài ôn đới và cận nhiệt đới. (bảng 6.1).

Tuy nhiên, trong thành phần loài nhiệt đới có thể phân biệt các nhóm loài khác nhau:

- Các loài phân bố rộng trong vùng nhiệt đới Ấn Độ - Mã Lai hoặc trên thế giới chiếm tỷ lệ tới trên 50%.
- Các loài có phân bố hẹp hơn trong vùng nhiệt đới Đông Nam Á, có tỷ lệ ít hơn.

- Các loài chi phân bố hẹp trong vùng hạ lưu sông Mê Kông (Vùng Đông Dương) chiếm tỷ lệ lớn hơn.

Đáng chú ý là các loài nhiệt đới trong thành phần này nhìn chung chỉ có phân bố tới Bắc Việt Nam, chỉ có một số loài có phân bố rộng tới vùng Hoa Nam. Riêng nhóm loài hạ lưu sông Mê Kông không phân bố vượt quá hạ lưu sông Hồng.

d. Yếu tố đặc hữu cho Việt Nam

Thành phần loài đặc hữu có tỷ lệ tương đối cao trong các nhóm thủy sinh vật. Riêng ở miền Bắc Việt Nam, số loài và phân loài đặc hữu ở các nhóm giáp xác, trai ốc, ấu trùng *Ephemeroptera*, tuy còn chưa được nghiên cứu đầy đủ cũng chiếm tới trên 50% tổng số loài. Ở cá nước ngọt, các loài được tạm thời coi là đặc hữu chiếm tới trên 30% số loài. Ở tảo nước ngọt, tỷ lệ loài đặc hữu thấp hơn do tính chất phân bố rộng của tảo nước ngọt. Đáng chú ý là trong thành phần loài đặc hữu ở giáp xác, trai ốc, ấu trùng *Ephemeroptera* có tới 7 giống đặc hữu, ở cá nước ngọt số giống được coi là đặc hữu cho Việt Nam hoặc cả vùng Hoa Nam cũng chiếm một tỷ lệ khá lớn. Ngoài ra, phần lớn các giống loài đặc hữu cho Việt Nam đều có phân bố khá ở vùng núi. Ở vùng đồng bằng, thành phần này ít thấy.

Trên cơ sở kết quả phân tích trên đây, có thể nêu những ý kiến đánh giá nhận định chung về đặc tính và quan hệ địa sinh vật của thủy sinh vật nội địa Việt Nam:

1. Khu hệ thủy sinh vật các thủy vực nội địa Việt Nam phải được coi là mang tính chất nhiệt đới về cơ bản. Điều này được thể hiện trước hết ở tỷ lệ cao thành phần loài gốc nhiệt đới, có phân bố hiện nay ở vùng nhiệt đới Ấn Độ - Mã Lai hoặc thế giới, đặc biệt là ở miền Nam Việt Nam. Ngay cả ở Bắc Việt Nam có thành phần loài ôn đới và cận nhiệt đới tương đối cao, cũng vẫn tồn tại một thành phần loài nhiệt đới có tỷ lệ xấp xỉ.

Trong thành phần loài này có mặt các giống, loài tiêu biểu cho khu hệ động vật nước ngọt nhiệt đới ở giáp xác, trai ốc, ấu trùng phù du, cá nước ngọt. Sự có mặt các giống loài đặc trưng nhiệt đới này đã tạo nên sắc thái nhiệt đới rõ rệt của thủy sinh vật nội địa Việt Nam, đặc biệt là ở miền Nam Việt Nam, có sự sai khác về chất lượng với tập hợp loài động vật ở nước vùng cận nhiệt đới tiêu biểu

ở vùng trung hạ lưu Trường Giang Trung Quốc, Nhật Bản, ở phía trên chí tuyến Bắc.

Đặc tính nhiệt đới của thủy sinh vật nội địa Việt Nam về cơ bản phù hợp với đặc tính khí hậu nhiệt đới của Việt Nam, tuy rằng có mùa đông lạnh ở miền Bắc Việt Nam, làm cho tình hình thời tiết trong năm có phức tạp hơn, song về nhiều chỉ tiêu khí hậu vẫn mang tính chất nhiệt đới.

Tuy nhiên, sự có mặt của thành phần loài cận nhiệt đới và ôn đới, thậm chí có tỷ lệ khá cao ở miền Bắc Việt Nam, đã làm cho tính chất nhiệt đới của khu hệ thủy sinh vật nội địa Việt Nam không điển hình, không đồng nhất trên toàn vùng lãnh thổ mà hệ quả là đặc trưng phân bố Bắc Nam của thủy sinh vật như đã trình bày ở phần trên.

2. Đặc tính địa sinh vật phức tạp trên đây cũng dẫn tới quan hệ địa sinh vật phức tạp của thủy sinh vật Việt Nam. Khi xét mối quan hệ này, nhiều tác giả trước đây (Fisher, 1891; Berg, 1933-1948; Mori, 1936) thường có xu hướng coi cả vùng Đông Dương, trong đó có Việt Nam như một đơn vị địa sinh vật thống nhất, có quan hệ chặt chẽ với vùng Ấn Độ - Mã Lai, vì vậy có xu hướng đặt cả vùng Đông Dương vào vùng địa sinh vật Ấn Độ - Mã Lai. Tuy nhiên, như trên đã thấy mối quan hệ địa sinh vật của khu hệ thủy sinh vật Việt Nam thực ra phức tạp hơn nhiều.

Bên cạnh mối quan hệ với vùng Ấn Độ - Mã Lai, còn thấy mối quan hệ không kém phần chặt chẽ với vùng Trung Hoa ở phía Bắc, rõ rệt nhất là đối với khu hệ thủy sinh vật miền Bắc Việt Nam, với thành phần loài chung với vùng Trung Hoa - Nhật Bản khá cao (bảng 4.2). Trong vùng Trung Hoa, quan hệ địa sinh vật của thủy sinh vật Việt nam có cả với vùng Trung Hoa (lưu vực Trường Giang) và Hoa Nam (lưu vực Tây Giang), song mối quan hệ trực tiếp với Hoa Nam là nhiều hơn. Điều này thể hiện rõ nhất ở tất cả các nhóm tảo nước ngọt, cá, giáp xác, trai ốc nước ngọt. Đáng chú ý là mối quan hệ địa sinh vật của từng khu vực phân bố địa lý khác nhau với các vùng địa sinh vật lân cận cũng khác nhau. Kết quả nghiên cứu cho thấy: thủy sinh vật vùng núi, đặc biệt là ở miền Bắc Việt Nam, có quan hệ rõ rệt với thủy sinh vật vùng núi Hoa Nam; còn thủy sinh vật vùng đồng bằng lại có quan hệ với vùng nhiệt đới

Ấn Độ - Mã Lai nhiều hơn, thể hiện ở các nhóm loài nhiệt đới trong vùng đồng bằng ở tảo và cá nước ngọt.

Tổng hợp các kết quả nghiên cứu, các ý kiến khác nhau về vấn đề này, cho tới nay có thể đi tới một nhận định chung như sau: khu hệ thủy sinh vật (tảo nước ngọt, cá, động vật ngoài cá) các thủy vực nội địa Việt Nam về mặt địa sinh vật có quan hệ về nguồn gốc và phân bố tới vùng Trung Hoa ở phía Bắc và Ấn Độ - Mã Lai ở phía Nam. Về chi tiết, mối quan hệ với vùng Hoa Nam và vùng hạ lưu Mê Kông là chặt chẽ hơn. Mối quan hệ với vùng Trung Hoa ở phía Bắc rõ rệt hơn đối với miền Bắc Việt Nam, trong khi đối với miền Nam Việt Nam, mối quan hệ với vùng Ấn Độ - Mã Lai lại chặt chẽ hơn (bảng 4.2).

Bảng 4.2. Thành phần địa động vật học ở một số nhóm thủy sinh vật ở Việt Nam

Nhóm sinh vật	Miền Bắc, miền Nam Việt Nam	Phần trăm số loài so với tổng số loài của mỗi nhóm			
		Trung Hoa	Ấn Độ-Mã Lai	Đặc hữu	Ghi chú
<i>Copepoda-Calanoida</i>	Bắc	60%	10%	8%	
	Nam	45%	30%	25%	
<i>Crustacea-Decapoda</i>	Bắc	20%	0	90%	
	Nam	10%	70%	35%	Chủ yếu ở vùng Đông Dương
Cá nước ngọt	Bắc	50%	2%	36%	
	Nam		Chiếm tỷ lệ lớn		

2.3. Vị trí của Việt Nam trong phân vùng địa sinh vật nước ngọt nội địa vùng Đông Phương (Vùng Trung Ấn)

Trong công trình nghiên cứu về cá nước ngọt ở vùng Đông Nam Á, đặc biệt là ở nam Trung Quốc, Mori (1936) đã xem xét ý kiến của Berg và cả của Guthrie về hệ thống phân vùng cũng như ranh giới phân vùng địa động vật học cá nước ngọt ở vùng này và nêu lên những ý kiến khác với các tác giả trên. Tác giả này cho rằng cần đặt cả vùng Hoa Nam ở phía nam dãy núi Tần Lĩnh nằm ở

khoảng giữa sông Trường Giang và sông Tây Giang vào phân vùng Đông Dương (tương ứng với phân vùng Ấn Độ của Berg) chứ không đặt vùng Hoa Nam trong phân vùng Trung Hoa như ý kiến của Berg. Dãy núi Tần Lĩnh, theo Mori có thể coi là ranh giới thiên nhiên, phân chia vùng Cổ Bắc và vùng Đông Phương chứ không thể là Trường Giang như Guthrie đề nghị. Dựa trên các dẫn liệu nghiên cứu của mình, tác giả đề nghị một hệ thống phân vùng địa động vật học cá nước ngọt ở vùng phía đông Châu Á khác với Berg, trong đó phân vùng Trung Hoa (phía bắc dãy núi Tần Lĩnh bao gồm Hoa Trung và Hoa Bắc) cùng với các phân vùng Siberi, Mông Cổ, Bakan thuộc vùng Cổ Bắc nằm trong liên vùng toàn bắc (Holarctic super-region). Phân vùng Đông Dương bao gồm cả nam Trung Quốc (phía nam dãy núi Tần Lĩnh), Đài Loan, Hải Nam và bán đảo Đông Dương được tác giả coi là nằm trong vùng Đông Phương (Oriental region) thuộc liên vùng Cổ nhiệt đới (Palaeotropical Super-region). Có thể nhận xét là khái niệm "vùng Đông Phương" của Mori ở đây hẹp hơn nhiều so với khái niệm "vùng Trung - Ấn" của Berg. Tuy nhiên, dù hệ thống phân vùng của Mori có sai khác thế nào so với hệ thống phân vùng của Berg, tác giả này trên thực tế cũng vẫn đặt vùng bán đảo Đông Dương, trong đó có Bắc Việt Nam vào phạm vi phân vùng Ấn Độ, theo cách phân vùng của Berg, mà không còn ở trong phạm vi phân vùng Trung Hoa nữa. Quan điểm này gần đây còn được một số tác giả củng cố thêm.

Khác với tác giả trên, một số tác giả có những ý kiến khác về địa động vật học của Bắc Việt Nam. Dựa trên nghiên cứu về thành phần loài cá nước ngọt đầy đủ hơn ở Bắc Việt Nam cũng như ở Trung Quốc gần đây, Mai Đình Yên (1963, 1973), Nguyễn Văn Hảo (1963) cho rằng nên xếp Bắc Việt Nam vào phân vùng Trung Hoa, coi như một tỉnh (provincia) của phân vùng này (tỉnh Bắc Việt Nam) hoặc một khu (district) của tỉnh Hoa Nam, do chỗ thành phần loài chung với vùng Trung Hoa (kể cả Hoa Nam) chiếm một tỷ lệ tuyệt đối lớn (50%) so với thành phần loài chung với vùng Ấn Độ - Mã Lai (2%) (Mai Đình Yên, 1973). Ý kiến này phù hợp với ý kiến của Starobogatov (1970) dựa trên quan hệ về thành phần loài tra cá nước ngọt Bắc Việt Nam với lục địa Trung Quốc (Hoa Trung và Hoa Nam), cũng coi Bắc Việt Nam là một tỉnh của phân vùng Trung Hoa.

Ý kiến của đa số tác giả hiện nay cho rằng không thể coi toàn Việt Nam như một đơn vị đồng nhất về địa sinh vật trong phân vùng địa sinh vật vùng Đông Phương (vùng Trung Ấn) do sự sai khác rõ rệt giữa miền Bắc và Nam Việt Nam, cả về cấu trúc, quan hệ địa sinh vật, cả về đặc điểm hệ thống thủy văn, chế độ khí hậu. Vì vậy, hợp lý hơn nên coi miền Nam Việt Nam (ở phía nam ranh giới đèo Hải Vân, 14° - 16° độ vĩ bắc) như một đơn vị dưới phân vùng của phân vùng Ấn Độ - Mã Lai, với thành phần loài nhiệt đới chiếm ưu thế tuyệt đối, với chế độ khí hậu nhiệt đới điển hình, với hệ thống sông Mê Kông tách biệt với hệ thống sông Hồng ở phía Bắc Việt Nam.

Miền Bắc Việt Nam (phía bắc ranh giới đèo Hải Vân, có thể xuống tới vĩ độ 14) phải coi là một đơn vị địa sinh vật riêng, tách biệt với phân vùng Ấn Độ - Mã Lai (trong đó có miền Nam Việt Nam) ở phía nam cũng như với phân vùng Trung Hoa ở phía bắc. Tính chất độc lập của Bắc Việt Nam với các khu vực phân chia địa sinh vật học lân cận dựa trên cơ sở sau đây:

1. Đặc tính hỗn hợp trong thành phần khu hệ sinh vật ở nước nội địa Bắc Việt Nam, thể hiện không những ở thành phần loài, cấu trúc địa sinh vật mà cả ở quan hệ phân loại học hỗn hợp của nhóm loài đặc hữu tạo nên vị trí chuyển tiếp của vùng này, trong toàn cảnh phát tán và phân bố của hai tập hợp loài lớn Trung Hoa và Ấn Độ - Mã Lai ở vùng phía đông Châu Á. Có thể coi Bắc Việt Nam như nằm trong khu vực ranh giới phân bố giữa tập hợp loài cận nhiệt đới phía bắc và tập hợp loài nhiệt đới phía nam, mang ý nghĩa chuyển tiếp địa động vật học như các khu vực chuyển tiếp khác trên thế giới như: khu vực Amua, Himalaya, Sahara, vùng nam Mexico, vùng Wallacea. Điều khác biệt ở đây là khu vực chuyển tiếp này không mang tính chất một khu vực nghèo nàn về động vật như các khu vực chuyển tiếp khác trên thế giới. Đây là đặc điểm các khu vực chuyển tiếp địa động vật học ở vùng đông Châu Á, như một số tác giả đã nhận xét (Darghinton, 1966; tr. 395). Sự phong phú về sinh cảnh và các loại hình thủy vực nội địa cũng như cơ sở thức ăn trong đó, ở Bắc Việt Nam là điều kiện thuận lợi cho sự phát triển một thành phần loài đa dạng, không tạo nên quan hệ cạnh tranh gay gắt. Chế độ khí hậu nhiệt đới ẩm với mùa đông lạnh ẩm ở Bắc Việt Nam không quá khắc nghiệt như chế độ khí hậu lạnh vùng ôn đới hay cận nhiệt đới, với nhiệt độ nước không xuống thấp dưới 5°C trong

mùa lạnh, là thuận lợi cho sự phát triển của cả các loài gốc ôn đới và cận nhiệt đới từ phía bắc tới, cả cho các loài gốc nhiệt đới từ phía nam tới. Đặc điểm trên đây về cấu trúc địa động vật học cũng như về chế độ khí hậu không có ở Nam Việt Nam và nam bán đảo Đông Dương nói chung, vì vậy cả khu vực này có thể xếp vào phân vùng Ấn Độ - Mã Lai.

2. Bắc Việt Nam có thành phần loài đặc hữu cao cả về độ đặc hữu cũng như về bậc đặc hữu. Mức độ đặc hữu cao của khu hệ động vật nước ngọt Bắc Việt Nam thể hiện tính chất đặc trưng của vùng này so với các vùng kế cận, tuy rằng không có những chương ngại thiên nhiên thật lớn, làm cho ta khó có thể coi vùng này như một tỉnh của phân vùng Trung Hoa cũng như Ấn Độ - Mã Lai.

Nếu ta coi nhóm loài chỉ có phân bố ở Bắc Việt Nam và Hoa Nam là đặc hữu cho cả khu vực Bắc Việt Nam và Hoa Nam thì mức độ đặc hữu cho khu vực này còn lớn hơn (riêng cá nước ngọt tới 136/193 loài, 37 giống, các nhóm động vật khác tới 101/346 loài). Mức độ đặc hữu này đã có thể cho ta coi khu vực này (Hoa Nam - Bắc Việt Nam) như một phân vùng riêng biệt, tách khỏi các phân vùng đã có trong vùng Trung Ấn.

3. Về mặt điều kiện tự nhiên có thể thấy được sự tách biệt của hệ thống sông Hồng, sông Đà, sông Mã, sông Cả ở Bắc Việt Nam với hệ thống sông Mê Kông ở phía nam bán đảo Đông Dương nói chung. Về phía bắc, có thể thấy mối quan hệ gần gũi giữa hệ thống sông Hồng và Tây Giang, một phần thượng lưu của sông này nằm trên lãnh thổ Bắc Việt Nam (sông Kỳ Cùng, sông Bằng), tách biệt với hệ thống Trường Giang ở xa về phía bắc hơn nhiều. Nhìn toàn cảnh hệ thống thủy văn ở vùng phía đông Châu Á, có thể thấy được vị trí trung gian của hệ thống sông Hồng - Tây Giang, giữa hai hệ thống sông lớn phía bắc và phía nam tạo nên ba vùng thủy vực tách biệt nhau, với tính chất khác nhau ở phía đông Châu Á:

- a. Vùng Trường Giang chảy theo hướng đông bắc với hệ thống các hồ chứa ở vùng hạ lưu (Thái Hồ, Tây Hồ, hồ Bá Dương, hồ Động Đình...)
- b. Vùng Tây Giang và sông Hồng chảy theo hướng đông, với hệ thống hồ nhỏ ở vùng Hoa Nam và Bắc Việt Nam, số lượng không nhiều (hồ tự nhiên). Vùng này ngăn cách với vùng Trường

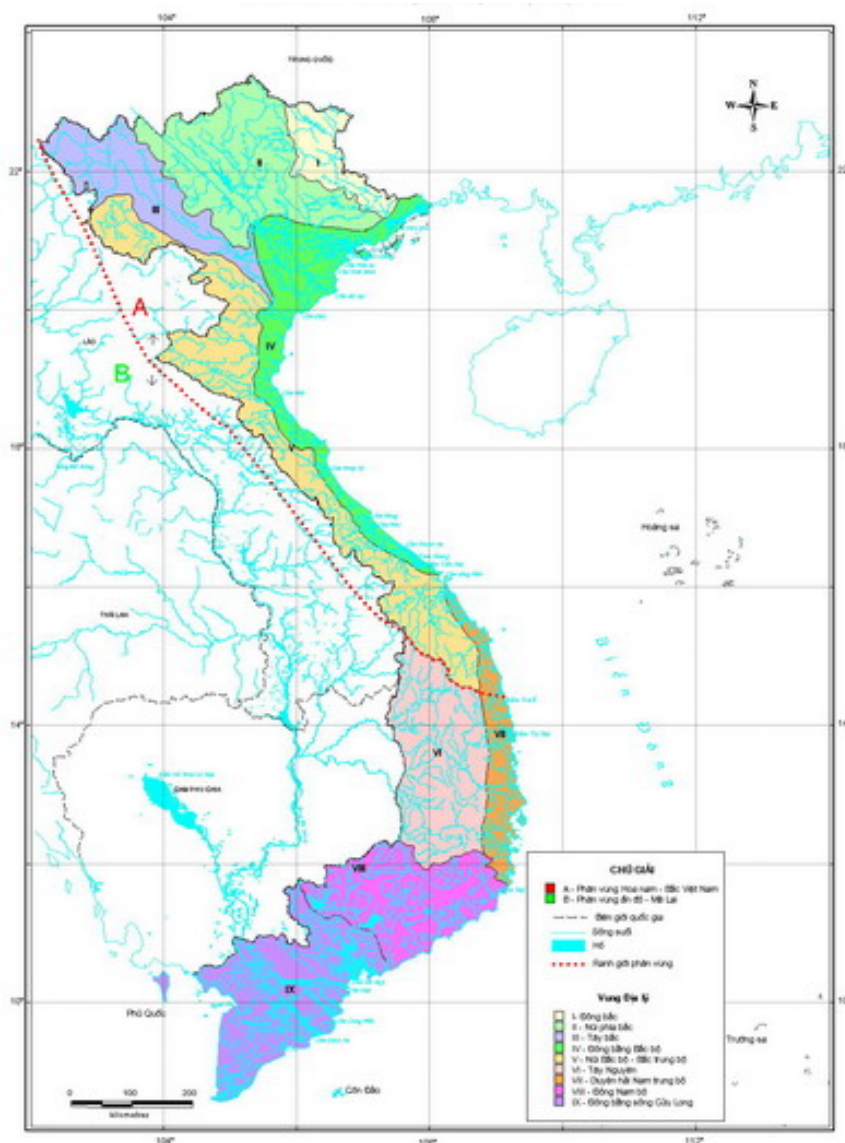
Giang bởi dãy núi Tần Lĩnh, đã được Mori coi như ranh giới thiên nhiên, phân chia hai tập hợp loài khác nhau. Có thể coi đây như giới hạn phân bố cao tuyệt đối về phía bắc của các loài nhiệt đới và giới hạn thấp tuyệt đối về phía nam của các loài ôn đới và cận nhiệt đới ở phía đông Châu Á.

- c. Vùng sông Mê Kông chảy theo hướng nam với hệ thống sông, hồ Tây Nguyên (Nam Việt Nam) và Biển Hồ Tonle Sap (Campuchia) ngăn cách với vùng trên bởi dãy núi Trường Sơn, được coi như ranh giới thiên nhiên, phân chia hai tập hợp loài khác nhau: tập hợp loài Ấn Độ - Mã Lai ở phía nam và tập hợp loài hỗn hợp cũng mang yếu tố ôn đới cận nhiệt đới của Bắc Việt Nam và Hoa Nam.

4. Tách vùng phía bắc Việt Nam thành một đơn vị địa động vật học độc lập với phân vùng Trung Hoa và phân vùng Ấn Độ - Mã Lai cũng phù hợp với chế độ khí hậu đặc trưng của vùng này. Như đã nói ở trên, chế độ khí hậu Bắc Việt Nam mang tính chất nhiệt đới ẩm gió mùa, nhưng có mùa đông lạnh kéo dài từ tháng XI đến tháng III hàng năm. Trong mùa này, nhiệt độ nước các thủy vực có thể xuống thấp tới 10°C , riêng ở vùng núi có thể xuống thấp tới dưới 10°C , (ruộng vùng núi) điều này khác với chế độ nhiệt trong các thủy vực các vùng đới phía nam, kể cả Nam Việt Nam, ngay trong vụ đông (tháng XII nhiệt độ nước cũng trên 20°C (Rutter, 1931; Shirota và H.Q. Trương, 1963), đồng thời cũng khác với chế độ nhiệt ở các thủy vực vùng cận nhiệt đới Trường giang, với nhiệt độ nước mùa lạnh có thể xuống tới 4°C . Có thể coi chế độ nhiệt các thủy vực này như một dạng chuyển tiếp giữa chế độ nhiệt các thủy vực nội địa vùng nhiệt đới điển hình phía nam (ví dụ Nam Việt Nam, Indonexia) không có trạng thái lạnh dưới 20°C hàng năm với chế độ nhiệt các thủy vực vùng cận nhiệt đới có trạng thái lạnh dưới 5° hàng năm.

Đặng Ngọc Thanh và những người khác., (2002) trên cơ sở tập hợp các dẫn liệu phân tích các nhóm thủy sinh vật khác nhau và xét tính chất gần gũi của thành phần loài thủy sinh vật khu vực Hoa Nam và Bắc Việt Nam, cũng như quan hệ chặt chẽ giữa hai hệ thống thủy văn của 2 khu vực như đã phân tích ở phần trên, đề xuất ý kiến xác lập *Phân vùng Bắc Việt Nam - Hoa Nam* trong vùng

Đông Phương (Trung Á), mang tính chất chuyển tiếp giữa hai phân vùng Trung Hoa ở phía đông Châu Á và Ấn Độ - Mã Lai.



Hình 4.23. Phân vùng phân bố tự nhiên của thủy sinh vật nước ngọt nội địa ở Việt Nam (Viện STNSV, 2006)

VII. PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ TÍNH ĐA DẠNG CỦA QUẦN XÃ THỦY SINH VẬT

Để đánh giá tính đa dạng của một quần xã thủy sinh vật trong thiên nhiên, người ta thường dùng cách tính toán một số hệ số đa dạng sinh học dùng cho một số quần xã là đối tượng so sánh về tính đa dạng. Nguyên tắc của các phương pháp tính toán này dựa trên mối quan hệ giữa số loài và số cá thể có trong một quần xã thủy sinh vật, và theo quy luật tính đa dạng của quần xã thay đổi khi hệ sinh thái thủy vực có biến đổi, đặc biệt khi bị ô nhiễm.

Ưu điểm của cách tính các hệ số này là dễ thực hiện, áp dụng được cho mọi loại thủy vực, mọi loại quần xã; không phụ thuộc vào vị trí địa lý, thành phần phân loại học. Mặt hạn chế của phương pháp này là chỉ áp dụng được cho một thủy vực có độ lớn nhất định, không cho biết được các thông tin về thành phần phân loại của loài do chỗ các loài có giá trị tính toán như nhau, và có hạn chế khi đánh giá mức độ biến đổi sinh thái của thủy vực vì ngay cả khi thủy vực ở tình trạng tự nhiên, tính đa dạng cũng có thể thay đổi do những nguyên nhân khác.

Các phép tính toán hệ số thường dùng

Hệ số Shannon - Weiner

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N}$$

$$\text{Hoặc } H' = - \sum \frac{ni}{N} \lg_2 \frac{ni}{N}$$

S: Tổng số loài trong một mẫu thu

N_i: Số cá thể của loài i trong mẫu thu

N: Tổng số cá thể trong mẫu

Hệ số Shannon H' thường được dùng phổ biến trong việc đánh giá mức độ ô nhiễm một thủy vực căn cứ vào hiện trạng tính đa

dạng của quần xã thủy sinh vật sống trong đó, theo một bảng tính sẵn, có giá trị từ $H' > 4.5$ (rất sạch) tới $H' < 1$ (rất bẩn).

Các hệ số có ý nghĩa tương tự với hệ số H'

Hệ số Margalef

$$D = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Trong đó: D là chỉ số đa dạng Margalef; S là tổng số loài trong mẫu; N là tổng số lượng cá thể trong mẫu.

Hệ số Simpson

$$S = \sum \frac{Ni(Ni - 1)}{N(N - 1)}$$

S: Tổng số loài trong một mẫu thu

Ni: Số cá thể của loài i trong mẫu thu

N: Tổng số cá thể trong mẫu

Hệ số Pilon

Người ta còn dùng hệ số Pilon E để khẳng định tính ổn định của quần xã về tính đa dạng. $E = 0$ trong trường hợp quần xã chỉ có một loài và $E = 1$ khi tất cả các loài có số lượng cá thể bằng nhau. Hệ số E càng nhỏ, tính đa dạng càng ổn định, thủy vực càng ít biến động.

$$E = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

$$\text{Hoặc } E = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Trong trường hợp cần so sánh mức độ giống nhau về thành phần loài giữa 2 quần xã thủy sinh vật, có thể dùng cách tính các hệ số tương đồng Jaccard hoặc Sorensen.

Hệ số Jaccard

$$J = 100 \times \frac{S_c}{S_1 + S_2}$$

S_c : Số loài chung cho cả hai quần xã so sánh

S_1, S_2 : Số loài của mỗi quần xã so sánh S_1 và S_2

Hệ số Sorensen

$$S = \frac{2 \times C}{A + B}$$

Trong đó: S là hệ số tương đồng; A là số loài của quần xã thứ nhất; B là số loài của quần xã thứ hai; C là số loài chung của hai quần xã.

Chỉ số ưu thế (Y) theo Chen Qingchao (1994):

$$Y = \frac{N_i}{N} f_i$$

Trong đó: Y là chỉ số ưu thế; N_i là số cá thể của loài thứ i ; N : tổng số cá thể; f_i là tần số xuất hiện của loài thứ i tại điểm thu mẫu.

Một số nhà nghiên cứu sinh học biển cho rằng, đối với các nhóm thủy sinh vật bậc thấp khi $Y > 0,02$ có thể xác định là loài ưu thế. Một số nhà khoa học khác lại cho rằng với biển nhiệt đới, nếu $Y > 0,015$ cũng có thể xác định là loài ưu thế.

I. KHÁI NIỆM VỀ QUẦN XÃ SINH VẬT TRONG THỦY VỰC.....	193
II. CẤU TRÚC QUẦN XÃ THỦY SINH VẬT TRONG THỦY VỰC VÀ ĐẶC TÍNH THÍCH ỨNG SINH THÁI.....	195
1. Quần xã sinh vật tầng nước (Pelagic communities).....	195
1.1. Sinh vật nổi (Plankton).....	196
1.2. Sinh vật tự bơi (Nekton).....	203
2. Sinh vật màng nước (Neuston)	205
3. Sinh vật sống trôi (Pleuston).....	207
4. Sinh vật nền đáy (Benthos)	207
5. Đặc điểm quan hệ của quần xã thủy sinh vật.....	214
5.1. Quan hệ tương trợ	215
5.2. Quan hệ đối nghịch	215
5.3. Quan hệ ký sinh.....	215
5.4. Quan hệ thức ăn	216
5.5. Quan hệ sinh hóa.....	219
III. PHÂN BỐ TỔNG QUÁT CỦA THỦY SINH VẬT TRONG THỦY QUYỀN.....	220
1. Phân bố theo vĩ độ.....	221
1.1. Tính đa dạng của thành phần loài.....	221
1.2. Số lượng thủy sinh vật	222
1.3. Kích thước và độ màu mỡ của thủy sinh vật.....	223
2. Phân bố theo độ sâu	223
3. Phân bố đặc trưng trong thủy quyển	224
4. Phân bố đối xứng của thủy sinh vật ở đại dương	226
IV. PHÂN BỐ CỦA THỦY SINH VẬT THEO THỦY VỰC.....	229
1. Thủy sinh vật nước mặn.....	231
1.1. Khu hệ thủy sinh vật biển Việt Nam.....	233
1.1.1. Sinh vật phù du.....	233
1.1.2. Sinh vật đáy biển Việt Nam	234
1.1.3. Cá biển Việt Nam.....	236
1.2. Đặc tính phân bố	237
1.2.1. Phân bố theo độ mặn	238
1.2.2. Phân bố theo chất đáy	238
1.2.3. Phân bố theo độ sâu.....	239
1.2.4. Phân bố bắc - nam	240
2. Thủy sinh vật nước ngọt.....	241
2.1. Khu hệ thủy sinh vật nước ngọt Việt Nam.....	243
2.2. Đặc tính phân bố	244
2.2.1. Đặc trưng phân bố Bắc – Nam của thủy sinh vật nước ngọt.....	245
2.2.2. Đặc trưng phân bố theo cảnh quan và thủy vực	246

3. Thủy sinh vật nước lợ	248
4. Thủy sinh vật nước quá mặn	249
V. BIẾN ĐỘNG PHÂN BỐ QUẦN XÃ THỦY SINH VẬT TRONG THỦY VỰC	250
1. Đặc trưng phân bố của các quần xã thủy sinh vật trong thủy vực.....	250
2. Biến động phân bố quần xã thủy sinh vật trong thủy vực	252
2.1. Biến động không có quy luật	254
2.2. Biến động có quy luật	254
2.2.1. Di chuyển trong đời sống	255
2.2.2. Di chuyển ngày đêm.....	255
2.2.3. Di nhập vào thủy vực nội địa của thủy sinh vật biển	257
VI. PHÂN BỐ ĐỊA SINH VẬT CỦA THỦY SINH VẬT	261
1. Phân bố địa sinh vật của thủy sinh vật biển	262
1.1. Phân vùng địa sinh vật vùng Tây Thái Bình dương và Biển Đông	264
1.2. Về cấu trúc địa sinh vật biển ven bờ Việt Nam.....	267
2. Phân bố địa sinh vật của thủy sinh vật nước ngọt nội địa	271
2.1. Phân vùng địa sinh vật nước ngọt vùng Đông Phương.....	272
2.2. Đặc tính và quan hệ địa sinh vật của thủy sinh vật nước ngọt nội địa Việt Nam	273
2.3. Vị trí của Việt Nam trong phân vùng địa sinh vật nước ngọt nội địa vùng Đông Phương (Vùng Trung ấn)	277
VII. PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ TÍNH ĐA DẠNG CỦA QUẦN XÃ THỦY SINH VẬT	283

Chương V

HỆ SINH THÁI THỦY VỰC

I. CÁC KHÁI NIỆM VỀ HỆ SINH THÁI THỦY VỰC

1. Khái niệm chung về hệ sinh thái

Khái niệm Hệ sinh thái (HST) theo Odum (1975) là *Một đơn vị bất kỳ nào bao gồm tất cả các sinh vật (có nghĩa là quần xã) của một khu vực nhất định đều tác động qua lại với môi trường vật lý bằng các dòng năng lượng tạo nên cấu trúc dinh dưỡng xác định, sự đa dạng về loài và chu trình tuần hoàn vật chất (tức là trao đổi chất giữa các phần tử hữu sinh và vô sinh) trong mạng lưới.*

Định nghĩa một cách đơn giản: *Hệ sinh thái là hệ thống bao gồm sinh vật và môi trường tác động lẫn nhau tạo nên vòng tuần hoàn vật chất và năng lượng trong hệ.*

Trong hệ sinh thái, quần xã sinh vật và nơi cư trú hòa quyện với nhau bởi các hoạt động và tương tác, các ảnh hưởng tương hỗ của môi trường đến cơ thể sống và ngược lại ảnh hưởng của cơ thể sống đến môi trường. Đôi khi, về cấp bậc, không tách bạch được giữa sinh thái quần xã và sinh thái hệ sinh thái. Dòng năng lượng và chu trình sinh địa hóa bao giờ cũng là các vấn đề chính của sinh thái hệ sinh thái. Thực tế là hệ sinh thái biểu thị một tầm nhìn rộng lớn hơn so với sinh thái quần xã nhưng sự tích hợp sinh học là như nhau.

Hệ sinh thái luôn là một hệ động lực hở và có khả năng tự điều chỉnh, bởi vì trong quá trình tồn tại và phát triển, hệ phải tiếp nhận cả nguồn vật chất và năng lượng từ môi trường bên ngoài. Điều này làm cho hệ sinh thái hoàn toàn khác biệt với các hệ thống khác trong tự nhiên.

Bản thân hệ sinh thái hoàn chỉnh và toàn vẹn như một cơ thể, cho nên để tồn tại trong tự nhiên, hệ sinh thái cũng có một giới hạn sinh thái xác định. Trong giới hạn đó, khi chịu một tác động vừa phải từ bên ngoài, hệ sinh thái sẽ phản ứng lại một cách thích nghi bằng

cách sắp xếp lại các mối quan hệ trong nội bộ của hệ thống qua những mối *liên hệ ngược* để phù hợp với điều kiện biến đổi của môi trường. Quá trình đó gọi là quá trình *nội cân bằng*. Khả năng tự điều chỉnh hoặc nội cân bằng là tiêu chuẩn biểu thị tính bền vững của hệ sinh thái.

Theo quan điểm sinh thái của Odum (1971), mỗi kiểu HST có các thành phần, chức năng và thuộc tính riêng. hầu hết các HST thủy vực tự nhiên có những nét chung về thành phần nhưng chức năng và thuộc tính có những nét khác nhau. Đặc biệt khi HST thủy vực được hình thành nhân tạo thì chức năng của nó đã được định hướng theo mục tiêu sử dụng của con người nhưng thuộc tính của HST thì phát triển ngẫu nhiên không định hướng trước.

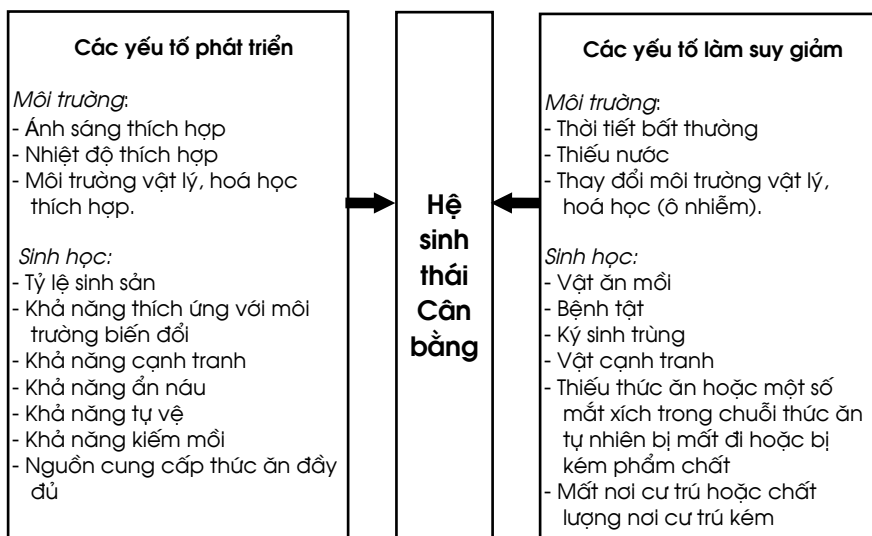
Xác định tính bền vững của hệ sinh thái

Tiêu chuẩn phát triển bền vững sinh thái theo IUCN, UNEP (1991) có thể được đánh giá bằng các tiêu chuẩn sau:

- Về kinh tế: đầu tư phát triển phải đem lại lợi nhuận và tổng sản phẩm trong nước.
- Về tình trạng xã hội: phải đảm bảo công bằng xã hội, giáo dục đào tạo, phúc lợi xã hội phải được chăm lo, các giá trị đạo đức phải được bảo vệ và phát huy.
- Về tài nguyên thiên nhiên: được sử dụng trong phạm vi còn được tái tạo và hợp lý, nằm trong khả năng chịu đựng của HST.
- Về chất lượng môi trường: phải ngăn ngừa và quản lý ô nhiễm, đảm bảo sức khỏe cộng đồng và các yêu cầu thẩm mỹ.

Trong hệ sinh thái, sự cân bằng/hoặc sự bền vững của hệ là kết quả của sự cân bằng giữa các lực đối kháng nhau (các yếu tố phát triển và các yếu tố làm suy giảm) trong việc điều chỉnh kích thước quần thể (hình 5.1). Nếu hệ sinh thái được coi là bền vững sẽ bao gồm: 1/ Tổng số lượng loài dường như không thay đổi từ năm này sang năm khác. 2/ Cùng một loài xuất hiện mỗi năm và 3/ Kích thước quần thể loài là tương đối bằng nhau theo thời gian. Sự bền vững không có nghĩa tất cả các phần trong hệ sinh thái diễn ra một cách hoàn chỉnh. HST là hệ có khả năng tự điều chỉnh một cách phức tạp. Khả

năng hồi phục lại một số biến đổi nhỏ nào đó trong hệ được gọi là tính đàn hồi của HST.



Hình 5.1. Cân bằng hệ sinh thái dưới tác động của các yếu tố môi trường và sinh học (theo D.D. Chiras, 1991)

2. Đặc trưng của hệ sinh thái thủy vực

Tuy vẫn có những tính chất cơ bản của hệ sinh thái về cấu trúc, chức năng, song so với các hệ sinh thái môi trường ở cạn, hệ sinh thái thủy vực có các đặc trưng liên quan tới đặc tính của môi trường nước:

- Có không gian hoạt động rộng lớn do diện tích rộng lớn của môi trường nước trên trái đất (chiếm 3/4 diện tích quả đất).
- Vật chất nền là môi trường nước, có tính chất thủy lý, thủy hóa tương đối đồng nhất, linh hoạt, có thể chuyển dịch, tạo nên và duy trì liên tục các tác động trực tiếp, đồng thời của các yếu tố sinh thái có tính đa dạng giữa các thành phần cấu trúc vô sinh và hữu sinh. Đặc biệt có các tác nhân sinh thái, sinh hóa thông qua môi trường nước mà ít thấy ở môi trường cạn. Sự chuyển hóa vật chất và năng lượng phụ thuộc chặt chẽ vào tính chất lý - hóa của môi trường nước.

- Thành phần sinh vật trong hệ sinh thái thủy vực nhìn chung có kích thước nhỏ so với các hệ sinh thái ở cạn. Chiếm đa số là các động vật không xương sống cỡ nhỏ, các vi sinh vật (vi khuẩn, tảo đơn bào) với số lượng lớn, đa dạng về thành phần loài với đặc trưng phân bố tồn tại xen kẽ trong cả tầng nước lẫn nền đáy. Vì vậy, các quá trình sản sinh, tiêu thụ, phân hủy cũng được thực hiện xen kẽ, không tách biệt về không gian như các hệ sinh thái ở cạn. Cấu trúc dinh dưỡng cũng khác với các hệ sinh thái ở cạn.
- Do tác động và mối quan hệ sinh thái thường trực, các sinh vật cỡ nhỏ dễ bị hủy diệt, vì vậy các hệ sinh thái thủy vực thường rất nhạy cảm với những tác động từ bên ngoài hệ, dễ biến động do các tác nhân bên ngoài (hoạt động phát triển kinh tế - xã hội, khai thác, ô nhiễm môi trường, thiên tai...).
- Diễn thế sinh thái của thủy vực nhiều khi diễn ra với tốc độ nhanh cả về lượng và chất trừ các hệ sinh thái ở biển cực sâu (ultra abyssal) ít tiếp xúc với bên ngoài.

II. CẤU TRÚC HỆ SINH THÁI THỦY VỰC

1. Các thành phần cấu trúc

Để mô tả được dễ dàng, trong cấu trúc hệ sinh thái có thể phân chia một cách hợp lý các thành phần sau:

1. *Những chất vô cơ* (C, N, CO₂, H₂O...) tham gia vào chu trình chuyển hóa vật chất;
2. *Những chất hữu cơ* (protein, glucit, lipid, các chất mùn...) liên kết các thành phần hữu sinh và vô sinh;
3. *Chế độ khí hậu* (nhiệt độ và các yếu tố vật lý khác);
4. *Sinh vật sản sinh*: sinh vật tự dưỡng, chủ yếu là thực vật có khả năng tạo thức ăn từ những chất vô cơ đơn giản qua quá trình quang hợp;
5. *Sinh vật lớn tiêu thụ* hoặc *sinh vật ăn sinh vật* - sinh vật dị dưỡng chủ yếu là động vật ăn các sinh vật khác hoặc các phần tử chất hữu cơ;

6. *Sinh vật nhỏ tiêu thụ, sinh vật phân hủy* - sinh vật dị dưỡng chủ yếu là vi khuẩn, nấm phân hủy các hợp chất phức tạp của chất nguyên sinh chết, hấp thụ một số sản phẩm phân hủy và giải phóng những chất vô cơ dinh dưỡng thích hợp cho việc sử dụng của sinh vật sản xuất, cũng như giải phóng các chất vô cơ là nguồn năng lượng, là chất ức chế hoặc kích thích đối với thành phần sinh học khác của hệ sinh thái.

Như vậy, trong cấu trúc trên có thể thấy ba thành phần đầu là môi trường vật lý và ba thành phần sau chính là quần xã sinh vật.

Bảng 5.1. Các thành phần trong hệ sinh thái thủy vực

Thành phần sinh thái	Đặc trưng
Các yếu tố vô sinh	Các loại muối dinh dưỡng: N, P, Si...; ánh sáng, nhiệt độ, độ trong...
Sinh vật sản sinh	Tảo phù phù, thực vật thủy sinh
Sinh vật sản sinh trong tầng tự dưỡng	Giáp xác, trùng bánh xe
Sinh vật sản sinh trong tầng dị dưỡng	Côn trùng đáy, động vật thân mềm, giáp xác (Ostracoda, tôm, cua)
Sinh vật lớn hiếu động	Cá, các loài bò sát, thú biển.
Vi sinh vật - sinh vật tiêu thụ (sinh vật hoại sinh)	Vi khuẩn và nấm.

2. Mối quan hệ giữa các thành phần trong cấu trúc

2.1. Cấu trúc dinh dưỡng và chuỗi thức ăn

Trong sinh giới, một loài sinh vật nào đó hoặc là vật sản xuất (tự dưỡng) hoặc là vật tiêu thụ (dị dưỡng), rất hiếm khi cùng thực hiện được cả hai chức năng này. Sinh vật sản xuất bao gồm nhóm thực vật, vi khuẩn lam có khả năng quang hợp, chúng sản xuất vật chất hữu cơ giàu năng lượng. Sinh vật tiêu thụ ăn thực vật hoặc các cơ thể khác. Có hai kiểu chuỗi thức ăn cơ bản tồn tại trong thiên nhiên: chuỗi thức ăn trong chu trình tiêu thụ con mồi và chuỗi thức ăn trong chu trình phân hủy.

Theo quan điểm của quan hệ dinh dưỡng, hệ sinh thái có hai thành phần: 1/ *Thành phần tự dưỡng* mà đặc tính cơ bản là hấp thụ năng lượng ánh sáng, sử dụng các chất vô cơ đơn giản và tạo nên các chất phức tạp. 2/ *Thành phần dị dưỡng* (ăn thức ăn khác) với đặc tính là sử dụng, sắp xếp lại và phân huỷ các chất phức tạp.

Cấu trúc dinh dưỡng của quần xã dựa vào chuỗi thức ăn: một cá thể ăn một cá thể được sản sinh trước đó. Trong hầu hết các quần xã, tồn tại một vài hoặc nhiều chuỗi thức ăn (food chain) mà có các quan hệ nối liền nhau tại các điểm khác nhau hình thành lưới thức ăn (food web). Lưới thức ăn cho hầu hết các quần xã là rất phức tạp, có hàng trăm, nghìn kiểu của cơ thể sống. Một cách đơn giản tiện lợi là nhóm các cơ thể sống thành các bậc (categories) đã biết thành mức dinh dưỡng, dựa trên cơ sở vị trí của chúng trong chuỗi thức ăn. Các bậc dinh dưỡng chính là sản sinh, tiêu thụ và phân huỷ.

2.2. Sinh vật sản sinh (producer)

Sinh vật sản sinh còn gọi là tự dưỡng (autotrophs) là các cơ thể sống có thể tạo thành thức ăn từ các vật chất vô cơ đơn giản. Trong thủy vực, đó là các nhóm thực vật bậc cao ngập nước và vi tảo. Quá trình tạo thành thức ăn là quang tổng hợp. Các nhóm thực vật quang tổng hợp trên cơ sở sử dụng CO_2 , nước và muối khoáng. Đầu tiên là tạo ra các bon hydrát và sau đó là các hợp chất hữu cơ và thải ô xy ra. Năng lượng là một thành phần quan trọng tham gia quá trình này. Trong quá trình quang hợp, năng lượng bức xạ mặt trời được các nhóm thực vật chuyển thành năng lượng hóa học và được tích lũy trong các liên kết hóa học của hợp chất tạo thành.

2.3. Sinh vật tiêu thụ (consumer)

Đó là các cơ thể sống thu nạp thức ăn từ các cơ thể sống khác. Nếu chúng ăn thực vật thì được gọi là vật tiêu thụ sơ cấp (còn gọi là nhóm ăn thực vật - herbivores). Nếu chúng tiêu thụ thức ăn gián tiếp từ thực vật bằng cách ăn động vật khác thì được gọi là vật ăn thịt (carnivores) hoặc vật tiêu thụ thứ cấp và vật tiêu thụ thứ ba. Tất cả các nhóm cơ thể sống ăn các thức ăn được làm sẵn đó được gọi là sinh vật dị dưỡng (heterotrophs). Trong thủy vực, Tất cả các nhóm động vật dị dưỡng bao gồm động vật nổi, động vật đáy, cá, lưỡng cư, chim nước và kể cả nấm và nhiều nhóm vi khuẩn. Sau quá trình

tiêu thụ thức ăn là quá trình hô hấp mà trong đó, các hợp chất hữu cơ được kết hợp với ô xy; năng lượng tích lũy được giải phóng và các bon đi ô xýt, nước cùng một số chất thải khoáng được hình thành. Hầu hết các bon đi ô xýt, nước, và chất khoáng có từ quá trình hô hấp được bài tiết ra ngoài dưới các dạng khác nhau.

Sự hô hấp là một quá trình tổng hợp, mỗi cá thể dị dưỡng hoặc tự dưỡng trong đó, thực vật hô hấp đã sử dụng năng lượng cho quá trình sinh trưởng và phát triển từ hô hấp các nguồn dinh dưỡng được sản sinh ra trước đó bởi quang tổng hợp.

2.4. Sinh vật phân hủy (decomposer)

Nhóm này trước đây được gọi nhóm sinh vật sống trên sinh vật đã bị chết và các cơ thể bị thối rữa. Chúng bao gồm vi sinh vật, nấm. Chúng sử dụng các thực vật, động vật, các chất bài tiết và phân hủy thành nguồn thức ăn của chúng. Các quá trình hô hấp, tiêu hóa và bài tiết về cơ bản là tương tự như tất cả các nhóm sinh vật dị dưỡng. Các vi sinh vật phân hủy truyền các enzym tiêu hóa vào trong các cơ thể đã chết và hấp phụ các phân tử thức ăn hơn là bẻ hoặc cắt thành từng mảnh và tiêu hóa chúng. Đặc điểm này đưa ra để so sánh sự khác nhau giữa dị dưỡng và tự dưỡng.

2.5. Lưới thức ăn

Trong các kiểu hệ sinh thái suối, sông, động vật không xương sống chiếm ưu thế, còn cá chiếm ưu thế ở các tầng nước trên. Trong nhóm động vật không xương sống thì các nhóm ấu trùng côn trùng, giun ít tơ, giun tròn, giáp xác và thân mềm rất phong phú. Trong các hệ sinh thái suối, lưới thức ăn ở tầng đáy được thiết lập từ sinh vật lượng của các cá thể và tỷ lệ chuyển giữa các bậc dinh dưỡng. Phương thức ăn của nhóm động vật không xương sống đáy là ăn thực vật, hoặc cắt vụn, phân hủy các mảnh vụn hữu cơ, ăn lọc.

Quan niệm kinh điển về các nhóm sinh vật của lưới thức ăn trong tầng nước

Nhiều năm qua, lưới thức ăn trong tầng nước được biết bao gồm các mức dinh dưỡng đã được xác định thông qua chúng, dòng năng lượng tạo ra. Bậc dinh dưỡng thấp nhất là các tế bào thực vật nổi (ở biển chủ yếu là tảo si líc và tảo giáp; ở nước ngọt chủ yếu là tảo lục,

biển rất đa dạng: động vật nguyên sinh, xoang tràng, hàm tơ, giun, thân mềm, chân đốt, giáp xác... Động vật nổi nước ngọt kém đa dạng hơn bao gồm giáp xác chân chèo, rêu ngành và trùng bánh xe, một số côn trùng.

- Động vật tự bơi (nekton) là những cơ thể đủ lớn đủ khả năng bơi nhanh vượt quá chuyển động của nước. Thuộc nhóm này có đông đảo các nhóm như ở biển có tôm cua, thân mềm (ốc anh vũ - nautilus), cá, rùa biển, rắn biển, hải cẩu, cá voi, chim cánh cụt. Động vật tự bơi ở nước ngọt kém phong phú hơn như giáp xác, côn trùng, cá, lưỡng cư, bò sát, và một số loài động vật có xương sống khác như rái cá, chim nước.

Quan niệm hiện đại về vai trò của quần xã sinh vật cực nhỏ trong lưới thức ăn

Một số các kết quả nghiên cứu gần đây đã làm thay đổi rất nhiều những khái niệm của chúng ta về cấu trúc, chức năng của lưới thức ăn. Nhờ sự phát triển phương pháp đo đặc hiện đại, đã có các phát minh gần đây về những nhóm sinh vật sản xuất mới, về chức năng sinh thái, về năng suất vực nước và về hoạt động và sự phong phú của giới vi sinh trong tầng nước, đặc biệt trong biển.

Sinh vật nổi cực nhỏ (Picoplankton với cơ thể có kích thước 0,2-2 μ m) bao gồm vi khuẩn cộng với các cơ thể nhân chuẩn (eukaryotic). Bằng phương pháp đếm trực tiếp thông qua nhuộm màu tế bào và sử dụng kính hiển vi huỳnh quang đã tính được mật độ của nhóm vi khuẩn này từ 10^5 đến hơn 10^6 tế bào/ml nước biển. Với số lượng như vậy là lớn hơn rất nhiều so với sự tính toán trước đây bằng cách đếm khuẩn lạc trên đĩa thạch nuôi vi khuẩn. Một phát hiện mới tuy nhỏ như nhóm picoplankton là vi khuẩn lam có khả năng quang tổng hợp thường có mặt và góp phần đáng kể cho năng suất sơ cấp ở thủy vực nghèo dưỡng (bảng 5.2). Sự đóng góp của picoplankton tới năng suất sơ cấp và sinh vật lượng biến đổi theo chiều rộng và chiều sâu...

Một phát hiện nữa là picoplankton như mầm tảo lục (prochlorophyte) với kích thước nhỏ (0,6-0,8 μ m) rất phong phú (đạt tới 10^{11} - 10^{15} tế bào/ml) trong tầng nước thấp hơn tầng được chiếu sáng ở vùng biển khơi. Đây là những cơ thể rất nhỏ chứa các diệp lục (chlorophin a, b và c).

Sinh vật nổi rất nhỏ (Nanoplankton với kích thước 2-20 μ m) bao gồm nhiều loại cơ thể, trong số đó, là những cơ thể quang tổng hợp, ăn thực vật và ăn thịt. Số lượng của chúng có thể tới 10⁴ tế bào/ml.

Sinh vật nổi nhỏ (Microplankton, kích thước 20-200 μ m) bao gồm các nhóm thực vật nổi như tảo si líc. Giáp xác chân chèo như Copepoda, râu ngành Cladocera và ấu trùng của các nhóm động vật khác lớn hơn cũng nằm trong nhóm này.

Như vậy, với kỹ thuật hiện đại, đã cho thấy ở biển, nhóm vi khuẩn là phong phú hơn nhiều so với những hiểu biết trước đây. Những phương pháp thu thập vật mẫu động vật hiện đại ở biển đã cho thấy rằng ý tưởng cũ về giáp xác chân chèo là nhóm động vật nổi chủ yếu trong lưới thức ăn tự nhiên trong tầng nước cần được xem lại.

Bảng 5.2. Tỷ lệ giữa năng suất sơ cấp và sinh khối của picoplankton trong các hệ sinh thái biển và nước ngọt

	Năng suất sơ cấp		Sinh khối	
	Tỷ lệ (mgC/m ³ /giờ)	% tổng năng suất sơ cấp	Hàm lượng Clorophin (mg/m ³)	% tổng số clorophin
Nước biển	1-31	1-90	0,5-1	1-90
Nước ngọt	1-8	16-70	0,3-1	0,2-43

Nguồn: Stockner, 1988.

2.6. Tháp số lượng và sinh khối

Khái niệm tháp số lượng và sinh khối là những khía cạnh biểu thị cấu trúc quần xã và dòng năng lượng trong hệ sinh thái. Tại các hệ sinh thái thủy vực, sinh khối của các mức dinh dưỡng không biểu diễn hình tháp rõ rệt như ở các hệ sinh thái trên cạn. Trong thủy vực hồ cũng như đại dương, tại những thời điểm nào đó, sinh khối nhóm sinh vật sản sinh lại nhỏ và sinh sản nhanh (ví dụ như các nhóm tảo đơn bào) và sinh khối các nhóm sinh vật tiêu thụ lớn hơn và có chu kỳ sống lâu hơn (ví dụ như cá và động vật không xương sống cỡ lớn).

III. CHUYỂN HÓA VẬT CHẤT VÀ NĂNG LƯỢNG Ở HỆ SINH THÁI THỦY VỰC

1. Các quá trình chuyển hóa vật chất chủ yếu

Hệ sinh thái nói chung, các hệ sinh thái thủy vực nói riêng cũng thực hiện các chức năng cơ bản của mình là thực hiện các quá trình đồng hóa và dị hóa hay nói một cách khác là quá trình tổng hợp và phân hủy vật chất vô cơ và hữu cơ trong hệ. Hai quá trình này luôn tồn tại trong quá trình phát triển và được điều chỉnh trong điều kiện tự nhiên để hệ sinh thái đạt trạng thái cân bằng và ổn định.

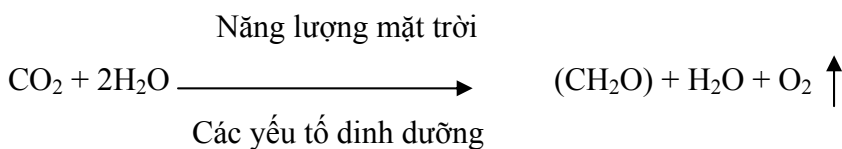
1.1. Quá trình tổng hợp

Trong các hệ sinh thái thủy vực, quá trình tổng hợp được thực hiện bằng hai phương thức cơ bản: quang hợp và tổng hợp

1.1.1. Quá trình quang tổng hợp

a. Quá trình quang hợp của thực vật thủy sinh

Thực vật trong môi trường nước bao gồm thực vật nổi, thực vật đáy và thực vật thủy sinh bậc cao có khả năng quang hợp. Trong quang hợp, chất diệp lục (chlorophyll) đóng một vai trò quan trọng như một chất xúc tác giúp cho thực vật thực hiện quá trình tổng hợp dưới ánh sáng của mặt trời: biến đổi diôxit các bon và nước thành các bon hydrat, đồng thời thải ra ô xy ra môi trường bên ngoài.

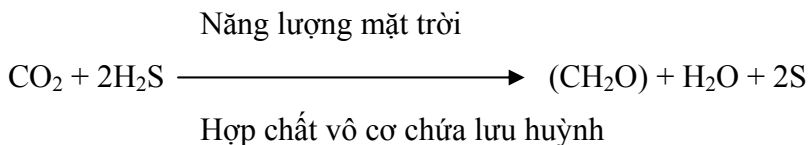


Như vậy, sức sản xuất của một hệ sinh thái thủy vực phụ thuộc vào điều kiện ánh sáng, hàm lượng các muối dinh dưỡng khoáng là các yếu tố khởi đầu cho một chu trình tổng hợp của thực vật còn gọi là quá trình quang tổng hợp. Trong thực tế, một số các hệ sinh thái đầm hồ nông, vùng cửa sông, ven biển là những nơi có cường độ quang tổng hợp cao, các thủy vực đó thường có năng suất sơ cấp lớn.

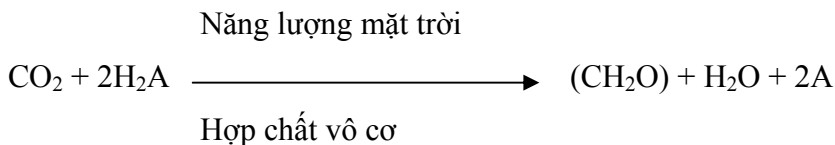
b. Quá trình quang hợp của vi khuẩn

Trong các thủy vực tự nhiên, hầu hết các nhóm vi khuẩn có màu (xanh) đều có khả năng thực hiện quá trình quang tổng hợp. Tuy nhiên, lượng vật chất hữu cơ từ quá trình quang tổng hợp của vi khuẩn không đóng vai trò đáng kể trong thủy vực nhưng chúng lại có những vai trò nhất định trong việc thực hiện các chu trình sinh - địa - hóa học ở thủy vực.

Trong quá trình quang hợp của vi sinh vật trong thủy vực, chất bị ô xy hóa (chất cho điện tử) không phải là nước mà là hợp chất vô cơ chứa lưu huỳnh như đihydro sulfur (H_2S) hoặc các hợp chất vô cơ khác. Quá trình này diễn ra dưới sự tham gia của vi khuẩn lưu huỳnh xanh và đỏ (*Chlorobacteriaceae* và *Thiorhodaceae*), hoặc các nhóm vi khuẩn không lưu huỳnh đỏ và nâu (*Athiorhodaceae*) không tạo ra ô xy phân tử.



Hoặc công thức quang hợp dưới dạng tổng quát:



Ở đây, chất khử (hay chất bị ô xy hóa hoặc chất cho điện tử) là các hợp chất vô cơ hay hữu cơ có chứa lưu huỳnh, còn A có thể là các chất khác như ô xy phân tử hay phân tử lưu huỳnh.

1.1.2. Quá trình hóa tổng hợp

Quá trình hóa tổng hợp diễn ra với sự tham gia của một số nhóm vi sinh vật xảy ra không cần năng lượng ánh sáng mặt trời, song lại cần một lượng ô xy để tiến hành phản ứng ô xy hóa. Quá trình này thường diễn ra ở lớp trầm tích đáy thủy vực. Với sự tham gia của vi sinh vật như nhóm vi khuẩn *Beggiatoa* (ở nơi giàu sulphat) và *Azotobacter*..., những hợp chất vô cơ đơn giản được ô xy hóa như

từ ammonia thành nitrit, từ nitrit thành nitrat, từ sulphit thành lưu huỳnh, từ Fe^{2+} thành Fe^{3+} ...

Như vậy, vi khuẩn hóa tổng hợp chủ yếu tham gia vào quá trình sử dụng lại các hợp chất các bon hữu cơ chứ không tham gia vào việc tạo thành nguồn dinh dưỡng sơ cấp như quá trình quang hợp. Nhờ khả năng tổng hợp trong bóng tối, vi khuẩn hóa tổng hợp không chỉ lôi cuốn các chất hữu cơ vào các chu trình sản xuất vật chất hữu cơ mà còn sử dụng hết các nguồn dinh dưỡng thải ra từ các sinh vật tiêu thụ để tạo thành chất hữu cơ.

1.2. Quá trình phân hủy

Quá trình phân hủy ngược lại với quá trình tổng hợp và chỉ diễn ra dưới sự tham gia của các nhóm vi sinh vật. Quá trình này trong tự nhiên cũng được phân biệt có hai dạng cơ bản: hô hấp hiếu khí và hô hấp yếm khí.

1.2.1. Hô hấp hiếu khí (ô xy hóa sinh học)

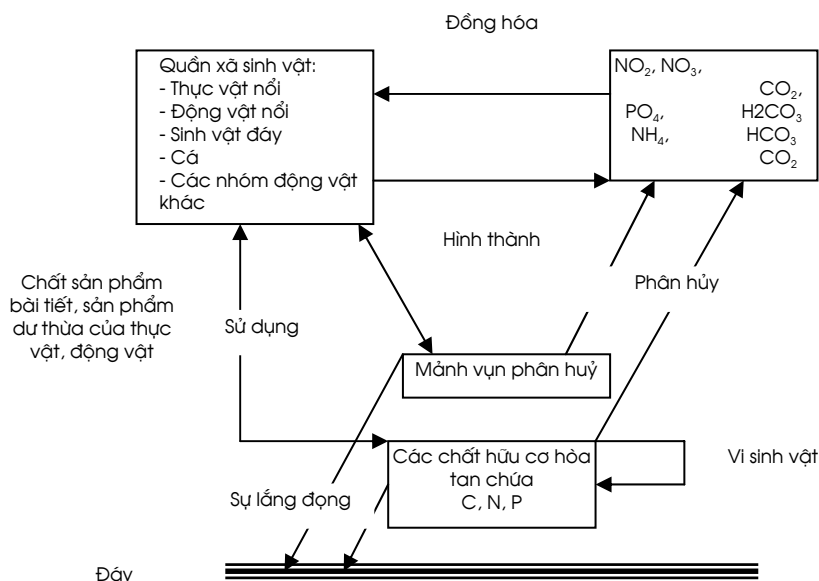
Trong quá trình này, chất nhận điện tử (chất ô xy hóa) là ô xy phân tử. Hô hấp hiếu khí ngược lại với quá trình quang hợp, tức là các chất hữu cơ được phân hủy thành các sản phẩm cuối cùng là CO_2 và nước.

1.2.2. Hô hấp yếm khí

Quá trình này diễn ra trong điều kiện môi trường không có ô xy. Chất nhận điện tử không phải là ô xy mà là các hợp chất vô cơ, hữu cơ khác nhau.

2. Chu trình vật chất chủ yếu

Năng lượng trong các hệ sinh thái dưới các dạng liên kết hóa học của các hợp chất hữu cơ được làm nên bởi các nguyên tố các bon, ô xy, nitơ, sulfur, silic và có thể hơn 20 nguyên tố cơ bản khác. Các nguyên tố này chuyển động trong các chu trình vô sinh (abiotic) và hữu sinh (biotic) trong hệ sinh thái như các quá trình hình thành các bậc dinh dưỡng trong hệ từ sinh vật sản xuất đến sinh vật tiêu thụ. Các vật chất chuyển động trong các chu trình sinh địa hóa (biogeochemical cycles) diễn ra trong các hệ sinh thái.



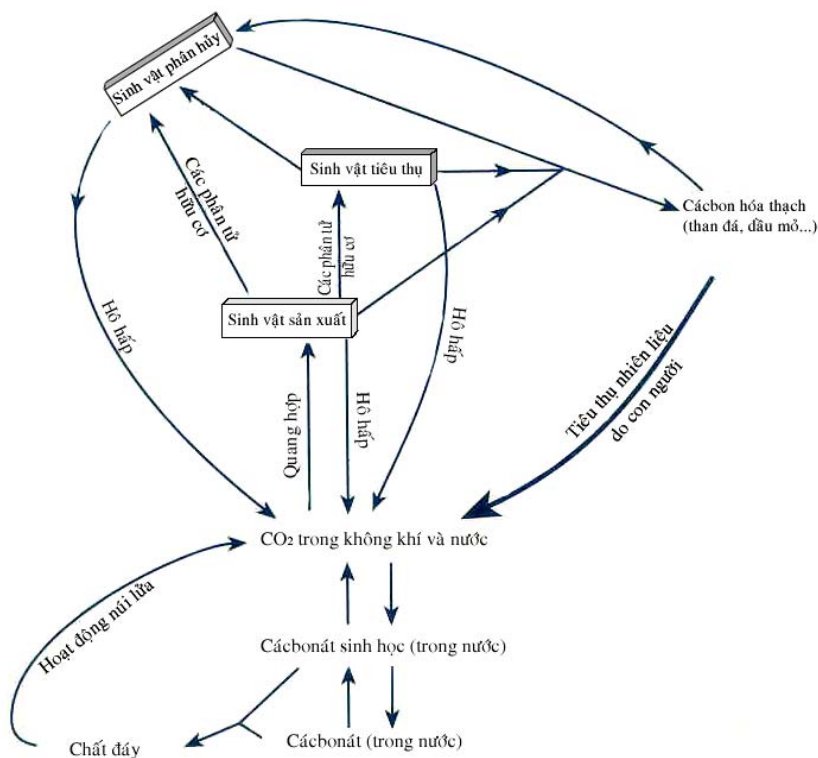
Hình 5.3. Sơ đồ tổng quát về các chu trình vật chất diễn ra trong đại dương (Moixev, 1969)

2.1. Chu trình Các bon

Các bon là một trong những nguyên tố quan trọng tham gia vào cấu trúc cơ thể sống. Các bon tham gia vào chu trình ở bước khởi đầu là các bon dioxit (CO_2). Trong thủy vực, các bon dioxit có ở trong thực vật thủy sinh hoặc ở trong nước, được sinh ra bởi thực vật trong quá trình quang tổng hợp. Trong quá trình thực vật sử dụng các hợp chất hữu cơ, một số khí các bon dioxit được thải ra môi trường, nhưng nhiều các bon dioxit vẫn được giữ lại trong cơ thể thực vật. Tất cả các sinh vật tiêu thụ và phân hủy đã thải một lượng các bon trở lại môi trường nước thông qua quá trình hô hấp.

Trong môi trường nước, khi các bon dioxit hòa tan, tạo thành một phức hợp dưới dạng axit các bon níc. Bị các bô nát và các bô nát được hình thành. Các bô nát không hòa tan tất cả và có thể bị kết tủa và được phân giải thành trầm tích đáy của hồ, biển và đại dương. Chúng có thể bị phân hủy trở lại và giải phóng ra khí các

bon dioxit từ môi trường nước vào khí quyển. Càng có nhiều CO_2 trong không khí thì càng có nhiều CO_2 hòa tan trong nước. Các vật chất trở thành trầm tích có khả năng quay trở lại hệ nhưng rất chậm, khoảng 100 triệu năm. Các trầm tích đó có thể quay trở lại chu trình bởi quá trình địa chất như hoạt động của núi lửa hoặc thành tạo đất vùng đá vôi (các bô nát can xi).



Hình 5.4. Chu trình các bon (theo Brewer, 1994)

Một phức hệ khác được lưu giữ trong các bon hóa thạch. Một số vật chất hữu cơ chết dưới dạng than bùn. Tổng lượng vật chất hữu cơ mới được tạo thành mà không có sự phân hủy dường như rất ít, nhưng một lượng lớn hữu cơ đã được tích lũy qua các kỷ phát triển đời sống của trái đất, khoảng 65 triệu năm và kết thúc 280 triệu năm qua. Trong kỷ Các bon (carboniferous), là khoảng thời gian mà

than, dầu, khí được tạo thành. Trước khi con người tham gia vào quá trình tiêu thụ năng lượng vật chất này thì vi khuẩn dầu đã có khả năng sử dụng dầu như là nguồn các bon và năng lượng của chúng. Đối với thực vật, sự dồi dào nước và ánh sáng mặt trời cùng với nhiệt độ thích hợp, CO_2 có thể là yếu tố giới hạn sinh trưởng. Hàm lượng các bon dioxit cao là điều kiện thuận lợi cho gia tăng sinh trưởng của thực vật.

2.2. Chu trình Ni tơ

Nitơ là một chất dinh dưỡng quan trọng tác động tới năng suất của thủy vực. Nitơ là một nguyên tố chiếm gần 80% thể tích khí quyển. Một lượng lớn nitơ của khí quyển có nguồn gốc từ sự cố định phân tử nitơ (N_2). Thực vật sử dụng nitơ để sản xuất protein và các hợp chất khác. Trong các hệ sinh thái thủy vực, các dạng nitơ bao gồm: 1/ Phân tử nitơ hòa tan (N_2); 2/ Ammonia (NH_4^+); 3/ Nitrit (NO_2^-); 4/ Nitrat (NO_3^-); và 5/ Một lượng lớn các hợp chất hữu cơ như amino axit, amin, nucleotit, protein, và hợp chất mùn tro với hàm lượng nitơ thấp. Hầu hết thực vật đều sử dụng nitơ dưới dạng ammonia hoặc nitrat (hình 5.5). Nitơ có thể là yếu tố giới hạn sự phát triển. Động vật sản sinh ra protein của chúng từ protein của thức ăn, các vật phân hủy cũng tạo nên protein trong quá trình phân hủy động, thực vật bị chết. Khi protein được sử dụng trong quá trình hô hấp, một lượng thải chứa nitơ được tạo thành.

Chu trình nitơ là một quá trình sinh hóa phức tạp, trong đó, nitơ với các dạng khác nhau được luân phiên biến đổi bởi sự cố định nitơ, sự đồng hóa và sự khử nitrat thành N_2 . Trong thực tế, chu trình nitơ là quá trình vi sinh diễn ra trong tự nhiên: sự ô xy hóa bởi vi sinh vật, và sự khử các hợp chất nitơ xảy ra thành từng cặp với sự đồng hóa quang tổng hợp và sự sử dụng bởi tảo và các thực vật thủy sinh bậc cao. Chu trình nitơ bao hàm sự cân bằng giữa lượng nitơ đầu vào và nitơ thải ra từ hệ sinh thái thủy vực.

- Nguồn nitơ vào thủy vực bao gồm: 1/ Nitơ dưới dạng hạt (dry fallout) và từ mưa rơi xuống mặt hồ; 2/ Sự cố định nitơ từ trong nước và trầm tích và 3/ Nguồn nitơ vào từ vùng lưu vực nước mặt, nước ngầm.

- Sự thải nitơ ra bao gồm: 1/ Dòng chảy ra khỏi vùng lưu vực; 2/ Sự khử nitrat thành N_2 bởi vi khuẩn khử nitrat và thải N_2 vào khí quyển; 3/ Nitơ vô cơ và hữu cơ lắng đọng xuống lớp trầm tích.

Trong quá trình bị thực vật sử dụng, nitơ có thể bị mất đi bởi một số cách. Trong điều kiện môi trường nước hiếu khí, vi khuẩn nitrit đã chuyển ammonia thành nitrit và vi khuẩn nitrat đã chuyển ammonia thành nitrat. Trong quá trình gọi là nitrit hóa, vi khuẩn tham gia vào là quá trình tự dưỡng hóa tổng hợp. Vai trò trực tiếp của động vật trong chu trình nitơ là rất nhỏ, tuy nhiên, trong điều kiện nhất định, động vật ăn thực vật có thể ảnh hưởng tới quần thể vi sinh vật và tốc độ chuyển hóa nitơ cũng như tỷ lệ sử dụng nitơ bởi các cơ thể có khả năng quang tổng hợp.

Nếu trong đất, sự cố định nitơ bởi vi sinh vật tạo thành một lượng nitơ lớn thì trong thủy vực (hồ, sông, suối), sự cố định nitơ bởi vi sinh vật và tảo lam tạo thành nitơ ít hơn.

- Hàm lượng N_2 trong nước bao giờ cũng cân bằng với N_2 trong khí quyển trong thời kỳ hồ pha trộn tuần hoàn. Trong thời kỳ phân tầng, ở các hồ có năng suất, hàm lượng N_2 có thể giảm ở tầng mặt do khả năng hòa tan giảm bởi nhiệt độ cao lên, hàm lượng N_2 có thể cao ở tầng đáy do sự khử nitrat.
- Sự cố định N_2 của tảo lam bao giờ cũng lớn hơn so với sự cố định N_2 của vi khuẩn. Sự cố định N_2 của tảo lam phụ thuộc vào ánh sáng và bao giờ cũng phù hợp với sự phân bố theo không gian và thời gian của tảo lam. Sự đồng hóa ammonia tiêu ít năng lượng hơn so với đồng hóa nitrat và đồng hóa nitrat lại tiêu ít năng lượng hơn so với đồng hóa nitrit. Quá trình đồng hóa N_2 của tảo lam tăng lên khi hàm lượng NH_4 và NO_3 giảm trong tầng sản sinh dinh dưỡng.

Ammonia được sinh ra từ vi khuẩn dị dưỡng và được xem là sản phẩm nitơ sơ cấp và sản phẩm cuối cùng của sự phân hủy protein và các hợp chất hữu cơ chứa nitơ khác. Ammonia biểu thị bởi ion NH_4^+ và sẵn sàng được thực vật đồng hóa trong tầng sản sinh dinh dưỡng.

- Hàm lượng $\text{NH}_4\text{-N}$ bao giờ cũng thấp ở các thủy vực hiếu khí do được thực vật sử dụng trong tầng được chiếu sáng. Thêm vào đó, sự nitrat hóa của vi khuẩn diễn ra ở đó, NH_4^+ được ô xy hóa thông qua một vài chất trung gian để trở thành NO_2^- và NO_3^- .
- Khi tầng đáy của hồ phú dưỡng bị hiếm khí, sự nitrat hóa bởi vi khuẩn dừng, quá trình ô xy hóa ở tầng nước sát đáy cũng không còn, điều đó làm giảm khả năng hấp phụ của trầm tích. Có sự gia tăng đáng kể NH_4^+ thải ra từ trầm tích đáy, làm cho hàm lượng $\text{NH}_4\text{-N}$ của tầng đáy tăng lên.
- Sự nitrat hóa của vi khuẩn trải qua hai giai đoạn: 1/ Sự ô xy hóa NH_4^+ thành NO_2^- bởi *Nitrosomonas* và vi khuẩn, bao gồm chất ô xy hóa methane và 2/ Sự ô xy hóa NO_2^- thành NO_3^- mà trong đó, *Nitrobacter* chiếm ưu thế trong hệ vi sinh vật tham gia vào quá trình này.
- Nitrat được đồng hóa và tạo thành amin và thành các hợp chất chứa nitơ bên trong cơ thể sinh vật. Các chất nitơ này tham gia vào chu trình quang tổng hợp. Khi sự trao đổi chất của các cơ thể sinh vật diễn ra bình thường và khi chết, nitơ được giải phóng thành ammonia.
- Nitrat (NO_3^-) là dạng chung của nitơ vô cơ từ các vùng lưu vực nước mặt và nước ngầm, từ nước mưa xâm nhập vào môi trường nước của thủy vực. Trong các thủy vực nghèo dưỡng có thành tạo đá bazan, nếu có sự gây ô nhiễm bởi con người phát sinh ra có thể làm tải lượng nitrat ưu thế.
- Sự khử nitrat của vi khuẩn là quá trình làm giảm các anion của nitơ đã được ô xy hóa (NO_2^- , NO_3^-): NO_3^- thành NO_2^- thành N_2O thành N_2 . Ô xýt nitơ (N_2O) nhanh chóng bị khử thành N_2 và không bao giờ thấy một lượng đáng kể trong thủy vực. Sự khử nitrat được thực hiện bởi nhiều chủng vi khuẩn yếm khí mà nó có khả năng sử dụng nitrat như là nguồn ô xy trong quá trình ô xy hóa các chất hữu cơ. Sự khử nitrat xảy ra trong môi trường yếm khí như ở tầng đáy của các hồ phú dưỡng hoặc trong tầng trầm tích thiếu ô xy.

Nitơ hữu cơ hòa tan (DON) thường chiếm trên 50% tổng lượng nitơ hòa tan trong nước ngọt.

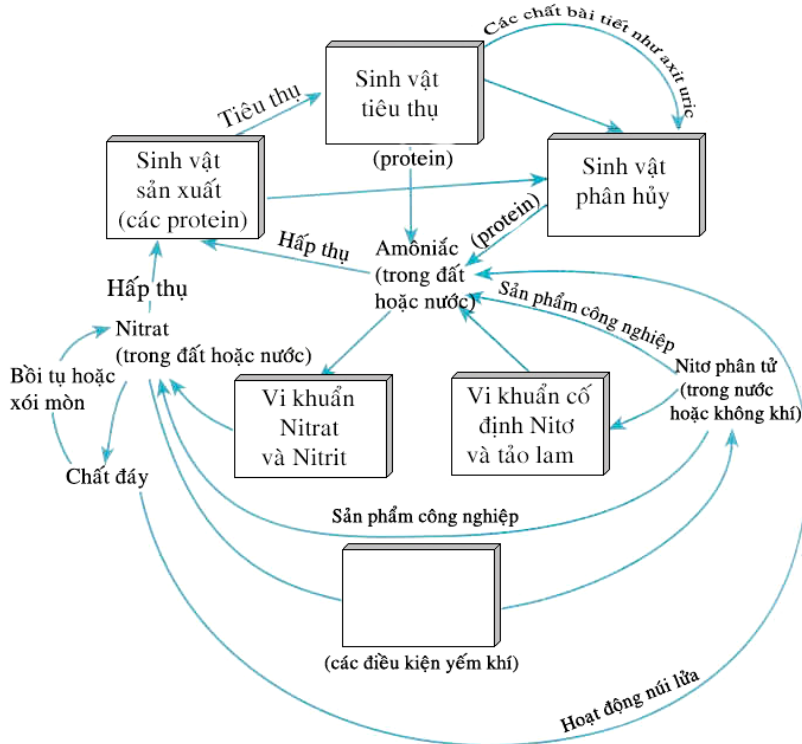
- Trên một nửa DON là hợp chất nitơ amino, hầu hết dưới dạng polypeptit và hợp chất nitơ phức hợp.
- Tỷ số của DON với nitơ hữu cơ dạng hạt (PON) ở tuổi và hồ bao giờ cũng từ 5/1 đến 10/1. Với hồ phú dưỡng hơn thì tỷ số DON/PON giảm.

Sự phân bố nitơ trong hồ có thể biến đổi nhanh chóng. Thí dụ, sự phân bố nitơ ở tầng nước sâu biểu thị rằng hồ đang trở nên có khả năng sản sinh hơn, hàm lượng của $\text{NO}_3\text{-N}$ và $\text{NH}_4\text{-N}$ trong tầng sản dưỡng có thể bị giảm chút ít bởi sự đồng hóa quang tổng hợp. Tảo lam với khả năng cố định nitơ có thể trở nên chiếm ưu thế. Trong tầng nước sâu, yếm khí, hàm lượng $\text{NH}_4\text{-N}$ được tích lũy từ trầm tích trong điều kiện yếm khí.

Có nhiều nitơ tổng số trong lớp trầm tích dưới dạng không có khả năng sử dụng sinh học. Trong số đó, có một số có khả năng sử dụng dưới dạng hòa tan trong tầng nước và trong khối nước sát trầm tích đáy (và cả thảm thực vật ven bờ của hồ có khả năng sản sinh). Tốc độ quay vòng $\text{NH}_4\text{-N}$ diễn ra nhanh trong nước nhưng chậm trong lớp trầm tích. Ngược lại, $\text{NO}_3\text{-N}$ quay vòng chậm trong nước, nhanh trong lớp trầm tích mà ở đó, trong điều kiện yếm khí ở hồ phú dưỡng, $\text{NO}_3\text{-N}$ nhanh chóng bị khử thành N_2 .

Lượng nitơ vô cơ tăng trong sông, hồ bởi các hoạt động nông nghiệp, hoặc từ nước thải và từ ô nhiễm khí quyển do con người tạo ra. Trong các hồ nghèo dưỡng, không có khả năng sản sinh thì photpho lại là chất dinh dưỡng giới hạn sự phát triển của thực vật. Lượng photpho tới các thủy vực nước ngọt tăng lên làm cho thủy vực đó có khả năng sản sinh hơn thì nitơ lại trở thành chất dinh dưỡng giới hạn phát triển thực vật.

Các cơ thể cố định nitơ chuyển các phân tử nitơ trong khí quyển thành ammonia. Quá trình cố định nitơ là một quá trình tạo năng lượng thừa thãi nhưng một số lượng lớn các cơ thể sinh vật đã thực hiện được điều đó bao gồm cả vi khuẩn quang tổng hợp và dị dưỡng trong điều kiện hiếu khí lẫn trong điều kiện yếm khí. Quá trình này có thể diễn ra trong điều kiện cộng sinh lẫn không cộng sinh.



Hình 5.5. Chu trình ni tơ (theo Brewer, 1994)

2.3. Chu trình Phốt pho

Không có một yếu tố nào trong các thủy vực, đặc biệt các thủy vực nước ngọt được nghiên cứu nhiều như phốt pho. Phốt pho đóng một vai trò quan trọng trong trao đổi chất sinh học. So sánh với các yếu tố dinh dưỡng đa lượng khác mà sinh vật đòi hỏi, phốt pho là kém phong phú nhất và nhìn chung, là yếu tố dễ giới hạn năng suất sinh học. Có nhiều số liệu định lượng về sự phân bố theo mùa và theo không gian của phốt pho ở suối, sông và hồ cũng như tải lượng của thủy vực tiếp nhận chúng từ vùng lưu vực.

- Trong thủy vực nước ngọt, dạng phốt pho vô cơ quan trọng nhất là phốt phát (PO_4^{3-}). Phốt phát chỉ được sử dụng trực tiếp dưới dạng phốt phát vô cơ hòa tan. Phốt phát cực kỳ

nhạy cảm và phản ứng với nhiều cation (thí dụ Ca, Fe) đặc biệt là dưới điều kiện ô xy hóa liên quan tới các hợp chất không hòa tan kết tủa. Phốt phát cũng có thể bị giảm bởi sự hấp phụ thành dạng keo vô cơ và các hợp chất dạng hạt (thí dụ đất sét, các bô nát, hydrô xyt).

- Một tỷ lệ lớn phốt phát trong thủy vực nước ngọt dưới dạng phốt phát hữu cơ và nằm trong thành phần tế bào của cơ thể sinh vật cả ở dạng sống hoặc đã chết và cả bên trong hoặc bám vào keo hữu cơ.
- Dãy nồng độ của phốt pho tổng số trong các thủy vực nước ngọt rất lớn, dao động từ $< 5\mu\text{g/l}$ trong hồ không có khả năng sản sinh tới $> 100\mu\text{g/l}$ trong hồ phú dưỡng. Hầu hết các hồ đều vô hại khi có hàm lượng phốt pho tổng số từ 10 đến $50\mu\text{g/l}$.
- Trong khi hàm lượng phốt pho tổng số hòa tan trong hồ nghèo dưỡng có diễn biến thay đổi ít theo sự gia tăng độ sâu thì ở hồ phú dưỡng, thấy rõ sự gia tăng đáng kể hàm lượng phốt pho theo độ sâu. Vùng nước giáp ranh với tầng trầm tích có nhiều phốt pho hòa tan.

Sự trao đổi phốt pho giữa trầm tích và nước được điều chỉnh bởi các phản ứng ô xy hóa - khử phụ thuộc vào sự cung cấp ô xy, khả năng hòa tan chất khoáng và cơ chế thấm bề mặt (sorptive), hoạt động trao đổi chất của vi khuẩn và nấm, sự nhiễu động từ các hoạt động vật lý và sinh học.

- Ở một vài milimet trên lớp trầm tích, sự trao đổi diễn ra thấp và được kiểm soát bởi tốc độ khuếch tán thấp.
- Nếu nước ở trên lớp trầm tích có ô xy (hàm lượng khoảng $> 1\text{ mg/l}$) thì một vi tầng ô xy hóa được hình thành ở phía dưới khe trầm tích - nước (0 tới - 5mm), dưới đó là trầm tích thường xuyên là môi trường cực kỳ khử.
- Khi tầng đáy trở nên yếm khí ở các hồ sản sinh, vi tầng ô xy hóa bị mất đi, phốt phát và ion sắt được trở lại tầng nước khi điều kiện khử đạt tới tiềm năng ô xy hóa - khử (E) khoảng + 200mv.

- Phốt phát hòa tan có thể được tích lũy với một số lượng lớn trong tầng đáy yếm khí. Khi có sự tuần hoàn nước vào mùa thu - đông, ion sắt bị ô xy hóa nhanh chóng, kết tủa nhiều với phốt pho tạo thành phốt phát sắt.
- Lượng phốt pho ở khối nước sát trầm tích đáy có thể gia tăng bởi sự nhiễu động vật lý hoặc sinh học:
 - Thực vật thủy sinh có rễ thường thu nạp phốt phát từ trầm tích và có thể thải một lượng lớn vào môi trường nước trong thời kỳ sinh trưởng cũng như khi đã chết.
 - Mật độ quần thể cao của các nhóm động vật không xương sống ở trầm tích đáy như các nhóm ấu trùng côn trùng có thể làm tăng sự trao đổi phốt pho giữa lớp trầm tích và khối nước.

Các nghiên cứu gần đây về chu trình phốt pho trong tầng sản dưỡng đã cho rằng sự trao đổi phốt pho giữa các dạng khác nhau của chúng diễn ra rất nhanh và bằng nhiều cách thức.

- Một tỷ lệ lớn, thường > 95% phốt pho nằm trong dạng hạt của sinh vật sống, đặc biệt ở tảo.
- Phốt pho hữu cơ ở các chất cái (seston) ở vùng giữa thủy vực ít nhất có hai dạng:
 - Dạng phốt phát được chuyển nhanh qua pha dạng hạt tới các hợp chất phân tử nặng.
 - Dạng vật chất phốt pho dạng keo hoặc hữu cơ được thải ra và vào chu trình chậm hơn.
- Phốt pho được hình thành và quay vòng nhanh ở một số hồ với tốc độ xoay vòng 5-100 phút trong mùa hè. Trong mùa đông, tốc độ quay vòng chậm hơn. Sự quay vòng phốt pho nhìn chung nhanh hơn trong hồ nghèo dưỡng với sự thiếu hụt phốt pho lớn hơn.
- Động vật nổi ăn chất cái, bài tiết ra phốt pho hòa tan và ammonia. Các chất này được tảo và vi khuẩn sử dụng. Khi sự cung cấp phốt pho thấp, nguồn phốt pho tái chu trình

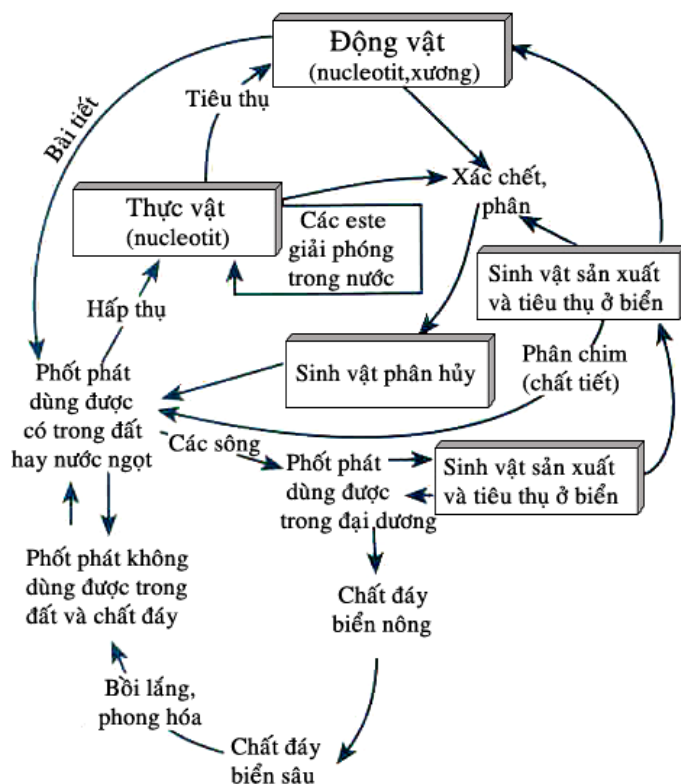
này có thể là chất giới hạn sự sinh trưởng và diễn thế thực vật nổi.

- Nhu cầu phốt phát cho tảo khác nhau tùy từng loài dẫn tới việc một số loài tảo lựa chọn các nguồn cung cấp phốt phát nhất định cho mình

Sự lắng đọng phốt pho dạng hạt ở trầm tích sẽ làm mất đi một lượng phốt pho trong vùng sản sinh dinh dưỡng. Kết quả là phốt pho mới phải vào hệ sinh thái nhằm duy trì hoặc tăng khả năng sản xuất.

- Phốt pho vào thủy vực từ nước mưa và từ dòng chảy vào của nước mặt, nước ngầm. Lượng phốt pho thay đổi tùy theo phương thức sử dụng đất, đặc điểm địa chất và hình thái của vùng lưu vực, độ màu mỡ của đất, hoạt động của con người, mức độ ô nhiễm và các yếu tố khác.
- Khi phốt pho bổ sung cho thủy vực không có khả năng sản sinh, kể cả trong thực nghiệm cũng như trong thực tế (hoạt động của con người), thường gây ra phản ứng là năng suất tảo tăng nhanh chóng.
- Một số các mô hình cân bằng khối lượng đã được nghiên cứu để dự báo lượng phốt pho liên quan với thời gian tồn lưu nước, các phản ứng gia tăng sinh khối và năng suất tảo.

Sự quay vòng trung bình của phốt phát trong tầng mặt của hồ vào mùa hè diễn ra chỉ trong vài phút (Wetzel, 1983). Về mùa đông, thời gian quay vòng lâu hơn, thường là vài giờ. Thời gian quay vòng phốt phát ở biên và đại dương cũng diễn ra tương tự. Sự tái quay vòng không hoàn toàn 100% và phốt phát có khuynh hướng tích lũy dưới dạng các hợp chất không hòa tan ở trầm tích và hàm lượng phốt pho dưới dạng này cao gấp hàng trăm lần so với ở trong nước. Phốt phát trong nước ngọt có khuynh hướng tải ra biển, đại dương và cuối cùng được tích lũy trong trầm tích biển. Sự tái chu trình phốt pho từ biển vào đất liền là chậm chạp vì hầu hết là phốt pho không hòa tan. Hiện nay, phốt pho từ biển vào lục địa dường như chỉ thông qua con đường di cư vào đất liền của một số động vật biển như các loài cá, các loài thú biển, chim biển.



Hình 5.6. Chu trình photpho (theo Brewer, 1994)

2.4. Chu trình lưu huỳnh

Lưu huỳnh là thành phần cơ bản trong chất nguyên sinh dưới dạng các amino axit, enzym và một số các hợp chất nhất định có thể tạo thành mùi. Lưu huỳnh gần như lúc nào cũng có số lượng tương ứng với nhu cầu đòi hỏi cao cho tổng hợp protein và este sun phát. Tuy vậy, lưu huỳnh hiếm khi là yếu tố giới hạn sự phát triển của thực vật trong điều kiện tự nhiên. Chức năng của sun phát và hydrogen sulfit được tạo thành bởi sự phân hủy vật chất hữu cơ tuy nhiên, sự phân tầng của các thủy vực có khả năng sản sinh đã ảnh hưởng tới chu trình của các chất dinh dưỡng khác, năng suất và sự phân bố sinh vật.

- Các hợp chất lưu huỳnh trong khí quyển có nguồn gốc ban đầu từ sự đốt cháy than, dầu rồi quay trở lại đất thông qua mưa dưới dạng khô hoặc hạt. Các thành phần lưu huỳnh này, trên phạm vi toàn cầu đóng góp một nguồn lưu huỳnh chính cho các thủy vực nước ngọt và trong nhiều thủy vực nước ngọt tự nhiên, lượng này đã vượt quá lượng đầu vào từ đất đá và nước mặt cũng như nước ngầm.
- Sun phát là dạng đầu tiên của lưu huỳnh trong thủy vực có ô xy: hydrogen sulfit tích lũy trong tầng yếm khí có sự phân hủy cao của các hồ có khả năng sản sinh mà ở đó, thế năng ô xy hóa khử giảm xuống tới dưới 100mv.
- Hầu hết lưu huỳnh trong hồ đều dưới dạng sun phát hoặc hydrogen sulfide. Các chất protein chứa lưu huỳnh của chất cái, este sun phát và sulfit hòa tan là thành phần khởi đầu của trầm tích.
- Mặc dầu ô xy được lưu huỳnh thu nhận do quá trình khử sun phát của vi sinh vật, H_2S sẵn sàng sử dụng ô xy dựa trên sự xâm nhập tới chất nền hiếu khí.
- Vi sinh vật ô xy hóa lưu huỳnh có hai kiểu chính:
 - Vi sinh vật ưa khí hóa tổng hợp ô xy hóa hợp chất sun phua và lưu huỳnh nguyên tố thành sun phát.
 - Vi sinh vật lưu huỳnh quang tổng hợp sử dụng ánh sáng như là nguồn năng lượng và khử hợp chất lưu huỳnh thành các chất mang điện tử (electron donors) trong quá trình khử quang tổng hợp của CO_2 .

Các hoạt động của con người đã gây ảnh hưởng rất lớn đến chu trình lưu huỳnh. Ở mức độ toàn cầu, hơn 1/4 lưu huỳnh đi vào khí quyển dưới dạng sulfur dioxide từ sự đốt cháy các nhiên liệu hóa thạch (Kellogg et al., 1972); Ở Bắc Mỹ, con số này chiếm trên 90% (Galloway & Whelphere, 1980). Các phản ứng hóa học trong khí quyển tạo nên axit sulphuric gây mưa axit.

không hòa tan cao, đặc biệt là sulphit sắt (FeS). Bởi vậy, trong các hồ cực giàu dinh dưỡng (hypereutrophic), hàm lượng hydrô xyt sắt cao do sự phân hủy các vật chất hữu cơ có chứa sulfur và do sự khử sulphat có thể dẫn tới sự suy giảm đáng kể sắt hòa tan dưới dạng sulphit trong thời kỳ phân tầng.

Sắt và man gan là các yếu tố vi lượng rất cần thiết cho cơ thể động, thực vật thủy sinh.

- Trong điều kiện nhất định, khả năng và năng suất quang tổng hợp có thể bị giới hạn bởi các yếu tố này. Man gan rõ ràng đã tham gia vào quá trình diễn thế theo mùa của các quần thể thực vật nổi.
- Một số nhóm vi khuẩn hóa tổng hợp nhất định có thể sử dụng năng lượng từ sự ô xy hóa muối sắt và man gan vô cơ liên quan tới các phản ứng chưa hoàn chỉnh tham gia vào cố định CO_2 . Các nhóm vi khuẩn ô xy hóa sắt tự dưỡng và dị dưỡng phân hủy sắt và man gan ô xy hóa. Các nhóm vi khuẩn đó bị giới hạn tới các vùng có gradient ô xy hóa - khử giữa các ion kim loại khử và khối nước ô xy hóa.

Ít có các thông tin về các dinh dưỡng vi lượng kim loại quan trọng như kẽm, đồng, coban, mô lýp đen, solen. Các chất dinh dưỡng vi lượng được điều chỉnh bởi các điều kiện của gradient ô xy hóa khử và các hợp chất hữu cơ hòa tan và các ion vô cơ khác.

- Trong hầu hết các thủy vực tự nhiên, hàm lượng chất dinh dưỡng vi lượng bao giờ cũng tương ứng với nhu cầu trao đổi chất trong điều kiện ánh sáng, nhiệt độ và các dinh dưỡng đa lượng thích hợp. Trong một số ít trường hợp, đã thấy rằng thiếu chất dinh dưỡng vi lượng hoặc điều kiện sinh lý không phù hợp là những hạn chế tới năng suất quang tổng hợp.
- Động lực/chức năng của đồng bị ảnh hưởng mạnh mẽ bởi điều kiện ô xy hóa khử tương tự như với sắt. Chức năng của coban, kẽm, và mô lýp đen liên quan chặt chẽ hơn với sự trao đổi chất của vi sinh vật và sự chuyển động của các chất cái và hiệu quả của tạo phức hợp với các hợp chất hữu cơ.

- Đầu vào của nhiều nguyên tố vi lượng từ hiệu ứng đốt cháy của công nghiệp tới khí quyển tới các thủy vực nước ngọt tăng lên, gây ra sự ô nhiễm và hậu quả là gây ra sự lắng đọng thông qua mưa.

2.6. Chu trình si líc

Si líc tồn tại phong phú trong các thủy vực tự nhiên và hòa tan dưới dạng axit silic và si líc dạng hạt. Si líc tồn tại trong nước ngọt dưới hai dạng chính của diô xyt si líc hoặc silica (SiO_2)

- Tảo si líc diatom tích lũy một số lượng lớn si líc và làm thay đổi đáng kể tỷ lệ si líc trong hồ và suối.
- Tảo diatom sử dụng si líc trong tầng sinh dưỡng của hồ thường làm giảm hàm lượng si líc tầng mặt và cùng với các yếu tố khác tạo thành diễn thế theo mùa của các loài diatom.
- Khi hàm lượng si líc giảm xuống tới dưới 0,5mg/l, nhiều loài tảo si líc diatom không thể phát triển và tốc độ sinh trưởng suy giảm cho đến khi sự cung cấp silic được lập lại, thường vào mùa thu.

2.7. Chất dinh dưỡng giới hạn

Đã từ lâu, chúng ta chỉ quan tâm đến phản ứng của cơ thể với một yếu tố môi trường đơn độc nào đó nhưng môi trường của mỗi một cơ thể lại bao gồm nhiều yếu tố. Luật các yếu tố giới hạn đã được nhà sinh lý học thực vật F. F. Blackman (1905) đưa ra đã giúp chúng ta hiểu được qua một số trường hợp đặc biệt. Luật *chất tối thiểu* của Liebig (1840) trong nông nghiệp lại còn ra đời sớm hơn với những ý tưởng tương tự. Luật các yếu tố giới hạn cho rằng khi một quá trình phụ thuộc vào một vài yếu tố khác nhau, tốc độ của quá trình theo thời gian phụ thuộc vào yếu tố làm chậm quá trình nhất. Yếu tố làm chậm nhất hoặc yếu tố giới hạn có thể là một yếu tố quá ít hoặc quá nhiều. Thí dụ quá trình có thể bị giới hạn vào buổi sáng sớm bởi thiếu ánh sáng, hoặc lại bị giới hạn vào buổi trưa bởi nhiệt độ cao.

Trong lĩnh vực sinh thái thủy vực, có nhiều yếu tố vật lý và hóa học giới hạn. Tuy nhiên, hầu hết các tác giả thường tập trung vào

một số yếu tố giới hạn quan trọng như muối dinh dưỡng tạo sinh (biogen), nhiệt, khí hòa tan.

2.7.1. Các muối dinh dưỡng tạo sinh

Như đã trình bày, các muối dinh dưỡng tạo sinh rất cần thiết với sự sống trong các HST thủy vực. Trong các muối dinh dưỡng, muối photpho và ni tơ có tầm quan trọng bậc nhất mà các nhà thủy sinh học cũng như sinh thái thủy vực đặc biệt quan tâm. Hutchinson (1957) khi đề cập đến vai trò của photpho như là yếu tố giới hạn trong thủy vực đã viết như sau: “Trong số các nguyên tố có mặt trong cơ thể sống thì photpho chắc chắn có ý nghĩa sinh thái học lớn hơn cả, bởi vì tỷ lệ số lượng của photpho với số lượng các nguyên tố khác trong cơ thể thường cao hơn rất nhiều so với tỷ lệ tương ứng trong các nguồn mà từ đó, các cơ thể chọn được các yếu tố cần thiết cho mình. Như vậy, sự thiếu photpho ở mức trầm trọng đã hạn chế sức sản xuất của vùng này hoặc vùng khác nhiều hơn so với sự thiếu bất kỳ một chất nào, trừ nước”. Tuy nhiên, đối với thủy vực, một thời kỳ, các nhà sinh thái còn tranh luận với nhau là trong nước ngọt, khí các bonic (CO_2) hay photpho là yếu tố giới hạn sự phú dưỡng của hồ và gây ra hiện tượng nở rộ thực vật nổi (algal bloom). Sự phú dưỡng thủy vực và sự nở rộ thực vật nổi ở đó diễn ra biểu thị một trạng thái cao đỉnh không bền vững và có sự biến động mạnh mẽ (sau sự nở rộ của loài tảo này là sự chết và giả phóng đồng loạt các chất dinh dưỡng tạo nên sự nở hoa lần lượt các loài tảo khác) nên không được xem bất kỳ một chất nào đó là giới hạn hàng đầu. Trong thời gian có những sự thay đổi như vậy, nhiều yếu tố photpho, ni tơ, khí CO_2 ... như là các yếu tố giới hạn có thể nhanh chóng thay thế cho nhau. Lý luận này là cơ sở để đề xuất các giải pháp tổng hợp ngăn chặn sự phú dưỡng dẫn tới ô nhiễm hữu cơ thủy vực.

Vai trò của ka li, can xi, lưu huỳnh, và ma nhê tương đối ít quan trọng hơn so với photpho và ni tơ. Việc thêm vào thủy vực một số các yếu tố không giới hạn thường ít được quan tâm. Thí dụ, thêm can xi vào hồ thường không gây sự nở hoa của tảo. Tuy nhiên, can xi được động vật thân mềm và động vật có xương sống khác sử dụng với số lượng đặc biệt nhiều để tạo vỏ can xi, còn ma nhê là

phần không thể thiếu trong phần tử diệp lục của thực vật. Các nguyên tố và các hợp chất của chúng mà cơ thể có nhu cầu sử dụng với số lượng lớn thường được gọi là các nguyên tố đại lượng (các chất sinh học đại lượng).

Những năm gần đây, các nhà nghiên cứu ngày càng quan tâm hơn đến các yếu tố vi lượng (và các hợp chất của chúng) mà mặc dù chúng có vai trò rất quan trọng đối với các hoạt động sống trong các HST nói chung, các HST thủy vực nói riêng và có nhu cầu với số lượng rất nhỏ nhưng lại là thành phần quan trọng với sự sống. Các nguyên tố đó thường được gọi là các nguyên tố vi lượng hoặc nguyên tố vết. Các nguyên tố này có rất ít nhưng thường là các yếu tố giới hạn. Thí dụ, Holdman (1965) đã mô tả HST hồ mà trong đó, mô lyp đen (Mo) là một yếu tố giới hạn: thêm hàm lượng 100 phần 1 tỷ vào hồ vùng núi đã làm cho số lượng thực vật nổi tăng lên. Các nguyên tố này thường là các kim loại nặng và trên quan điểm sinh lý học, chúng được phân thành 3 nhóm chức năng: 1/ các nguyên tố cần thiết cho quang hợp như Mn, Fe, Cl, Zn; 2/ các nguyên tố cần thiết cho trao đổi ni tơ như Mo, B, Co, Cu, Si; 3/ các nguyên tố cần cho các chức năng trao đổi khác như Mn, B, Co, Cu, Si. Tuy nhiên, cũng giống như các nguyên tố đại lượng, sự dư thừa các nguyên tố vi lượng cũng có thể có tác dụng giới hạn.

2.7.2. Một số các khí

Trong thủy vực, lượng ô xy và CO₂ và các khí khác tồn tại dưới dạng hòa tan trong nước. Vì vậy, khả năng sinh vật sử dụng các khí này có sự giao động mạnh theo thời gian và không gian. Trong các thủy vực có hàm lượng chất hữu cơ cao như các hồ nông, có năng suất cao thì ô xy là yếu tố giới hạn có tầm quan trọng hàng đầu. Mặc dầu ô xy hòa tan trong nước nhiều hơn so với ni tơ nhưng ngay cả trong trường hợp thuận lợi nhất thì hàm lượng ô xy trong nước cũng vẫn thấp hơn trong không khí của khí quyển. Vì vậy mà trong không khí, ô xy chiếm tỷ lệ 21% (theo thể tích) nghĩa là trong 1 lít không khí chứa 210cm³ ô xy, trong khi đó, hàm lượng ô xy hòa tan trong nước ít khi vượt quá 10cm³/l.

Hàm lượng khí các bon níc (CO₂) trong nước dao động nhưng khác với ô xy. Trong không khí, hàm lượng CO₂ không cao nhưng lại rất dễ hòa tan nhiều trong nước. Ngoài ra một lượng CO₂ khác

rất quan trọng được sinh ra từ quá trình hô hấp và quá trình phân hủy đi vào môi trường nước. Chính vì thế mà “*giới hạn tối thiểu*” của hàm lượng CO_2 không có ý nghĩa quan trọng nhiều như trong trường hợp với ô xy. Ngoài ra, khác với ô xy, trong môi trường nước, khí CO_2 tác dụng với nước tạo thành H_2CO_3 , sau đó, chất này tác dụng với đá vôi tạo thành các ion CO_3^{2-} và bi các bon nat (HCO_3^-). Các hợp chất này không chỉ là chất dinh dưỡng mà còn là chất đệm giữ cho hàm lượng ion hydro trong môi trường nước ở mức trung tính. Hàm lượng CO_2 tăng cũng tăng cường độ quang hợp của thực vật, qua đó kích thích phát triển của một số nhóm thủy sinh vật khác. Tuy vậy, hàm lượng CO_2 cũng có thể được coi là yếu tố giới hạn với động vật, đặc biệt vì hàm lượng CO_2 cao thường có liên quan đến hàm lượng ô xy thấp. Hầu hết các loài cá mẫn cảm với CO_2 : khi hàm lượng CO_2 tự do trong nước quá cao gây cho cá bị chết ngạt.

2.7.3. Các chất dinh dưỡng, khí ô xy và các kim loại vi lượng là chất giới hạn trong đại dương

Như đã trình bày ở trên, Liebig đã phát hiện *Luật chất tối thiểu* mà theo đó, năng xuất các hệ sinh thái bị giới hạn bởi chất dinh dưỡng được sử dụng hết đầu tiên. Trên đất, các chất giới hạn là photpho, nitơ và kali (tùy thuộc vào từng kiểu đất). Trong đại dương, Luật Liebig cho thấy các chất giới hạn sẽ là:

- Photpho: photphat vô cơ và hữu cơ
- Nitơ : NO_3 , NO_2 và ammonia.
- Si líc: si li cát.

Nếu trong đất, các chất dinh dưỡng cung cấp cho đất từ sự phân huỷ các chất hữu cơ chết thì trong đại dương, chất dinh dưỡng được tạo thành bởi thực vật nổi (phytoplankton) ở tầng nước được mặt trời chiếu sáng (euphotic zone) thông qua quá trình quang tổng hợp. Hầu hết các chất dinh dưỡng được chuyển vận từ tầng được chiếu sáng đó tới các vùng nước sâu thẳm của đại dương dưới dạng các cơ thể bị chết (mảnh vụn - detritus), chìm xuống đáy đại dương. Trong các tầng nước sâu, vật chất hữu cơ lại được khoáng hóa trở lại thành các chất dinh dưỡng hòa tan. Quá trình này đòi hỏi có khí ô xy. Như vậy:

- Đại dương không thể tạo ra các hệ sinh thái có năng suất ngoại trừ ở đó các chất dinh dưỡng được chuyển vận từ tầng đáy lên tầng nước được chiếu sáng thông qua hiện tượng nước trôi.
- Hàm lượng chất dinh dưỡng bao giờ cũng tăng theo độ sâu trong khi nồng độ khí ô xy lại giảm.

Ô xy và các chất dinh dưỡng liên kết với nhau trong một chu trình với một tỷ lệ cố định về hàm lượng và được thấy trong vùng nước ngoài khơi của đại dương:

$$\begin{aligned} \text{AOU} : \text{C} : \text{N} : \text{P} &= 212 : 106 : 16 : 1 \text{ theo khối lượng nguyên tử.} \\ &= 109 : 41 : 7,2 : 1 \text{ tính theo gram.} \end{aligned}$$

AOU là sử dụng ô xy gen biểu kiến (apparent oxygen utilization) = nồng độ bão hoà - nồng độ quan sát thấy.

C = các bon; N = ni tơ; P = phốt pho.

Gần đây, khi các nhà khoa học đã biết rõ được các quá trình hóa học đại dương và thấy rõ ràng là phốt phát, ni trat và si li cat không phải là các chất dinh dưỡng giới hạn duy nhất ở đại dương. Trong hơn 40% các vùng đại dương, sinh trưởng sinh học được giới hạn bởi sắt (Fe). Nguyên nhân cho sự khác nhau này giữa các hệ sinh thái đất và đại dương được thấy trong giai đoạn tiến hóa của trái đất.

Thành phần của khí quyển là biểu thị sự sống. Dạng sống đầu tiên là chất tiền nhân (prokaryotes - mà cơ bản là những phân tử có màng và vách tế bào) thấy trong khí quyển lúc đó chủ yếu là khí CO₂. Chúng sử dụng các thành phần hóa học có trong đại dương để tích trữ, vận chuyển và chuyển hóa năng lượng. Sắt là một trong những thành phần phong phú nhất đồng thời là yếu tố cốt lõi của nhiều chức năng của tế bào.

Quá trình quang tổng hợp trong thực vật đã làm thay đổi đột ngột sự phân phối C, O và Fe. Vì lượng ô xy trong khí quyển tăng lên, ban đầu ô xy bị khử bởi sắt sẵn có, tạo thành những lớp trầm tích ô xít sắt rộng lớn trong lớp vỏ trái đất. Cuối cùng, nguồn cung cấp sắt tự do bị phá huỷ, sự tạo thành ô xy cho phép sự tiến hóa các dạng

sống cao hơn bắt đầu. Tuy nhiên, đời sống sinh vật biển nguyên sơ hầu hết cần Fe cho các chức năng của tế bào và điều này giải thích vì sao trong đại dương, sắt là thành phần giới hạn phụ và nhiều trường hợp là nhân tố giới hạn. Các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy năng suất đại dương tăng lên đột ngột khi sắt được bổ sung thêm vào vùng nước được chiếu sáng.

3. Chuyển hóa năng lượng

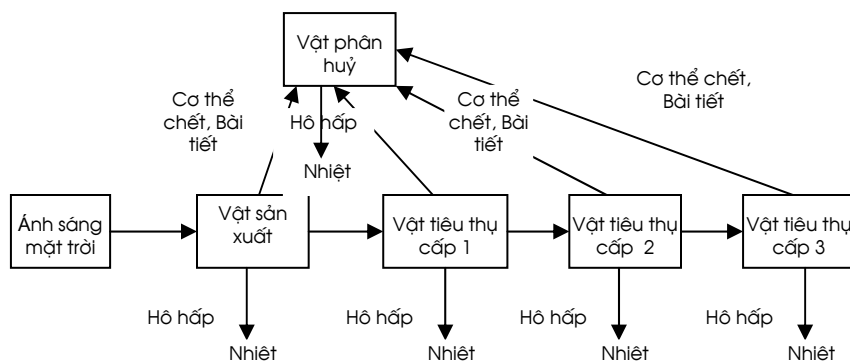
3.1. Dòng năng lượng đầu vào

Trong số bức xạ từ dòng năng lượng mặt trời tới bầu khí quyển của quả đất, khoảng 30% trở lại vũ trụ, khoảng 20% được khí quyển hấp phụ và khoảng 50% được hấp phụ thành nhiệt bởi mặt đất, nước và thảm thực vật. Tuy nhiên, chưa tới 1% bức xạ của mặt trời vào trái đất được thực vật sử dụng cho quang tổng hợp. Nhìn chung, năng lượng mặt trời phân bố không đều cho các vùng khác nhau trên trái đất. Các tia sáng mặt trời khi đi xuống trái đất thì bị xiên hơn ở vùng vĩ độ cao và cung cấp năng lượng cho một vùng rộng lớn hơn. Tổng năng lượng mặt trời được tiếp nhận được trên một đơn vị diện tích ở vùng xích đạo cao hơn 2,4 lần so với vùng cực (Gates, 1980). Hàng năm, năng lượng mặt trời tính trên đơn vị diện tích biến đổi từ 700.000 kcal/m² ở vùng cực đến trên 2 triệu kcal/m² ở vùng nhiệt đới.

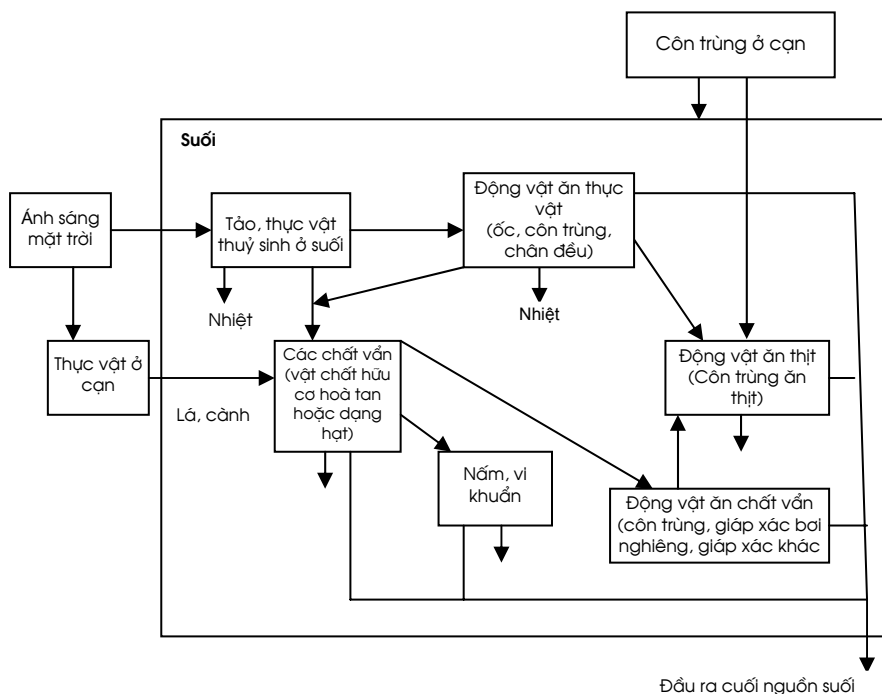
3.2. Dòng năng lượng bên trong hệ sinh thái

Trong số năng lượng tích lũy dưới dạng các hợp chất hữu cơ trong quang tổng hợp, bản thân các nhóm thực vật đã tự sử dụng trong quá trình hô hấp để sinh trưởng và phát triển và năng lượng này được biến thành nhiệt tỏa ra. Đối với vật tiêu thụ sơ cấp hoặc động vật ăn thực vật, một số năng lượng được tích lũy để sinh trưởng, phát triển nhưng một phần năng lượng nhiều hơn lại được dành cho việc duy trì cơ thể và các hoạt động khác và cũng giống như thực vật, năng lượng này được chuyển thành nhiệt. Điều đáng lưu ý là động vật ăn cỏ có năng lượng kém hơn nhiều lần so với thực vật sản sinh tự nhiên trong quá trình quang tổng hợp.

Động vật ăn thịt hoặc nhóm tiêu thụ thứ cấp tiếp nhận năng lượng bằng cách ăn nhóm động vật ăn thực vật để sinh trưởng và phát triển. Cũng như trên, năng lượng có được của nhóm động vật ăn thịt kém hơn nhiều lần so với năng lượng có được của nhóm động vật ăn thực vật (hình 5.8, 5.9).



Hình 5.8. Dòng năng lượng trong hệ sinh thái (theo Brewer, 1994)



Hình 5.9. Sơ đồ dòng năng lượng đơn giản của hệ sinh thái suối.

Chuỗi thức ăn chất rắn là đặc biệt quan trọng trong HST suối, ở đó, nhiều dòng năng lượng dựa trên vật chất hữu cơ từ các nguồn từ trên cạn đổ vào suối. Số năng lượng lớn nhất từ thảm thực vật và động vật ở trên cạn, đặc biệt là côn trùng, cung cấp thức ăn cho các loài cá và động vật không xương sống ăn mồi. (theo Minckley, 1963 và Cummins, 1974).

IV. CÁC HỆ SINH THÁI THỦY VỰC TIÊU BIỂU

1. Các hệ sinh thái thủy vực nội địa

1.1. Hệ sinh thái hồ, ao

1.1.1. Cấu trúc vật lý hồ

Đối với hầu hết các hồ, lượng nhiệt vào thông qua bức xạ mặt trời. Khoảng một nửa năng lượng ánh sáng được hấp thụ trong độ sâu khoảng 1m ở tầng mặt, một số năng lượng ánh sáng được truyền xuống độ sâu hơn. Tỷ lệ ánh sáng được hấp thụ bởi nước theo các bước sóng khác nhau: 95% ánh sáng đỏ bị mất ở 6,5m đầu tiên, nhưng 95% ánh sáng xanh không bị mất đi cho tới độ sâu 550m. Sự truyền ánh sáng có thể bị mất đi rất nhiều khi nước đục bởi các chất lơ lửng. Tầng trên mà ở đó, sản lượng ô xy trong quá trình quang tổng hợp đã vượt quá nhu cầu sử dụng ô xy được gọi là tầng quang dưỡng (trophogenic hoặc euphotic). Tại độ sâu mà ở đó, lượng ô xy thải ra và sự hấp phụ ô xy cân bằng được gọi là độ sâu bù (compensation); phía dưới đó gọi là tầng tropholytic. Tại tầng bù, cường độ ánh sáng bị giảm đi khoảng 1%. Tại độ sâu này, mức sâu theo met thay đổi phụ thuộc vào độ đục hoặc màu nước. Nước ngọt có mật độ/tỷ trọng cao nhất tại nhiệt độ đóng băng và đây là đặc điểm quan trọng khi xem môi trường nước là nơi cư trú của cơ thể sống.

1.1.2. Sự phân tầng nhiệt và sự suy giảm ô xy hòa tan

Mối quan hệ nhiệt - tỷ trọng của nước rất quan trọng và tạo ra sự sai khác nhiệt độ theo độ sâu, hình thành sự phân tầng nhiệt.

1.1.3. Quần xã sinh vật hồ, ao

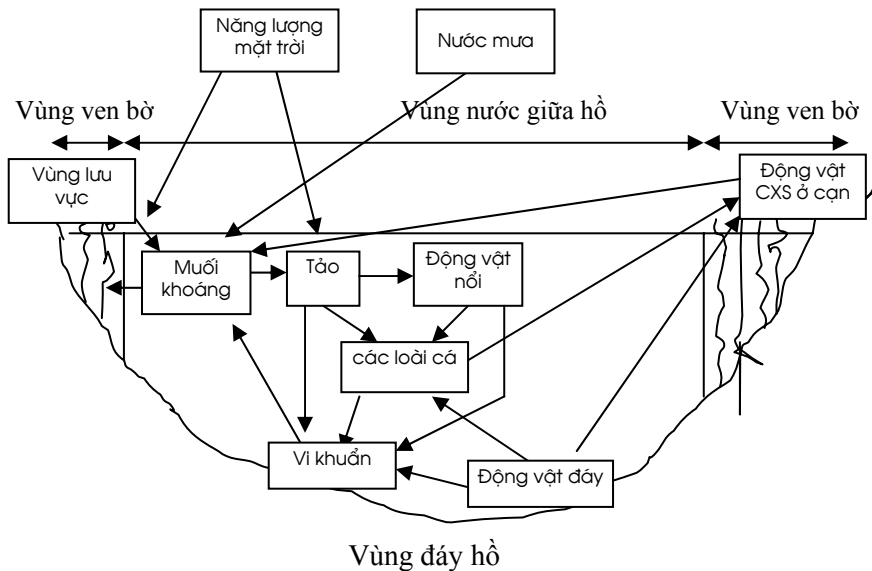
Để mô tả quần xã HST hồ, ao, các tác giả bao giờ cũng sử dụng mô hình phân biệt ba vùng cơ bản trong kiểu HST này (hình 5.10):

- Vùng ven bờ (littoral zone): là vùng nước nông xung quanh hồ, ao. Ở vùng này, các nhóm thực vật ngập nước có rễ thường phát triển.
- Vùng giữa hồ (limnetic zone): là vùng nước ở vùng giữa hồ.
- Và vùng đáy hồ (profundal zone): là vùng nước ở phần nước sâu hơn, bao gồm cả vùng trầm tích đáy, phía dưới vùng giữa hồ.

Trong HST hồ ao, có năm thành phần cơ bản của quần xã thủy sinh vật bao gồm sinh vật đáy (benthos), tảo bám (periphyton), sinh vật nổi (plankton), sinh vật tự bơi (necton) và sinh vật sống trên mặt nước (neuston).

Quần xã thủy sinh vật hồ tự nhiên

Thành phần loài thủy sinh vật hồ tương đối đồng nhất hơn thủy sinh vật sông, phụ thuộc vào vị trí địa lý của hồ, nguồn gốc hồ, nguồn nước. Thành phần loài sinh vật hồ tự nhiên chủ yếu là các loài nội tại, ít có các loài ngoại lai thích ứng với điều kiện nước đứng, nhiều ánh sáng và ô xy hoà tan.



Hình 5.10. Sơ đồ các vùng và mối quan hệ giữa các thành phần trong hệ sinh thái hồ

Quần xã thủy sinh vật hồ chứa nước nhân tạo

Thủy sinh vật hồ chứa nước nhân tạo mang tính chất trung gian giữa thủy sinh vật hồ và sông. Trong thành phần loài, ở nơi xa đập có những dạng thích ứng với nước chảy như là ở sông, còn ở gần đập: nước chảy chậm lại có thành phần loài và quy luật phát triển như thủy sinh vật hồ. Thành phần loài này mang tính chất địa phương rõ rệt: có ở các hồ chứa nước nhân tạo vùng núi, thành phần loài sinh vật nổi cũng như sinh vật đáy cũng giống như thành phần loài của các hồ tự nhiên vùng núi.

Quần xã thủy sinh vật hồ chứa nước nhân tạo phát triển một cách có quy luật kể từ khi hồ hình thành. Do những biến đổi của chế độ thủy lý hóa học của hồ sau khi ngập nước, thủy sinh vật các hồ nhân tạo thường trải qua một số giai đoạn tiếp theo nhau. Giai đoạn đầu là giai đoạn huỷ diệt khu hệ sinh vật đất và các thủy vực nằm trong vùng ngập nước. Giai đoạn hai - do sự phân huỷ khối lượng lớn thực vật ở vùng ngập nước, thức ăn phong phú nên thủy sinh vật đặc biệt là sinh vật nổi phát triển rất mạnh về số lượng. Đây là giai đoạn giai đoạn giàu dinh dưỡng của hồ. Giai đoạn ba là khi thủy sinh vật trong hồ đi vào thể ổn định, các quần loại sinh vật đáy hình thành, sinh vật nổi qua giai đoạn phát triển đột xuất giảm đi dần. Trong thành phần loài thủy sinh vật hồ chứa nước nhân tạo, thường chiếm ưu thế các loài ưa axit của sông ít ô xy là đặc điểm của hồ nhân tạo trong những giai đoạn đầu.

Quần xã thủy sinh vật ao

Đặc điểm của khu hệ thủy sinh vật ao là thành phần loài tương đối đồng nhất ở mọi sinh cảnh thường có số lượng lớn, đặc biệt phong phú là vi khuẩn, thực vật nổi, và thực vật lớn, các loài thích ứng với nước đứng, ít ánh sáng và ô xy hoà tan.

Quần xã thủy sinh vật ruộng lúa

Quần xã thủy sinh vật ruộng nước cấy lúa với thành phần thực vật lớn chiếm ưu thế, có quan hệ mật thiết với khu hệ thủy sinh vật sông, ao, hồ, suối, là nguồn cung cấp nước cho ruộng. Các thủy sinh vật ở các thủy vực kế cận này, khi vào ruộng lúa, chỉ tồn tại khi điều kiện sống ở ruộng là trong chừng mực nhất định còn giữ được đặc điểm tương tự như ở các thủy vực kế cận. Trong trường hợp điều kiện sống trong ruộng đổi khác, đặc biệt là chế độ thủy học, chế độ

nhệt và chế độ khí hoà tan, thì các thuỷ sinh vật ở các thuỷ vực kế cận di nhập vào không còn tồn tại nữa. Thành phần loài và số lượng của thuỷ sinh vật ruộng lúa phụ thuộc rất nhiều và chế độ canh tác và vào chế độ thuỷ học, đặc biệt là do việc xây dựng các công trình thuỷ nông. Ở các ruộng cấy một vụ, khi nước hoàn toàn cạn hẳn, quần xã thuỷ sinh vật trong ruộng cũng hầu như bị huỷ diệt, chỉ còn lại các dạng mầm (trứng nghỉ của giáp xác) một số loài ốc nhỏ, giun ít tơ có thể sống được trong đất ẩm. Trong thời kỳ bón phân, số lượng sinh vật nổi tăng cao.

Nhìn chung, trong quần xã thuỷ sinh vật hồ, ao có thể phân biệt các nhóm sinh vật cơ bản: sinh vật đáy, sinh vật nổi và sinh vật tự bơi.

a. Sinh vật đáy

Trong sinh vật đáy, thực vật chỉ phát triển ở vùng ven bờ, động vật chủ yếu gồm các nhóm giun ít tơ, ấu trùng Chironomidae, ốc Bithynidae, Viviparidae, trai Unionidae (Anodontidae), Sphaeriidae. Ngoài ra, còn phải kể đến nhóm vi khuẩn rất phong phú ở trong trầm tích đáy. Trong thành phần sinh vật đáy ở ao, thường gặp ấu trùng Chironomidae, các dạng ấu trùng ít ô xy (*Chironomus*), giun ít tơ và ốc ưa sống ở nước đứng (Viviparidae, Bithynidae, Planorbidae), cua (Parathelphusidae), tôm (Palaemonidae, Atyidae). Sự đa dạng sinh vật đáy thường cao ở vùng ven bờ, thấp hơn ở vùng đáy giữa hồ, đặc biệt ở hồ có độ sâu. Tại một số hồ có mức dinh dưỡng cao, tầng đáy thường ít ô xy nên một số nhóm động vật có các cơ chế sống khác nhau theo điều kiện này. Một số ấu trùng côn trùng đã có tập tính di cư từ vùng đáy lên vùng nước mặt. Hoặc như một số loài giun *Tubifex*, *Limnodrilus* hay ấu trùng côn trùng *Tendipes* có sắc tố hemoglobin có khả năng vận chuyển ô xy ở vùng nước có hàm lượng ô xy thấp. Một số nhóm vi khuẩn ở vùng đáy không đòi hỏi phải có ô xy. Nhiều loài động vật đáy khác có khả năng tích lũy ô xy trong thời kỳ môi trường đáy ít hoặc không có ô xy.

b. Sinh vật nổi

Sinh vật nổi bao gồm thực vật nổi (phytoplankton) như tảo lam, tảo lục, tảo si líc (*Microcystis*, *Closterium*, *Scenedesmus*, *Anabaena*, *Chlorella*, *Melosira*, *Fragilaria*), động vật nổi (zooplankton) trôi nổi trong tầng nước. Động vật nổi hầu hết là các nhóm ăn thực vật nổi bao gồm trùng bánh xe (Rotatoria), giáp xác chân chèo

(Copepoda), có bao (Ostacoda) và giáp xác râu ngành (Cladocera), trong đó nhóm Cladocera và Copepoda đều phát triển mạnh. Nhiều nhóm động vật nổi trong hồ, ao mà chiếm ưu thế là động vật nguyên sinh, luân trùng, giáp xác nhỏ (*Mesocyclops*, *Thermocyclops*, *Microcyclops*, *Daphnia*, *Moina*, *Simocephalus*, *Diaphanasoma*). Đặc biệt, nhóm giáp xác râu ngành có khả năng di cư ngày đêm theo chiều thẳng đứng: lên tầng mặt vào lúc đêm và xuống tầng đáy vào ban ngày. Tuy chưa xác định được yếu tố cơ bản gây ra sự di cư này, nhưng có thể là ánh sáng. Một số tác giả giả định rằng sự di cư lên tầng mặt của động vật nổi vào lúc đêm để kiếm mồi do 1/ ăn vào lúc đêm thì thời điểm đó, hàm lượng protein trong thực vật nổi cao nhất; 2/ khi đó vật ăn thịt ít nhất và 3/ nhiệt độ thấp hơn làm cho sinh trưởng hiệu quả hơn.

c. Sinh vật tự bơi

Nhóm động vật tự bơi chủ yếu trong HST hồ, ao là các quần thể cá. Trong các nhóm động vật tự bơi, cá có đặc điểm rất đa dạng theo các nhóm sinh thái: cá sống trong tầng nước mặt thường ăn thực vật, cá tầng giữa ăn thực vật, động vật nổi, cá sống tầng đáy ăn vụn hữu cơ và các nhóm động vật không xương sống cỡ nhỏ và cá. Trong ao thường gặp các loài cá dễ thích nghi với điều kiện khô cạn như cá trê, cá rô, cá quả. Ao là thủy vực nhỏ, nước đứng nên chế độ thủy lý hóa học dễ biến đổi phụ thuộc vào nhiều nguyên nhân nhân tác (chế độ bón phân, nguồn nước cống rãnh, chế độ sử dụng vào sinh hoạt...), làm ảnh hưởng tới sự phát triển của quần xã thủy sinh vật trong ao. Là thủy vực nông, nền đáy đồng nhất, nên phân bố của thủy sinh vật trong ao tương đối đồng đều.

1.1.4. Dòng năng lượng

Sự dị dưỡng của hồ phụ thuộc vào ba nguồn năng lượng chính: Sản lượng vật chất hữu cơ từ vi tảo và rêu bám; sản lượng vật chất hữu cơ từ các thực vật thủy sinh ngập nước bậc cao và từ sự xâm nhập vật chất hữu cơ từ vùng lưu vực vào hồ. Nguồn vật chất vào hồ biến đổi từ dạng vật chất hữu cơ hòa tan (Dissolved organic matter - DOM) như amino acid hoặc các bon hydrat từ lá, cành, quả. Một kiểu chuỗi thức ăn trong HST hồ, ao mà khởi đầu là thực vật nổi, cuối cùng là nhóm sinh vật ăn thịt. Chuỗi thức ăn tự nhiên này cũng có những nét tương tự như chuỗi thức ăn tự nhiên trong các HST ở cạn.

1.2. Hệ sinh thái suối - sông

1.2.1. Đặc tính tự nhiên

Sông (river) và suối (stream) là thuật ngữ chung chỉ kiểu thủy vực nước chảy ở lục địa. Suối là loại hình thủy vực nước chảy phổ biến ở vùng núi. Suối có thể coi là sông cấp 1, một số suối lớn là sông cấp 2. Suối đặc trưng ở lòng hẹp và nông, mực nước thấp và có nền đáy đá, đá tảng hoặc sỏi cuội.

Dọc theo dòng suối chính thường có các nhánh phụ đổ vào. Nước suối chảy với tốc độ lớn, nhưng giảm dần từ đầu nguồn tới cuối nguồn. Phần khởi nguyên của các con sông vùng núi (phần đầu của đầu nguồn sông) đều có dạng những dòng suối. Đặc tính quan trọng nhất của suối là mực nước biến đổi thất thường. Do dòng suối chảy xiết, bờ thấp và không vững chắc nên dòng chảy của suối thường luôn thay đổi nhất là ở phần đầu nguồn, do tác động của mưa lũ. Mực nước ở suối biến đổi rất đột ngột, mùa mưa lũ nước dâng cao rất nhanh, chảy mạnh, có khi cuốn trôi cả nền đáy. Sau một vài ngày mực nước lại hạ thấp, nước trong lại và chảy với tốc độ bình thường.

Các suối ở vùng thấp hơn thì nền đáy có cả bùn - cát. Nhìn chung, môi trường nước sông - suối biến động rất lớn theo mùa, theo sự biến đổi của thời tiết, của cường độ bức xạ mặt trời. Dòng chảy làm gia tăng mối tương tác giữa mặt nước với không khí cho nên nước thường bão hòa ô xy hòa tan. Sự tương tác giữa nước với đất làm gia tăng sự sỏi mòn, độ đục và chất dinh dưỡng. Nhiều khu vực suối đầu nguồn bị bóng cây che lấp ngăn cản bức xạ nhiệt của mặt trời. Nhiệt độ nước của suối thường thấp hơn so với các thủy vực khác. Trên cơ sở các yếu tố địa hình và chế độ dòng chảy, suối có hai kiểu nơi cư trú cơ bản: ghềnh (riffles) và vũng suối (pool).

Tại các khu vực có ghềnh, mực nước nông, nước chảy xiết qua bãi đá, sỏi. Do nước chảy mạnh, không khí luôn được xâm nhập vào nước nên hàm lượng ô xy bao giờ cũng ở mức cao. Thực vật ở ghềnh chủ yếu là các nhóm tảo bám bề mặt đá, sỏi (Periphyton). Có thể là dạng sợi và phát triển thành thảm hoặc có thể là nhóm tảo si líc sống bám trên tảo khác hoặc trên đá, sỏi.

Trên một số chỗ nhất định của suối, có các vũng nông, nước tù hoặc quần gọi là vũng suối. Tại đây, tốc độ dòng nước chậm hơn, cát, bùn từ vùng thượng lưu được lắng đọng, bởi vậy nền đáy ở đây thường là mềm: cát hoặc bùn. Một đặc điểm đáng lưu ý là ở vũng suối thường tích tụ các mảnh vụn đã được phân hủy được cung cấp từ trên vùng lưu vực.

Mặc dầu có sự phân biệt nhưng hai kiểu nơi cư trú này thường có quan hệ mật thiết với nhau.

Có thể phân biệt ba kiểu suối:

- Suối tạm thời (ephemeral stream) chỉ tồn tại trong một thời gian rất ngắn, thường vào mùa mưa, thậm chí bị cạn ngay sau mưa.
- Suối gián đoạn (intermittent stream) có dòng nước tại các thời điểm khác nhau trong năm hoặc theo mùa khi có nguồn nước mưa hoặc từ các nguồn khác cấp cho.
- Suối liên tục (perennial stream) có dòng chảy liên tục.

Sông là thủy vực nước chảy tiêu biểu với đặc điểm: khối nước luôn chảy theo một chiều nhất định, từ thượng lưu đến hạ lưu do sự chênh lệch về độ cao so với mực nước biển của lòng sông. Dòng chảy của một đoạn sông khi nước đầy, giữa hai bờ sông được gọi là dòng chảy nền. Khi nước cạn, dòng chảy của sông thu vào dòng chảy gốc, cách xa hai bờ sông. Bãi đất cạn hờ ra trong mùa nước cạn nằm giữa bờ sông và dòng chảy gốc gọi là bãi sông, có thể phân thành nhiều tầng. Sông là hợp lưu của nhiều dòng suối, có kích thước rộng hơn và thường có độ đục cao hơn ngăn cản sự truyền ánh sáng. Nhiệt độ nước sông thường cao hơn suối, độ sâu lớn hơn, nền đáy thường là cát, cát - bùn ở vùng thượng và trung lưu hoặc bùn cát ở vùng đồng bằng. Do độ rộng lớn, dòng chảy trung bình cũng như lượng nước chảy của sông lớn hơn so với suối mặc dù độ dốc của sông có thể không bằng suối.

Theo Nguyễn Văn Bách và nnk., (1998) thì dưới góc độ điều kiện hình thành và chế độ thủy văn, sông được phân biệt sông miền núi, sông miền bằng.

- Sông miền núi có dòng chảy lớn, tốc độ dòng chảy có thể đạt 5-8m/s, vật liệu đáy chiếm 20-30% vật liệu lơ lửng, hàm

lượng vật chất hòa tan chỉ chiếm 20-30% số lượng vật liệu lơ lửng.

- Sông miền đồng bằng có tốc độ dòng chảy nhỏ hơn, không vượt quá 1,5m/s, vật liệu đáy không quá 10% lượng vật liệu lơ lửng và lượng vật chất hữu cơ hòa tan cao hơn khoảng 70% lượng vật liệu lơ lửng.

1.2.2. Tính chất liên tục của suối - sông

Suối và sông là một kiểu nơi cư trú phức hợp: từ một dòng chảy bé ở vùng đầu nguồn tập hợp thành suối và cuối cùng thành sông. Sinh vật suối thường rất giống với thủy sinh vật ở thượng lưu sông, về thành phần loài cũng như về số lượng. Hai bên bờ suối thường có thực vật lớn phát triển, mọc thành bụi. Do nước chảy mạnh và có nền đáy đá là chủ yếu, quần xã thủy sinh vật suối có sinh vật nổi nghèo nàn, thực vật ven bờ phát triển mạnh, động vật đáy khá phong phú, chủ yếu gồm các loài sống bám ở đáy đá và ở nước chảy mạnh (tôm cua, ấu trùng Trichoptera, Ephemeroptera, các loài ốc kích thước nhỏ họ ốc Ancyridae, Thiaridae, bộ cánh cứng Psephenidae, ấu trùng muỗi Anophenes). Hệ cá suối bao gồm các loài cá kích thước nhỏ. Do độ trong lớn nên các nhóm tảo bám đá phát triển là cơ sở thức ăn quan trọng cho cá và động vật không xương sống. Theo đánh giá của nhiều tác giả (Kottelat, 1996), khu hệ thủy sinh vật hệ sinh thái suối có tỷ lệ các loài đặc hữu cao và trong kiểu hệ sinh thái này, còn nhiều loài chưa được phát hiện. Mùa nước lũ lớn khu hệ sinh vật đáy ở suối bị huỷ diệt đi rất nhanh, nhưng rồi lại hồi phục nhanh, ngay sau khi hết cơn lũ.

Đặc điểm quan trọng của sông là chế độ nước chảy, sự phân chia thành nhiều đoạn sinh cảnh khác nhau: thượng lưu, trung lưu và hạ lưu có nhiều nhánh sông chảy qua nhiều địa phương. Phù hợp với đặc điểm trên, quần xã thủy sinh vật sông có cấu tạo không đồng nhất, sai khác nhau giữa thượng lưu và hạ lưu. Thành phần loài cũng mang tính chất pha trộn, có nhiều loài ngoại lai từ các thủy vực khác di nhập vào.

Sông là nơi cư trú rất quan trọng của các quần thể cá. Nơi cư trú này được đặc trưng bởi hàm lượng ô xy hoà tan thấp hơn so với suối, nhiệt độ cao hơn, độ đục cao hơn, hàm lượng dinh dưỡng cũng cao hơn, đáy bùn và có mùa lụt. Nền đáy sông thay đổi từ cát vùng thượng và trung lưu đến cát - bùn, bùn cát ở vùng hạ lưu.

Trong thành phần sinh vật sống nổi của sông phát triển mạnh: vi khuẩn, tảo khuê, tảo lam, tảo lục, giáp xác nhỏ kém phát triển. Thành phần loài và số lượng nghèo ở thượng lưu và giàu dần lên ở hạ lưu. Do chế độ nước chảy mạnh, nên sinh vật sống nổi phân bố tương đối đồng đều theo chiều ngang cũng như thẳng đứng. Số lượng sinh vật sống nổi nhiều nhất vào kỳ nước thấp và nghèo đi ở kì nước cao.

Trong thành phần sinh vật đáy ở sông, thực vật kém phát triển, động vật đáy rất đa dạng tùy thuộc vào tính chất nền đáy: đáy cát, đáy đá hay đáy bùn. Sinh vật đáy đá thường thấy ở thượng lưu sông thuộc vùng núi, thành phần đặc trưng là ấu trùng Trichoptera, ấu trùng Ephemeroptera, các loài ốc núi. Ngoài ra còn có thể gặp hải miên nước ngọt, sán tiêm mao, những nhóm này ít thấy ở các sông vùng đồng bằng. Sinh vật đáy cát và đáy bùn thường thấy ở trung và hạ lưu sông, thành phần gồm ấu trùng côn trùng, giun ít tơ, ốc, trai họ Unionidae. Sinh vật tự bơi ở sông gồm có cá, bò sát ở nước và động vật có vú ở nước. Các loài cá sông có thể là cá thường trú, có thể là cá từ biển di nhập vào từng thời gian để sinh sản. Thành phần khu hệ cá sông thường không đồng nhất từ thượng lưu về trung lưu, ở mỗi quãng sông có một khu hệ cá đặc trưng. Vùng thượng lưu có nhiều loài cá đặc trưng cho vùng núi như: cá bống, cá sinh, cá hoả, cá chát, cá loà..., trong khi đó ở vùng hạ lưu, khu hệ cá gồm các loài phổ biến ở vùng đồng bằng (cá chép, cá diếc, cá chày, cá mè...) và các loài cá từ biển di cư vào (cá mè, cá chày...). Một số loài cá khác phân bố từ vùng thượng lưu tới hạ lưu sông, như cá mương, cá trạch, cá nheo, cá măng... Mùa lụt là sự kiện quan trọng của nhiều loài cá sông. Nhiều loài cá có tập tính đẻ trứng trong mùa lụt hoặc trước khi, hoặc ngay sau khi mùa lụt.

Nơi cư trú ở suối, sông

Trong thủy vực sông, các yếu tố môi trường như chế độ thủy văn, nhiệt độ và ánh sáng quyết định năng suất sơ cấp. Trong các sông nghèo dinh dưỡng, năng suất sơ cấp thường cao nhất ở kiểu sinh cảnh thác nước (waterfall) và ghềnh (rapid). Ở các sinh cảnh này, nhờ có ánh sáng mặt trời, quần xã tảo đáy (periphyton) phát triển trên các giá thể đáy đá tảng. Chúng sử dụng các chất dinh dưỡng trong nước với nồng độ thấp có hiệu quả hơn so với quần xã thực vật nổi (phytoplankton). Cá phải sử dụng sản lượng sơ cấp hoặc

sản lượng thứ cấp như động vật nổi (zooplankton) như là nguồn thức ăn trực tiếp. Động vật nổi cũng là nguồn thức ăn của nhiều loài động vật không xương sống cỡ lớn và các loài cá. Ngược lại, các loài động vật không xương sống và cá lại là nguồn thức ăn cho các loài cá ăn thịt khác. Đây chính là biểu thị đặc điểm cơ bản của chuỗi thức ăn tự nhiên trong thủy vực.

Các mức dinh dưỡng quyết định sản lượng cá và đa dạng các loài cá. Các thủy vực nghèo dưỡng sẽ làm gia tăng sự đa dạng khu hệ cá cho tới lúc thủy vực đạt tới sự phú dưỡng và khi đó số lượng các loài cá lại giảm đi.

Trong mùa khô, các nơi cư trú của cá bao gồm thác nước, ghềnh, suối trong rừng, các vực sâu, vùng nước quần, mạch nước ngầm. Đến mùa mưa, mực nước cao hầu hết những nơi cư trú như trên hoàn toàn thay đổi hoặc biến mất. Khi nghiên cứu cá ở Nam Theun (Lào) vào mùa khô, Kottelat (1996) đã cho thấy trữ lượng tức thời của cá (fish standing stock) cao nhất ở nơi cư trú là thác nước và ghềnh, nơi có năng suất sơ cấp cao nhất do quần xã tảo đáy phát triển nhất. Nơi trữ lượng tức thời cá thấp nhất là ở những nơi không có tảo đáy phát triển như suối trong rừng, nước chảy và các vực sâu - nơi ít có ánh sáng mặt trời.

Tại các khúc sông, suối có dòng chảy nhanh, thực vật nổi không đủ thời gian để sinh trưởng và phát triển để hình thành các quần thể tảo nổi để góp phần tạo ra năng suất sơ cấp ở đây. Bởi vậy, tại đây, trữ lượng tức thời của cá phụ thuộc chính vào nguồn tảo đáy.

Trữ lượng tức thời của cá ở vùng hạ lưu sẽ tăng lên khi mà ở đó, dòng chảy chậm lại, năng suất sơ cấp tăng do thực vật nổi có điều kiện phát triển với sự tích lũy các nguồn dinh dưỡng và trầm tích đáy.

Để hiểu rõ hơn về động lực của thủy vực nước chảy, Vannote et al., (1980) đã đưa ra khái niệm tính liên tục của suối - sông. Khái niệm này dựa trên cơ sở phân chia các khúc (order) của suối - sông (hình 5.11). Trong khái niệm này, hình dung có một mạng lưới liên kết của các suối trong vùng lưu vực dưới dạng một chuỗi liên tục của gradient các yếu tố vật lý và quần xã thủy sinh vật. Theo khái niệm này, tính liên tục của dòng suối - sông được biểu thị bằng cấu trúc và chức năng của quần xã động vật không xương sống từ suối đầu nguồn cho tới vùng

cửa sông được điều chỉnh bởi một gradient vật chất hữu cơ cung cấp từ bên ngoài (allochthonus) và tại chỗ (autochthonus). Tầm quan trọng của hầu hết các nhóm động vật không xương sống theo chức năng: cấu trúc các nhóm động vật phân hủy (shredder), động vật ăn thực vật (grazer), động vật ăn lọc (collector) và động vật ăn thịt (predator) được thay đổi dần dần tùy theo sự cung cấp thức ăn.

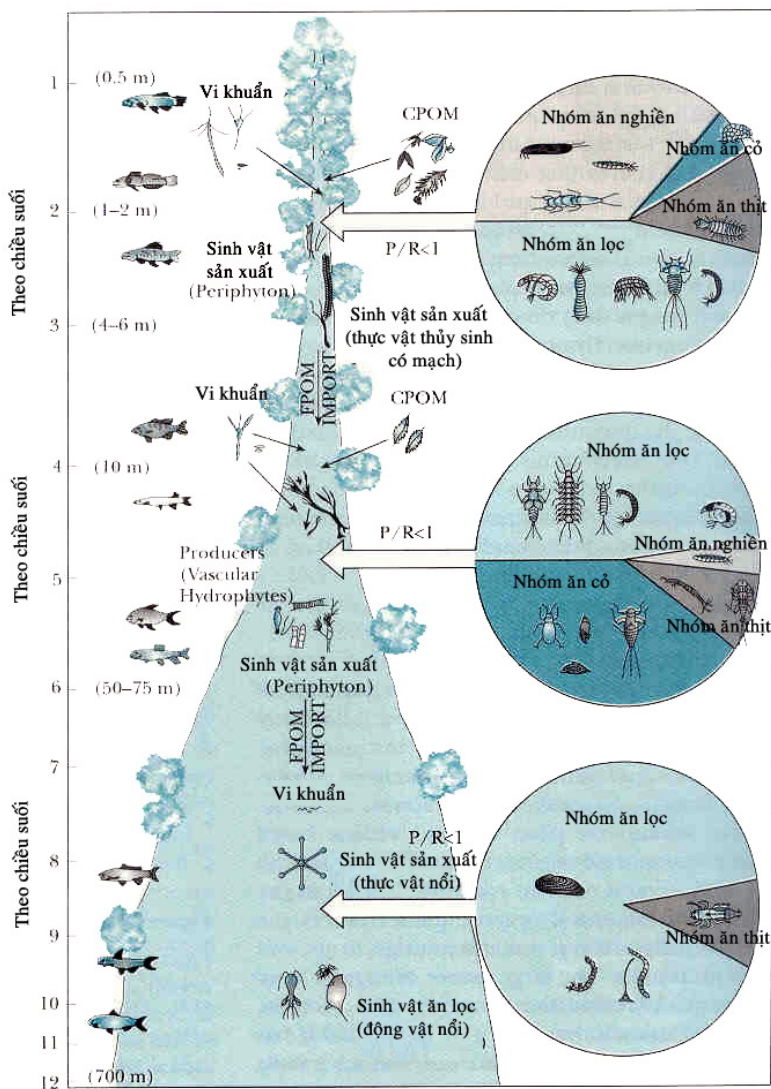
Bảng 5.3. Trữ lượng tức thời của cá theo kiểu nơi cư trú ở lưu vực sông Nam Kading/Nam Theun, Lào

Những nơi cư trú của cá	Trữ lượng tức thời		Số lượng loài cá	
	Dãy biến động (kg/ha)	Trung bình (kg/ha)	Dãy biến động	Trung bình
Thác nước	927	927	11	11
Ghềnh	46-224	155	6-21	11,5
Bãi cạn	78-129	100	12-15	13,6
Dòng chảy	46-117	81	8-9	8,5
Suối trong rừng	40	40	14	14

Nguồn: Kottelat, 1996

Vùng suối đầu nguồn (từ khúc 1 đến khúc 3) thường bị bóng cây rừng che phủ, ít ánh sáng mặt trời nên khoảng 99% vật chất hữu cơ được cung cấp từ bên ngoài và 1% hoặc ít hơn được sản xuất tại chỗ bởi quang hợp. Vật chất hữu cơ ở các khúc suối - sông này là dạng thô (Coarse Particulate Organic Matter - CPOM). Các quần thể động vật ở đây duy trì chuỗi thức ăn chủ yếu nhờ lượng vật chất hữu cơ từ bên ngoài vào như lá, cành, quả. Lượng hữu cơ này được các nhóm vi sinh vật, nấm hoặc một số nhóm động vật mà Cummin (1974) gọi là vật phân hủy (shredder) như các nhóm côn trùng ở nước (caddis-fly; crane-fly; stone-fly), hoặc giáp xác (crayfish). Tại các khúc này, động vật phân hủy chiếm một tỷ lệ lớn trong cấu trúc động vật không xương sống. Nhóm động vật phân hủy là rất quan trọng trong việc phân hủy/chế biến lá, cành cây. Các nhóm động vật khác sử dụng các mảnh vụn nhỏ hơn. Các nhóm động vật ăn thịt lại ăn các nhóm động vật ăn mảnh vụn, ăn thực vật như côn trùng

(dobsson-fly; stone-fly) và một số loài cá bóng suối; Nhóm động vật ăn thực vật có một tỷ lệ thấp.



Hình 5.11. Phân vùng theo chiều dọc suối-sông từ thượng lưu tới hạ lưu với các nhóm thủy sinh vật đặc trưng

(nguồn: Edward E. Ruppert et.al, 1993, trong Brewer, 1994)

Ngược lại, vật chất hữu cơ hạt mịn (Fine Particulate Organic Matter-FPOM) được hình thành từ bọt sử dụng CPOM lại chiếm ưu thế ở vùng thấp hơn ở trung lưu dòng sông (từ khúc 4 đến khúc 7). Lượng CPOM từ vùng ven sông ở vùng suối đầu nguồn giảm. Các loài ăn lọc ở lớp trầm tích như ấu trùng côn trùng ăn FCOM phát triển. Tại vùng suối - sông rộng hơn, lượng cung cấp CPOM từ bên ngoài giảm dần và lượng FPOM cũng giảm dần. Tại khu vực suối rộng hơn khi gia nhập sông, quá trình sản xuất tự dưỡng bởi nhóm tảo sợi và các loài thực vật thủy sinh có mạch chiếm ưu thế trong hệ và sự ảnh hưởng của hệ thực vật trên cạn ở hai bên bờ đã không còn nữa. Tại đây, năng suất sơ cấp tại chỗ được hình thành bởi tảo và thực vật thủy sinh đã cung cấp CPOM cho nhóm động vật ăn thực vật ở vùng trung lưu này làm cho nhóm động vật ăn thực vật phát triển, chiếm một tỷ lệ lớn ở đây. Trong khi đó, nhóm động vật phân hủy giảm hẳn về số lượng.

Cuối cùng (ở khúc 8 đến 12), chỉ có phần trơ, bã của FPOM và chất hữu cơ hòa tan (Dissolved Organic Matter - DOM) còn lại không phải là thức ăn thích hợp cho hầu hết các nhóm thủy sinh vật. Trong cấu trúc động vật, chỉ còn hai nhóm động vật tiêu thụ ăn lọc và nhóm động vật ăn thịt, nhóm động vật phân hủy không tồn tại. Trong đó, nhóm động vật tiêu thụ ăn lọc phát triển và chiếm ưu thế.

Như vậy, có thể thấy lý thuyết tính liên tục của suối - sông được đưa ra trên cơ sở sự thay đổi cấu trúc tỷ lệ các nhóm động vật không xương sống ở đây từ thượng lưu về hạ lưu là phản ứng của chúng với sự thay đổi tỷ lệ CPOM/FPOM. Đáng chú ý là nhóm động vật phân hủy CPOM chỉ giới hạn phân bố tại khúc suối đầu nguồn và nhóm động vật ăn thực vật và vi khuẩn phát triển nhiều ở vùng trung lưu sông, ở đó ánh sáng có thể chiếu xuống tận nền đáy để thực vật phát triển. Nhóm động vật tiêu thụ ăn lọc bao giờ cũng chiếm ưu thế ở khúc sông rộng lớn.

1.3. Hệ sinh thái cửa sông

1.3.1. Đặc tính tự nhiên

Vùng nước cửa sông là khu vực chịu sự tương tác của hai khối nước: nước ngọt từ sông trên lục địa tải ra và nước mặn từ biển vào.

Bởi vậy, đặc điểm nổi bật ở vùng nước cửa sông là độ mặn thay đổi, hoạt động của thủy triều, mối tương tác giữa nước ngọt, nước mặn. Vùng cửa sông thường là nông, độ đục lớn. Vùng nước cửa sông là một phức hợp với năng suất sinh học rất cao.

Vùng cửa sông ven biển là nơi chuyển tiếp giữa sông và biển, bởi vậy nơi đó một mặt phụ thuộc vào chế độ thủy văn nước ngọt từ sông lục địa đổ ra, mặt khác phụ thuộc vào chế độ thủy triều ngoài biển vào. Theo quan điểm động lực, Pritchard (1967) cho rằng “cửa sông là một thủy vực ven bờ nửa khép kín, liên hệ trực tiếp với biển và trong đó, nước biển hoà trộn có mức độ với nước ngọt đổ ra từ các dòng lục địa”. Tuy nhiên, tùy thuộc vào từng kiểu vùng cửa sông, có các yếu tố động lực thống trị khác nhau. Các nghiên cứu ở Việt Nam cho thấy ở các vùng cửa sông châu thổ (delta) sông Hồng và sông Cửu Long, quá trình thủy văn sông là động lực thống trị. Quá trình sông thống trị tuyệt đối trong mùa mưa biểu hiện ở tỷ lệ khối nước sông chiếm đến 80-90% khối nước vùng triều sông Hồng, 70-80% vùng cửa sông Cửu Long. Trong khi đó, ở các vùng cửa sông hình phễu (estuary) như Bạch Đằng, Tiên Yên - Hà Cối (Quảng Ninh - Hải Phòng) và Đồng Nai (Bà Rịa - Vũng Tàu), vai trò của sông lại yếu và động lực thống trị là thủy triều, ưu thế biển thống trị. Vào mùa mưa, khối nước sông chỉ chiếm 20-40%, mùa khô chỉ còn 5-10%, trầm tích lơ lửng thấp chủ yếu được tái phân bố lại.

Thủy triều và độ mặn luôn biến đổi đã hình thành cấu trúc của vùng nước cửa sông phức tạp hơn so với suối, sông và hồ. Yếu tố động lực sông hoặc thủy triều thống trị quyết định độ mặn cũng như hàm lượng các chất dinh dưỡng của vùng cửa sông. Các nghiên cứu cho thấy vùng cửa sông hình phễu có độ mặn trung bình cao hơn trong khi độ mặn trung bình vùng cửa sông châu thổ độ mặn thấp hơn. Vùng cửa sông châu thổ thường nhận các muối dinh dưỡng có nguồn gốc N, P, Si từ sông lớn lục địa đổ ra và luôn có hàm lượng dinh dưỡng cao hơn so với các cửa sông hình phễu.

Tại vùng cửa sông, một số lượng lớn các yếu tố vật lý (vùng lầy, bùn, kênh lạch triều, ven bờ) và sinh học (thực vật nổi, động vật nổi, động vật đáy, cá và thảm thực vật ngập mặn) tương tác lẫn nhau và hình thành một lưới thức ăn rất phức tạp ở đây.

Vùng cửa sông là một trong các hệ sinh thái có năng suất cao nhất đồng thời là khu vực tập hợp các nguồn năng lượng vật lý và hóa học:

- Hoạt động thủy triều mang các chất dinh dưỡng và thức ăn cho thủy sinh vật, làm cho chúng tiết kiệm năng lượng trong việc tiêu dùng trong việc tìm kiếm thức ăn.
- Sự pha trộn một khối lượng lớn nước mặn và nước ngọt hình thành một lượng dinh dưỡng cho động vật nổi và động vật đáy ăn lọc.
- Vùng nước nông và lớp bùn sẫm tại vùng triều thấp được hấp thụ nhiệt mặt trời dễ dàng gia tăng chu trình dinh dưỡng nhờ sự phân hủy của vi sinh vật và gia tăng sinh trưởng của nhóm động vật đáy.
- Vùng nước cửa sông bao giờ cũng nông và có nhiều thức ăn từ các nguồn ngoại lai như rừng ngập mặn, các bãi lầy mặn. Các nguồn dạng hạt đó có khuynh hướng tham gia vào tái chu trình dinh dưỡng bởi hoạt động của thủy triều nhiều hơn sự lắng xuống lớp trầm tích như thường thấy ở các hồ phân tầng.

1.3.2. Quần xã sinh vật cửa sông

Trong hệ sinh thái cửa sông, các khu sinh vật khác nhau ở trong lớp bùn đáy, vùng đầm lầy hoặc rừng ngập mặn dễ được phân biệt hơn so với các hồ và hải dương mà ở đó, các quá trình sống trôi nổi chiếm ưu thế.

Các nhóm thực vật vùng đất ngập nước cửa sông phải thích nghi với mức dao động của thủy triều có thể tới 4m như ở Quảng Ninh (phía bắc Việt Nam), thậm chí tới 10m như một số vùng ven biển phía tây nước Anh hoặc phía đông Canada. Hệ thực vật vùng cửa sông phong phú bao gồm thực vật ngập mặn, rong, thực vật nổi và vi tảo vùng triều. Hầu hết các cây thực vật ngập mặn là những loài lưu niên (có thể tới 50 năm). Rừng ngập mặn (mangrove) là một kiểu hệ sinh thái đặc trưng vùng cửa sông nhiệt đới. Có một số quần thể cây ngập mặn ưu thế như đước (*Rhizophora spp.*), mắm (*Avicennia spp.*). Vai trò sinh thái của vùng đất có rừng ngập mặn

cũng có nét tương tự như vùng đầm lầy mặn. Chúng phát triển trên lớp bùn trầm tích từ các sông lục địa tải ra mà ở đó, luôn có sự lắng đọng và làm giàu các chất dinh dưỡng. Thực vật ngập mong sinh trưởng và phát triển nhanh chóng tạo điều kiện cho các nhóm động vật và thực vật khác sống bám trên bộ rễ và thân của chúng. Môi trường ở rừng ngập mặn là nơi cư trú rất thuận lợi cho các giai đoạn con non của nhiều loài cá, nhiều loài giáp xác, thân mềm và các nhóm động vật có xương sống khác như rắn.

Các nhóm rong hoặc tảo cỡ lớn sống phổ biến ở vùng cửa sông trên bãi triều bùn hoặc rạn đá. Một số loài rong biển chỉ sống ở vùng dưới triều và chỉ thấy khi triều kiệt. Kích thước và tốc độ sinh trưởng của thực vật là cơ sở quan trọng tạo nên lượng dinh dưỡng tại chỗ cho vùng cửa sông.

Thực vật nổi trong vùng nước cửa sông cũng có các thời kỳ nở hoa như ở các hồ nông trong lục địa. Tuy nhiên, các kiểu vi tảo trôi nổi hoặc bám đáy trong vùng nước cửa sông vẫn có những nét khác so với các thủy vực nước ngọt nội địa.

Động vật nổi trong vùng nước cửa sông khá phong phú về số lượng cá thể. Một số dạng điển hình là giáp xác chân chèo *Acartia spp* rất phổ biến.

Động vật đáy vùng cửa sông có một vai trò rất lớn, động lực sinh học vùng cửa sông phụ thuộc vào các quần thể giun nhiều tơ, các nhóm động vật thân mềm hai mảnh vỏ, tôm và cua sống trong lớp trầm tích đáy.

1.4. Hệ sinh thái thủy vực ngầm trong hang động

Hang động là một kiểu hồ lõm sâu dưới mặt đất. Hang động được nghiên cứu nhiều nhất là kiểu hang động được hình thành trong núi đá vôi do các hoạt động của nước ngầm. Các kiểu thủy vực ngầm trong hang động là sông, suối nước chảy hoặc hồ, vũng nước đứng. Một đặc điểm quan trọng nhất của hang động nói chung, của thủy vực ngầm nói riêng là không có ánh sáng. Điều kiện môi trường vật lý gần như không thay đổi. Nước cứng và kiềm.

Các dẫn liệu nghiên cứu hệ sinh thái hang động chưa có nhiều. Do không có ánh sáng nên trong hang động ngầm cũng như trong các thủy vực nước đứng ở trong đó hầu như chỉ có vi khuẩn và động vật,

không có thực vật quang hợp. Các thủy vực nước chảy có thể thấy thực vật nổi do vận chuyển theo dòng nước từ bên ngoài vào. Bởi vậy, chuỗi thức ăn tự nhiên được hình thành trên cơ sở năng lượng mang từ bên ngoài vào. Hệ sinh thái hang động là hệ dị dưỡng với chuỗi thức ăn khởi đầu từ vi khuẩn và các nhóm phân hủy. Nước mang vào các vật chất hữu cơ hoà tan hoặc dạng hạt. Thành phần khu hệ động vật thủy sinh ở hang động ngằm khắp thế giới là tương tự nhau: thành phần loài gồm các nhóm giáp xác nhỏ Harpacticoida, Amphipoda, Isopoda, tôm, một số ít loài thân mềm, luân trùng, giun ít tơ và đĩa. Thủy sinh vật nước ngằm có đặc điểm số lượng rất ít, cơ quan thị giác không phát triển, phân phụ dài. Cả hang động (các loài bị tiêu giảm thị giác). Do điều kiện nhiệt độ đồng đều, nên sinh trưởng và phát triển không có chu kỳ. Quần xã thủy sinh vật nước ngằm có rất nhiều loài đặc trưng thích ứng với môi trường ít ánh sáng, ô xy và nhiệt độ thấp. Hầu hết các loài động vật trong hang động không có mắt hoặc sắc tố. Do lượng thức ăn hạn chế nên tốc độ chuyển hóa của động vật chậm hơn so với ở trên mặt đất.

1.5. Hệ sinh thái đất ngập nước (wetland)

1.5.1. Tổng quan về đất ngập nước

Theo nội dung của Công ước Ramsar (điều 1.1), các vùng đất ngập nước được định nghĩa như sau: *“Các vùng đầm, đầm lầy đất trũng, vùng đất than bùn hoặc nước, tự nhiên hay nhân tạo, thường xuyên hay tạm thời, có nước đứng hay chảy, nước ngọt, lợ hay mặn, kể cả các vùng biển với độ sâu ở mức triều thấp, không quá 6 mét”*.

Nhiều tác giả đã cố gắng xác định ranh giới phân biệt giữa vùng đất ngập nước và các thủy vực. Bản Danh lục đất ngập nước Hoa Kỳ đã xác định *đất ngập nước là vùng đất chuyển tiếp giữa hệ đất ở cạn và ở nước mà ở đó có mực nước nông phủ lên*. Các nhà nghiên cứu Canada (1998) lại xác định *đất ngập nước là đất được bão hòa bởi nước với thời gian dài đủ để thúc đẩy các quá trình của vùng đất ngập nước hoặc thủy vực được chỉ thị bởi thảm thực vật thủy sinh và các hoạt động sinh học khác nhau thích nghi với điều kiện môi trường ẩm ướt*. Các tác giả New Zealand lại xác định *đất ngập nước là thuật ngữ tổng hợp chỉ những vùng ngập nước thường xuyên hoặc tạm thời, nước nông và có bờ đất*.

Đất ngập nước có một số ít các đặc tính cấu trúc của hồ, sông hoặc vùng cửa sông. Các đầm lầy, đầm lầy than bùn có các đặc trưng cơ bản của thủy vực nước ngọt nông và thậm chí có thể bị khô hạn một phần trong năm. Chính do đặc tính như vậy, sự phân tầng nhiệt hoặc dòng chảy thường không có ý nghĩa gì đối với hệ sinh thái đất ngập nước.

Thành phần quan trọng nhất của đất ngập nước là thảm thực vật. Trong thực tế, đất ngập nước được phân chia thành bốn nhóm dựa trên kiểu thảm thực vật ưu thế, nguồn nước, số lượng than bùn:

- Đầm lầy (marsh) được đặc trưng bởi các nhóm thực vật thủy sinh bậc cao (macrophyte) khác nhau.
- Đầm lầy (swamp) có thảm thực vật ưu thế bởi các loài cây gỗ.
- Đầm lầy chua (bog) được đặc trưng bởi tính đa dạng loài thấp, ít có thực vật bậc cao và có nhiều nhóm rêu nước *Sphagnum* tạo thành than bùn.
- Đầm lầy kiềm (fen) thường có nhiều loài bao gồm cả các loài rêu nước và các loài thực vật thủy sinh bậc cao. Đầm lầy kiềm là vùng đất than bùn giàu khoáng.

Bảng 5.4. Đặc điểm của bốn nhóm đầm lầy

Nhóm đầm lầy	Kiểu thực vật ngập nước (thực vật nửa ngập-emergent, rong (submerged))	pH	Nguồn nước	Vật chất hữu cơ (than bùn)
Đầm lầy (Marsh)	huong bồ, sậy, cây lá nổi (sen, súng), rong	5,1-7,0	Sông	Có
Đầm lầy (Swamp)	cây Bách, cây lá nổi	3,0-7,0	Sông	ít
Đầm lầy chua (Bog)	rêu nước <i>Sphagnum</i>	3,6-4,7	Mưa	Nhiều
Đầm lầy kiềm (Fen)	rêu nước, Lau, lách	5,1-7,6	Nước ngầm	Có

Nguồn: Brewer, 1994.

Một đặc điểm quan trọng khác của đất ngập nước là tính không đồng nhất theo không gian: một đám sậy có thể mọc ở gần một đám cây hương bồ hoặc một vùng đất ngập nước bao gồm cả các quần thể rong, cỏ, sậy, cây hương bồ. Sự không đồng nhất này có thể diễn ra hàng tháng hoặc hàng năm. Các vùng đất ngập nước là nơi có mức đa dạng sinh học rất cao, bên cạnh thành phần thủy sinh vật, đất ngập nước còn là nơi hỗ trợ cho cuộc sống của nhiều quần thể chim nước, động vật có vú, bò sát, lưỡng cư. Các vùng đất ngập nước còn là nơi có năng suất sinh học cao nhất, tạo ra hàng loạt các lợi ích cho con người.

1.5.2. Cấu trúc của đất ngập nước

Trong hệ sinh thái đất ngập nước, do cột nước rất nông nên ô xy có thể xâm nhập vào lớp trầm tích đáy mà ở đó quá trình dị dưỡng đòi hỏi tiêu thụ ô xy thường chiếm ưu thế hơn quá trình quang hợp tạo ra ô xy. Các cây thực vật thủy sinh nửa ngập nước chỉ cần mực nước vài centimet nhưng hầu hết các cây thực vật ngập hoàn toàn trong nước cần mực nước sâu khoảng 2m.

Cấu trúc ba bậc của đất ngập nước được xác định bởi sự có mặt hoặc không có mặt các nhóm thực vật thủy sinh lớn hoặc là bán ngập hoặc hoàn toàn ngập nước. Ở đất ngập nước, thân và lá của các thực vật thủy sinh chiếm hết bề mặt và tầng nước. Trong vùng nước sâu của đầm lầy, các đám cây sậy (*Phragmites*) mọc lẫn với đám cây đuôi mèo (*Typha*). Trong khi đó ở vùng ven đầm lầy, các cây bụi (*Scirpus*) phát triển. Ở vùng giữa đầm lầy, nước nông lại có các cây thủy sinh lá nổi (lily) hoặc rong. Bản thân các cây thủy sinh bậc cao (macrophyte) với các nhóm vi khuẩn sống bám là nơi kiếm ăn của các nhóm ốc, tôm và cá nhỏ. Quần xã thủy sinh vật đầm lầy có thành phần và số lượng thủy sinh vật nghèo nàn, đặc tính của thủy vực mất dinh dưỡng, nước axit và nhiều khí độc. Như vậy, có thể thấy không giống các thủy vực như hồ ao mà ở đó, thực vật nổi (phytoplankton) là nhóm thực vật sản sinh sơ cấp tại chỗ, thì các nhóm thực vật thủy sinh bậc cao lại là nhóm thực vật sản sinh sơ cấp ở hầu hết các vùng đất ngập nước.

Ở các đầm lầy nông và rất chua như đầm lầy than bùn không có thực vật thủy sinh bậc cao thì có lớp phủ của rêu nước (*Sphagnum*)

sống hoặc đã chết. Một số ít các thực vật chịu chua như cỏ bông (*Eriophorum*), cây nam việt quất (*Vaccinium*) hoặc cây lá hình chén ăn thịt (*Dawintonia*) phát triển.

1.5.3. Dinh dưỡng và năng suất trong đất ngập nước

Các chất dinh dưỡng có thể tăng, giảm hoặc biến đổi trong đất ngập nước. Nhìn chung, hoạt động ưu thế của đất ngập nước là biến đổi các chất từ dinh dưỡng vô cơ thành các hợp chất hữu cơ hòa tan hoặc dạng hạt. Trong các đầm lầy than bùn thường có ít chất dinh dưỡng đầu vào. Rêu nước phát triển và các ion cơ bản như can xi được thay thế bởi hydrogen tạo nên sự chua hóa, độ pH thấp và nước có màu nâu vàng của a xít mùn. Đối với các vùng đất ngập nước có nguồn nước mưa, nước sông hoặc nước ngầm bổ sung thì lượng chất dinh dưỡng ni tơ, phốt pho đầu vào thực tế hàng năm để cung cấp cho thực vật theo các nguồn nước này chỉ chiếm một phần nhỏ. Sự phân hủy than bùn bởi vi sinh vật để tạo thành các hợp chất ni tơ, sulfua cung cấp phần còn lại đồng thời cũng là lượng dinh dưỡng quan trọng nhất của đầm lầy than bùn.

Mặc dầu được xem như là hệ sinh thái giàu có, các vùng đất ngập nước không phải bao giờ cũng là hệ có năng suất. Một số các vùng đất ngập nước theo mùa giàu dinh dưỡng là các hệ có năng suất cao nhất. Năng suất sơ cấp của các loại đầm lầy được xếp theo trật tự: đầm lầy theo mùa > đầm lầy ngập nước thường xuyên; đầm lầy (marshes) > đầm lầy (swamps) > đầm lầy kiềm (fens) > đầm lầy chua (bogs). Các nghiên cứu cho thấy ở các kiểu đầm lầy swamp và marsh, chất dinh dưỡng giới hạn là ni tơ trong khi ở đầm lầy chua (bog), phốt pho lại là chất dinh dưỡng giới hạn.

Năng suất thứ cấp của một số đầm lầy (marsh) rất cao. Các nghiên cứu cho thấy có trên 7.000 ấu trùng muỗi lác Chironomidae/m², 100 ấu trùng phù du ăn thịt /m² ở đầm lầy phú dưỡng với thảm thực vật ngập nước.

Cách xử lý các mảnh vụn được xem như là phương thức trung chuyển vật chất hữu cơ trong hệ sinh thái vùng đất ngập nước. Hầu hết sản lượng hữu cơ không phải từ tảo trong các đầm lầy marsh, swamp và đầm lầy chua là không thể sử dụng cho các nhóm động vật ăn được, trừ khi đã được chế biến bởi các nhóm côn trùng và vi khuẩn. Hầu hết vật chất hữu cơ trong

hệ sinh thái đất ngập nước không bao giờ được các nhóm côn trùng, cá và chim sử dụng. Lý do chính là hầu hết sản lượng hữu cơ hàng năm của các vùng đất ngập nước thường xuyên được tích lũy dưới dạng than bùn.

Bảng 5.5. Năng suất sơ cấp ở các vùng đất ngập nước

Kiểu đất ngập nước	Năng suất sơ cấp thô (g khô/m ² /y)	Sinh khối (g khô/m ² /y)	Tải lượng Nơ tơ (g/m ² /y)	Tải lượng phốt pho (g/m ² /y)	Chu trình khoáng	Thời gian ngập lụt
Đầm lầy nước ngọt (marsh)						
- Trung bình	2.000	46	22		Kín	Dài
- Phú dưỡng	6.000				Hở,	Ngắn
Sậy	22.000	-	-	-	Dòng	
Dinh dưỡng ô nhiễm theo mùa		20	600	120	chảy vào	
- Nghèo dưỡng	1.000	-	-	-	Hở	Dài
					Kín	
Đầm lầy nước ngọt (swamp)						
- Trung bình	870	52	900	-	Hở	Thay đổi
- Phú dưỡng theo mùa	1.750	-	-	-	Theo mùa	Dài
- Nghèo dưỡng (liên tục ngập)	250	-	-	-	Không	
Đầm lầy chua (bog)						
- Trung bình	560	53	0,8	-	Kín	Dài
- Phú dưỡng	1.900	-	-	10	Kín	Dài
- Nghèo dưỡng	100	3	-	0,1	Kín	Dài
Đầm lầy kiềm (fen)						
- Trung bình			-	-	Kín	
- Phú dưỡng	340	-	-	-	Kín	Dài
- Nghèo dưỡng	-	-	-	-	Kín	Dài

Nguồn: Horne & Goldman, 1994.

2. Các hệ sinh thái biển ven bờ

2.1. Hệ sinh thái vùng triều cửa sông

2.1.1. Các sinh cảnh vùng triều cửa sông

Đặc trưng cơ bản của các sinh cảnh vùng triều cửa sông là mối quan hệ phát sinh, phát triển của sinh cảnh với cả hai loại quá trình biển và sông ở khu vực cửa sông. Nhờ dòng chảy của sông đưa vật chất

từ đất liền ra cửa sông và biển ven bờ, cùng với vận động của thủy triều, dòng chảy biển ven bờ và các tác nhân khác đã hình thành nên vùng nước và nền thổ nhưỡng với hình thái, đặc tính thủy lý hóa khác nhau ở vùng triều cửa sông tạo nên môi trường sống đặc trưng của sinh cảnh này. Theo đặc điểm điều kiện môi trường sống và sự phát triển quần xã sinh vật, có thể phân biệt các sinh cảnh khác nhau ở vùng triều cửa sông.

a) Bãi triều lầy có rừng ngập mặn

Được hình thành ở các vùng cửa sông dọc ven biển ở vùng nhiệt đới. Đặc trưng cơ bản của sinh cảnh là có thảm rừng ngập mặn. Bãi triều lầy có rừng ngập mặn phát triển tạo nên hệ sinh thái rừng ngập mặn đặc trưng của các vùng triều biển nhiệt đới. Loại sinh cảnh này thường ở khu triều giữa và triều cao, nơi có thời gian ngập nước khi triều cường trong ngày.

b) Bãi triều lầy không có rừng ngập mặn

Các dạng bãi triều phẳng, bằng phẳng, ngập nước thường xuyên vào những ngày nước cường, chỉ được phơi cạn vào kỳ nước kém. Đặc điểm quan trọng của sinh cảnh này là không có rừng ngập mặn che phủ, chỉ có thực vật nhỏ phân tán hoặc không có. Nền đáy có thể là cát bột, bùn cát, bùn sét tùy theo điều kiện động lực mạnh hoặc yếu của sông và dòng chảy. Do không có thực vật che phủ, trao đổi nước tốt, nên là môi trường nuôi trồng hải sản tốt. Thường thấy ở các vùng cửa sông châu thổ.

c) Các cồn cát ở vùng triều cửa sông

Được hình thành phổ biến ở vùng cửa các sông lớn từ các nguồn cát của các sông đưa ra được các dòng chảy ven bờ và sóng di chuyển về hai phía cửa sông, thường thấy ở các vùng cửa sông châu thổ, tạo nên các cồn cát chạy song song với bờ, chắn ở phía ngoài cửa sông. Ở các vùng cửa sông hình phễu, do bị sụt chìm, lấn sâu vào lục địa, chịu tác động mạnh của thủy triều và sóng nên rất ít hình thành các cồn cát. Phía trong các cồn cát thường là các hệ lạch triều ngang hoặc các bãi triều lầy có thực vật ngập mặn. Nền đáy các cồn cát thường là bùn cát hoặc cát bùn, nhưng nhìn chung hàm lượng hữu cơ thấp, thành phần sinh vật kém phong phú.

Vùng triều nằm xa cửa sông là vùng triều bờ biển hở có vị trí ở xa cửa sông, chịu tác động chủ yếu của dòng chảy ven bờ, sóng và các quá trình địa chất, và hoạt động sống của sinh vật tại chỗ. Do vị trí xa cửa sông, các sinh cảnh này có đặc điểm chung là có độ mặn cao, hàm lượng hữu cơ trong nền đáy thấp, thực vật lớn kém hoặc không phát triển, mặt khác lại có thành phần sinh vật rất đặc trưng cho các sinh cảnh này. Có thể phân biệt các sinh cảnh phổ biến sau:

a) Các bãi triều cát

Thường ở khu triều cao, trong nền đáy thành phần cát là chủ yếu, hàm lượng bùn hữu cơ rất ít, độ dinh dưỡng nghèo. Thực vật lớn gần như không phát triển, trừ một số ít loài đặc trưng thích ứng với nền cát khô độ mặn cao. Nhìn chung thành phần sinh vật nghèo nàn. Bãi triều cát gặp ở dọc ven biển, nơi có địa hình thấp.

b) Các bãi triều rạn đá

Thường thấy ở chân núi, ven đảo, nền đáy là các tảng đá lớn, viên đá nhỏ xếp không trật tự thành các bờ đá độ dốc khác nhau, tạo nên các bãi triều rạn đá trải rộng ra phía biển từ vài mét tới vài chục mét. Bờ đá thường xuyên chịu tác động của sóng, độ mặn nước cao.

c) Các bãi triều san hô chết

Đây là nơi có các rạn san hô phát triển. Bãi triều có dạng bãi thoải, có khi rộng tới 300m, độ mặn thường xuyên cao tới trên 30%, chỉ hơi giảm vào mùa lũ trong thời gian ngắn. Chết đáy thường là cát lẫn vỏ mảnh san hô mài mòn, vỏ trai ốc.

d) Các bãi triều tùng áng

Là kiểu bãi triều rất đặc trưng, ít phổ biến, hiện chỉ thấy ở vùng vịnh Hạ Long, Bái Tử Long, đảo Cát Bà... Giữa các vùng đảo này hình thành các vũng nhô giữa biển, gọi là các tùng áng, diện tích nhỏ, nhưng ở xa bờ, yên tĩnh, có độ mặn, độ trong nước cao. Chết đáy thường là đá, sỏi nhỏ. Vì vậy bãi triều ở đây có những đặc trưng khác với các kiểu bãi triều ở ven bờ.

Dựa trên thành phần cấu tạo nền đáy, độ mặn, chế độ thủy triều cũng như những sinh vật đặc trưng có thể phân loại bãi triều cửa sông ở Việt Nam thành các kiểu:

- Bãi triều lầy cửa sông, chủ yếu ở các vùng cửa sông Hồng và sông Cửu Long;
- Bãi triều cát ven biển, thường thấy ở ven biển Trung Bộ
- Bãi triều rạn đá, hay gặp ở khu vực Móng Cái (Quảng Ninh), bờ biển Trung Bộ và ven các đảo;
- Bãi triều tùng áng, thường gặp ở các đảo trong vịnh Hạ Long, Bái Tử Long;
- Bãi triều san hô chết, hay gặp ở ven biển nam Trung Bộ, các đảo ven bờ và vùng khơi (Trường Sa).

Trên cơ sở phân tích các tư liệu hiện có về điều kiện tự nhiên theo quan điểm hình thái, động lực, Trần Đức Thanh và nnk (1985) đã phân chia vùng triều cửa sông ven biển phía Bắc Việt Nam thành 4 khu vực: *Móng Cái - Đồ Sơn*; *Đồ Sơn - Lạch Trường*; *Lạch Trường - Mũi Ròn*; *Mũi Ròn - Hải Vân*. mỗi khu vực đều có những đặc trưng về động lực, kiểu bờ biển, vật liệu, tích tụ, xu thế phát triển và kiểu thủy vực.

Cũng theo quan điểm về địa hình và khí tượng, thủy văn, Nguyễn Văn Chung và nnk (1994) đã phân chia vùng triều cửa sông ven biển phía Nam Việt Nam thành 3 khu vực lớn: *Đà Nẵng - Vũng Tàu*; *Vũng Tàu - Cà Mau*; *Cà Mau - Hà Tiên*. Mỗi vùng này có những đặc điểm cơ bản đặc trưng về các loại hình cửa sông và địa hình, thành tạo bờ.

Với sự phân chia trên, có thể thấy trên toàn vùng triều cửa sông ven biển Việt Nam, có những khu vực đã được phân chia nhưng tương đối giống nhau về đặc điểm tự nhiên. Có thể lấy ví dụ như khu vực vùng triều cửa sông Đà Nẵng - Vũng Tàu có những nét tương đồng với khu vực Mũi Ròn - Hải Vân về một số đặc điểm: động lực thống trị, kiểu bờ, vật liệu tích tụ hiện đại, xu thế phát triển và đặc biệt là thủy vực đặc trưng ven bờ cùng là dạng đầm phá lợ mặn. Tuy nhiên, so với khu vực bắc Trung Bộ, nó lại có những nét khác biệt về địa hình bờ, các bãi biển không còn bằng phẳng và vùng nước ngay ven bờ thường có độ sâu lớn. Cũng như vậy, khu vực Vũng Tàu - Cà Mau vừa có những nét tương tự như khu vực Móng Cái - Đồ Sơn, đồng thời lại có những nét giống với khu vực Đồ Sơn - Lạch Trường như động lực thống trị cùng là thủy triều -

sông, thủy vực đặc trưng vừa là vùng cửa sông hình phễu vừa là tam giác châu thổ.

Theo quan điểm về hình thái, điều kiện động lực tiến hóa và biểu hiện về cảnh quan, phân bố của động thực vật, Đặng Ngọc Thanh và nnk. (1995) đã phân chia thành các loại vùng cửa sông sau đây:

a. Các vùng cửa sông châu thổ

Các vùng cửa sông châu thổ ở Việt Nam chủ yếu là các cửa sông Hồng, sông Mã, sông Cả, sông Cửu Long.

- Vùng cửa sông Hồng: được giới hạn chiều dài dọc bờ biển từ Đồ Sơn đến Lạch Trường (khoảng 145km), chiều rộng từ bờ đê Quốc gia đến đường 0m hải đồ, rộng nhất 10-15km ở cửa Ba Lạt, cửa Đáy, hẹp nhất 500-700m ở ven bờ Văn Lý. Châu thổ sông Hồng có diện tích bãi triều 452.000ha, trong đó bãi triều cao có rừng ngập mặn chiếm 188.000ha (41,6%), bãi triều thấp 264.000ha (58,4%).
- Vùng cửa sông Cửu Long: là vùng châu thổ lớn nhất Việt Nam, giới hạn chiều dài dọc bờ biển từ cửa sông Đồng Nai đến Long Phú khoảng 200km. Chiều rộng của vùng cửa sông từ giới hạn ngập triều thường xuyên cao nhất đến 0m hải đồ, rộng nhất 15-20km, hẹp nhất 200-500m. Tổng diện tích vùng triều tự nhiên tính từ giới hạn mực triều cao thường xuyên đến 0m hải đồ, rộng khoảng 600.000-800.000ha, trong đó diện tích bãi triều cao có rừng ngập mặn chiếm khoảng 70-80%, phần còn lại là bãi triều thấp.

b. Các vùng cửa sông hình phễu

Các vùng cửa sông có dạng hình phễu (estuary) có quá trình bồi tụ xói lở ngược với loại hình cửa sông châu thổ. Vùng cửa sông hình phễu có hướng biển mở rộng lần sâu vào lục địa. Ở Việt Nam có hai vùng cửa sông hình phễu điển hình đó là cửa sông hình phễu Bạch Đằng (Bắc Bộ) và cửa sông hình phễu Đồng Nai (Nam Bộ).

- Cửa sông hình phễu Bạch Đằng: nằm ở rìa phía bắc vùng cửa sông châu thổ sông Hồng, từ Yên Lập tới Đồ Sơn và giới hạn sâu vào lục địa đến tận Phả Lại - Bến Kiền.

Tổng diện tích vùng cửa sông rộng khoảng 95.000ha bao gồm bãi triều cao có rừng ngập mặn, bãi triều thấp không có rừng ngập mặn và đới Avandelta đến độ sâu 10m. Đặc điểm quan trọng của xu thế tiến hóa vùng cửa sông hình phễu là quá trình xói lở làm thu hẹp diện tích hệ sinh thái và mở rộng hệ sinh thái vùng triều về phía lục địa.

- Vùng cửa sông Đồng Nai: là vùng cửa sông hình phễu lớn nhất Việt Nam. Vùng cửa sông nằm ở rìa phía bắc châu thổ sông Cửu Long. Tổng diện tích vùng cửa sông khoảng 120.000ha, trong đó phần bãi triều cao có rừng ngập mặn khoảng 75.000ha, bãi triều thấp không có rừng ngập mặn 10.000ha, phần diện tích còn lại 35.000ha.

c. Các vùng triều cửa sông khác

- Vùng triều cửa sông ven bờ Đông Bắc Việt Nam: bao gồm các vùng cửa sông nhỏ từ Yên Lập đến Móng Cái như Hà Cối, Tiên Yên - Ba Chẽ, Ca Long. Đây là các vùng cửa sông hình phễu với tổng diện tích bãi triều khoảng 60.000ha.
- Vùng triều cửa sông ven bờ miền Trung: bao gồm các sông ngắn, dốc từ Thanh Hóa đến Bình Thuận. Ở đây, hầu hết là những cửa sông châu thổ như sông Mã, sông Cả, sông Gianh, sông Hàn, sông Thu Bồn, sông Trà Bồng, sông Trà Khúc, sông Đà Rằng... Diện tích vùng triều cửa sông Mã khoảng 2.000-3.000ha, vùng triều cửa sông Cả khoảng 1.500-2.000 ha. Các vùng triều cửa sông miền Trung khác phân bố sau các cồn cát chắn hai bên cửa tạo thành các đầm phá.
- Vùng triều cửa sông trong các đầm phá: phân bố chủ yếu từ Huế đến Nha Trang.

2.1.2. Các chu trình địa hóa cơ bản

Trong vùng triều cửa sông, các quá trình địa hóa với sự tham gia tích cực của các nhóm vi sinh vật đóng một vai trò quan trọng trong sự chuyển hóa vật chất trong vùng triều. Trong các chu trình địa hóa, đáng lưu ý là chu trình địa hóa lưu huỳnh và các chu trình dinh dưỡng các bon, nitơ và photpho. Chu trình lưu huỳnh chủ yếu xảy ra trong vùng triều có rừng ngập mặn là

nơi lưu giữ một lượng vật chất hữu cơ rất lớn. Những nghiên cứu của Nguyễn Đức Cự (1995) tại vùng triều cửa sông Bạch Đằng (Hải Phòng), Tiên Yên - Hà Cối (Quảng Ninh) cho thấy các sản phẩm của chu trình lưu huỳnh là các dạng lưu huỳnh sulfua (H_2S , FeS , S hữu cơ, FeS_2) tích tụ trong các tầng trầm tích. Độ sâu của lớp trầm tích chứa các sản phẩm lưu huỳnh sulfua là khác nhau giữa các vùng cửa sông.

Bảng 5.6. Trung bình hàm lượng (%) lưu huỳnh tích tụ trong các lớp trầm tích ở vùng cửa sông Bạch Đằng

Các dạng tồn tại của lưu huỳnh	Trầm tích màu xám bề mặt 0-20cm ở Đình Vũ (ĐV) và Phù Long (C)			Trầm tích xám xanh dưới bề mặt 20-40cm ở Đình Vũ (ĐV) và Phù Long (C)		
	ĐV1	ĐV2	C500	ĐV1	ĐV2	C500
FeS	0,0407	0,0358	0,0078	0,0066	0,0054	0,0007
S ^o	0,0575	0,0709	0,0134	0,0485	0,0765	0,0285
FeS ₂	0,3938	0,3223	1,0450	1,4696	1,8364	2,4560
Sh/c	0,0192	0,0176	0,0375	0,1785	0,2278	0,0938
H ₂ S	0,14	0,19	Vết	1,07	0,84	2,42
SO ₄	0,0419	0,0418	0,0572	0,0203	0,0178	0,0382
Sulfua	0,5112	0,4466	1,1034	1,7032	2,1261	2,5789

Nguồn: Nguyễn Đức Cự, 1995, trong Chuyên khảo Biển Đông, Tập IV (2003)

Khi các tầng tích tụ sulfua này bị phát lộ bởi khai phá rừng ngập mặn, đào đất xây dựng các đầm nuôi thì các dạng lưu huỳnh sulfua bị ô xy hóa, tạo ra các axit sunfuric H_2SO_4 , $FeSO_4$, Fe_2O_3 gây chua đất, chai rắn đất và giải phóng nhiều ion gây độc như Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , SO_4^{2-} ... Trong môi trường biển, các hợp chất sunfua bị ôxy hóa làm giàu các hydroxit Fe, Al, Mn kết tủa làm rắn chắc bề mặt trầm tích và tăng cao nồng độ muối SO_4 , làm suy thoái môi trường sống cho sinh vật đáy, hạn chế khả năng tái sinh rừng ngập mặn.

Bên cạnh chu trình lưu huỳnh liên quan tới điều kiện môi trường thông qua các sản phẩm gây độc, thì các chu trình dinh dưỡng diễn ra trong các HST vùng triều cửa sông có vai trò rất quan trọng trong việc tái tạo các nguồn dinh dưỡng trong hệ. Những nghiên cứu của Nguyễn Đức Cự (1995) về các chu trình nitơ ở các vùng cửa sông ven bờ Việt Nam được trình bày trong các bảng 5.7, 5.8.

Bảng 5.7. Hàm lượng các dạng dinh dưỡng nitơ ($\mu\text{g/l}$) trong nước một số cửa sông ở ven bờ biển Việt Nam

Các vùng cửa sông	N vô cơ			N hữu cơ
	NH_4	NO_2	NO_3	
Sông Hồng	10 - 250	1,5 - 6,0	30 - 200	70 - 150
Bạch Đằng	30 - 140	1,5 - 4,5	50 - 250	40 - 120
Ven bờ miền Trung	20 - 120	2,5 - 3,5	20 - 120	40 - 120
Trong các đầm phá	20 - 100	1,5 - 5,0	20 - 100	50 - 200

(Nguồn: Nguyễn Đức Cự, 1995 trong Chuyên khảo Biển Đông, Tập IV, 2003)

Bảng 5.8. Hàm lượng nitơ tổng số trong trầm tích bãi triều có RNM và không có RNM của một số vùng cửa sông ven bờ phía bắc Việt Nam

Các vùng cửa sông	Bãi triều cao có RNM	Bãi triều thấp không có RNM
Sông Hồng	0,12 - 0,15	0,078 - 0,120
Bạch Đằng	0,15 - 0,20	0,10 - 0,15
Tiên Yên - Hà Cối	0,15 - 0,25	0,12 - 0,18

(Nguồn: Nguyễn Đức Cự, 1995 trong Chuyên khảo Biển Đông, Tập IV, 2003)

Qua đó thấy trong các vùng cửa sông, vùng cửa sông lớn có hàm lượng NH_4 , NO_3 lớn hơn so với các vùng cửa sông nhỏ ở ven bờ Trung Bộ. Hàm lượng các chất dinh dưỡng nitơ cao ở các vùng cửa sông hình phễu (Bạch Đằng, Tiên Yên - Hà Cối) và thấp ở các vùng cửa sông châu thổ (cửa sông Hồng).

Các kết quả nghiên cứu chu trình phát pho ở các vùng triều cửa sông của Nguyễn Đức Cự (1995) được trình bày trong bảng 5.9

Bảng 5.9. Khoảng hàm lượng (%) dinh dưỡng photpho tổng số P2O5 trong bãi triều các cửa sông ven bờ Việt Nam

Các vùng cửa sông	Bãi triều cao có RNM	Bãi triều thấp không có RNM
Cửu Long	0,070 - 0,095	0,060 - 0,080
Sông Hồng	0,080 - 0,150	0,050 - 0,095
Đồng Nai	0,050 - 0,070	0,060 - 0,080
Bạch Đằng	0,055 - 0,085	0,065 - 0,085
Trong các đầm phá	0,050 - 0,070	0,040 - 0,060

Nguồn: Nguyễn Đức Cự, 1995 trong Chuyên khảo Biển Đông, Tập IV, 2003.

Qua đó, thấy hàm lượng photpho trong trầm tích bề mặt bãi triều các vùng cửa sông châu thổ luôn cao hơn các vùng cửa sông hình phễu, cao nhất ở cửa sông Hồng.

2.1.3. Quần xã sinh vật vùng triều cửa sông

Do có các sinh cảnh phong phú và đa dạng, các hệ sinh thái vùng triều cửa sông có một tập hợp các quần xã sinh vật đặc trưng rất đa dạng về thành phần loài và phong phú về số lượng. Các nghiên cứu sinh vật vùng triều cửa sông ven biển Việt Nam được tập hợp chi tiết trong chuyên khảo Biển Đông (2003).

Trong chuyên khảo Biển Đông, các tác giả nhận xét dẫn liệu về phân bố thành phần loài và số lượng sinh vật (chủ yếu là sinh vật đáy) ở các sinh cảnh vùng triều biển Việt Nam còn rất tản mạn. Các dẫn liệu về bãi triều cửa sông có nhiều ở vùng biển phía bắc (vịnh Bắc Bộ) nơi có chế độ nhật triều thuần túy, với các bãi triều lầy cửa sông điển hình có hoặc không có thực vật ngập mặn. Các dẫn liệu về bãi triều rạn đá và bãi triều san hô chết có nhiều hơn vùng biển phía nam, nơi có chế độ triều phức tạp (nhật triều và bán nhật triều không đều) và gặp nhiều hai kiểu sinh cảnh bãi triều này.

Quần xã sinh vật bãi triều lầy cửa sông chủ yếu bao gồm: thực vật sú vẹt (*Sonneretia*, *Acanthus*, *Avicennia*), Cyperaceae (*Cyperus*), giun nhiều tơ (*Sabellidae*, *Chaetopterus*), Sipunculida; cua Grapsidae

(*Sesarma*, *Metagrapsus*), Ocypodidae (*Uca*) Portunidae (*Scylla*); ốc cỡ nhỏ Littorinidae, Neritidae, Cerithidae; vọp (*Cyclina*).

Thành phần loài bãi triều rạn đá vùng biển phía bắc Việt Nam thấy ở vùng Quảng Ninh - Hải Phòng. Nhóm thân mềm sống bám chiếm ưu thế (*Ostrea*, *Patella*, *Acmaca*, ốc *Nerita*, *Littorina*). Đã thấy có các loài ốc lớn họ Veneridae, Trochidae, Haliotidae. Ngoài ra có giáp xác sống bám (*Balanus*, *Mitella*), cua Grapsidae (*Sesarma*, *Nanosesarma*, *Metopograpsus*), giun nhiều tơ Nereis, và đặc biệt là đã có các động vật da gai (*Cucumaria*, *Temnopleurus*, *Diadema*).

Bãi triều cát nhìn chung hơi dốc, chịu ảnh hưởng lớn của sóng đập, nhỏ và hẹp. Chất đáy là cát sạch cùng với xác sinh vật mềm mòn. Thành phần loài sinh vật khá nghèo nàn.

2.2. Hệ sinh thái đầm phá ven biển

2.2.1 . Đặc trưng tự nhiên

Về hình thái chung, đầm phá thường có dạng một thủy vực dọc bờ, ngăn cách với biển bởi hệ còn cát kéo dài, một mặt nhận nước từ các sông từ phía lục địa đổ vào qua các cửa sông, mặt kia thông với biển qua một hay nhiều cửa. Tuy nhiên, do vị trí của mỗi thủy vực ở từng khu vực có điều kiện địa chất, thủy văn, chế độ động lực phát triển khác nhau đã tạo nên các kiểu đầm phá khác nhau về độ lớn, hình thái cấu trúc, xu thế phát triển tiến hóa khác nhau, dẫn đến các điều kiện sinh thái, sinh học khác nhau.

Việc phân biệt các kiểu đầm phá ở Việt Nam đã được nhiều tác giả thực hiện, tuy nhiên cơ sở chính để phân chia là hình thái động lực liên quan tới đặc điểm chế độ thủy văn của đầm phá, khả năng trao đổi nước giữa đầm phá và biển, sự cân bằng nước diễn ra trong đầm phá giữa khối nước sông và khối nước biển, liên quan tới vị trí độ lớn của cửa mở đầm phá ra biển và các cửa sông đổ vào đầm phá. Trần Đức Thanh và cs. (1995) đã phân chia các đầm phá ven biển miền Trung thành hai kiểu:

- Đầm phá kín, cửa mở rất hẹp, chế độ nước mặn - lợ, độ mặn có thể tới trên 35‰. Thuộc kiểu loại này có các đầm: Lăng Cô, An Khê, Trà Ô, Ô Loan, Nước mặn, Nước ngọt.
- Đầm phá gần kín, cửa mở rộng, chế độ nước lợ - lợ nhạt, độ mặn thường chỉ thấp dưới 30‰. Thuộc kiểu loại này có các

đầm: Tam Giang - Cầu Hai, Trường Giang, Thị Nại, Cù Mông, Thủy Triều, Nại.

Đặng Trung Thuận và nnk, (2000) đã phân chia đầm phá ở ven bờ Trung Bộ Việt Nam thành ba kiểu:

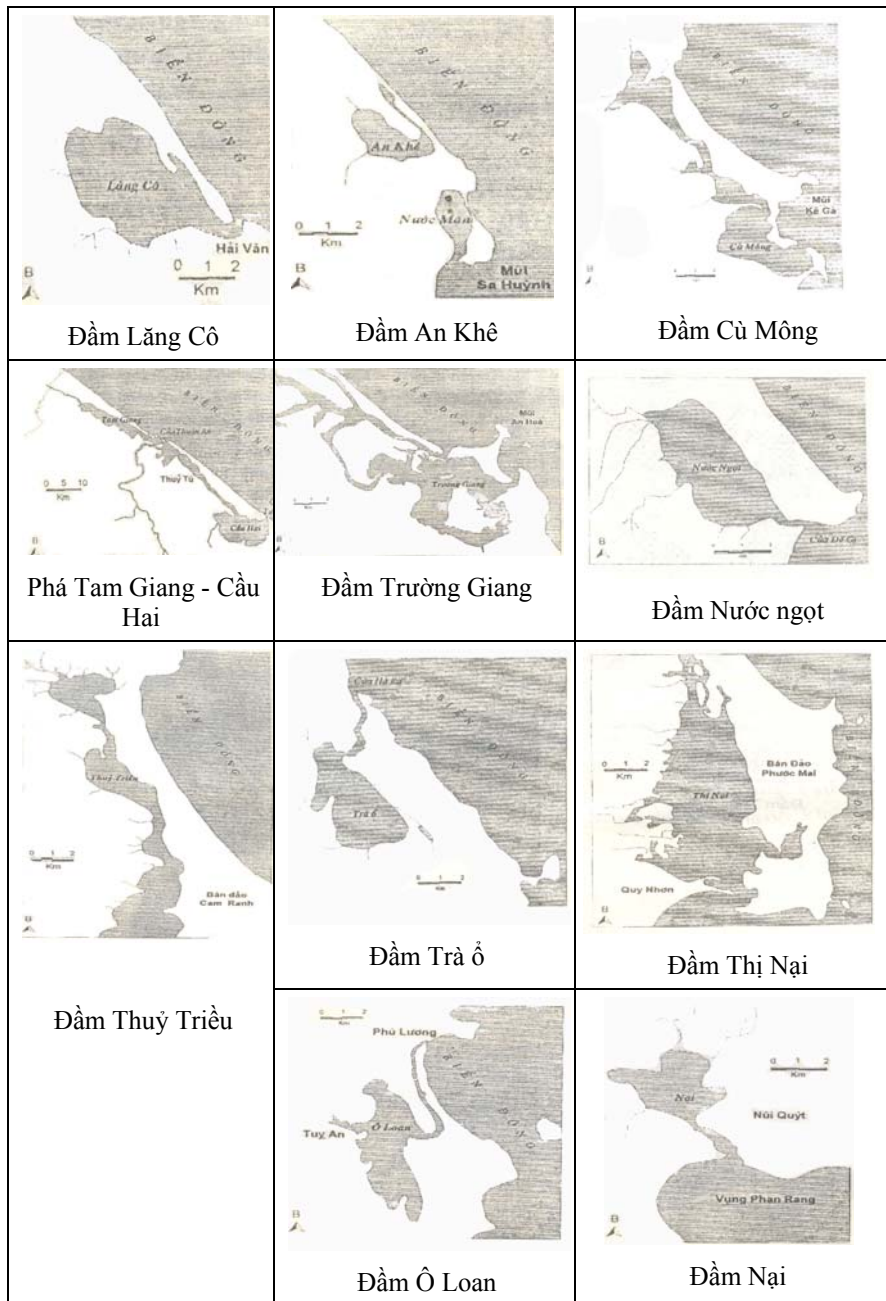
- Gắn kín (Tam Giang - Cầu Hai, Trường Giang, Thị Nại, Cù Mông, Thủy Triều);
- Kín từng phần (Lăng Cô, Nước Mặn, Nước Lợ, Ô Loan, Trà Ô, Nại); và
- Đóng kín (An Khê).

Cũng theo Đặng Trung Thuận và cs. (2000), trên cơ sở độ mặn, đã phân biệt đầm phá ven bờ Trung Bộ Việt Nam thành ba nhóm: lợ mặn (Nước Ngọt, Thị Nại, Tam Giang, Ô Loan), lợ nhạt (Cù Mông), nước ngọt (An Khê, Châu Trúc/Trà Ô).

Như vậy, có thể thấy việc phân chia như trên chỉ mang ý nghĩa tương đối, trên thực tế có thể thay đổi theo từng thời gian, trong quá trình biến động phát triển tiến hóa của thủy vực. Trong loại hình đầm phá ở ven bờ Trung Bộ nước ta, các phá nổi tiếng là Tam Giang - Cầu Hai ở nam Thừa Thiên - Huế, các đầm lớn với nhiều thắng cảnh đẹp nổi tiếng là Lăng Cô, Thị Nại, Cù Mông và Nha Phu. Một số đầm phá miền Trung với những đặc điểm đặc trưng được tóm tắt và trình bày trong bảng 5.10.

2.2.2. Quần xã sinh vật đầm phá ven biển

Một nét tổng quát, quần xã thủy sinh vật trong các đầm phá mang tính chất của khu hệ nước lợ ven biển bao gồm các nhóm sinh vật nổi (thực vật nổi, động vật nổi), rong, cỏ, thực vật ngập mặn, động vật đáy (giáp xác, thân mềm, ấu trùng côn trùng), cá, lưỡng cư, bò sát và chim nước. Tuy nhiên, do tính chất trao đổi nước giữa bên trong đầm và biển bên ngoài, độ mặn nước nên mỗi đầm có cấu trúc quần xã thủy sinh vật đặc trưng của mình. Đặc trưng đó được thể hiện bởi sự xuất hiện ưu thế theo mùa thủy văn của thủy sinh vật nước ngọt, nước lợ, nước mặn đối với một số đầm kiểu gắn kín hay kín từng phần, của kiểu lợ mặn hay lợ nhạt. Đặc biệt cấu trúc quần xã nước ngọt hoặc nước mặn - lợ ưu thế quanh năm ở một số đầm do chịu sự chi phối chủ yếu của nước ngọt hoặc nước biển quanh năm.



Hình 5.12. Một số kiểu hình thái đầm phá ven biển Trung Bộ Việt Nam
(Nguồn: Trần Đức Thanh và cs., 1996 trong Biển Đông, tập IV: Sinh vật và sinh thái biển).

Bảng 5.10. Các thông tin cơ bản của một số đầm phá ven biển miền Trung Việt Nam

TT	Tên đầm phá	Diện tích (km ²)	Độ sâu (m)	Thuộc tỉnh	Mối tương tác sông biển
1	Tam Giang - Cầu hai	216	Trung bình: 1,6 sâu nhất: 6-7m (cửa lạch)	Thừa Thiên - Huế	Là thủy vực nông, có trên 10 con sông đổ nước ngọt vào, Nước chảy ra biển bằng các cửa Thuận An, Tư Hiền
2	Lăng Cô	16	Trung bình: 1,2 Sâu nhất: 2,0	Thừa Thiên -Huế	Chịu ảnh hưởng lớn của biển nên độ mặn thường xuyên cao
3	Trường Giang	36,9	Trung bình: 1,1 Sâu nhất: 2,0	Quảng Nam	-
4	An Khê	2,9	Trung bình: 1,3 Sâu nhất: 2,0	Quảng Ngãi	-
5	Nước mặn (Sa Huỳnh)	2,8	Trung bình: 1,0 Sâu nhất: 1,6	Quảng Ngãi	-
6	Trà Ô (Châu Trúc)	16	Trung bình: 1,6 Sâu nhất: 2,2	Bình Định	Nhận nước ngọt từ các suối vùng lưu vực. Nước từ đầm ra biển thông qua sông Châu Trúc có độ dài khoảng 5 km. Cửa đầm không được mở thường xuyên, bị cát xâm lấn bít cửa vào mùa khô. Nước bị ngọt hóa.
7	Nước ngọt (Đề Gi)	26,5	Trung bình: 0,9 sâu nhất: 1,4	Bình Định	-
8	Thị Nại	50	Trung bình: 1,2 Sâu nhất 2,5	Bình Định	Nhận nước ngọt từ nhiều sông đổ vào, lớn nhất là sông Côn. Khó nước và độ mặn phụ thuộc vào lưu lượng nước sông và dòng triều.
9	Cù Mông	30,2	Trung bình: 1,6 sâu nhất: 3,5	Phú Yên	Đầm tương đối sâu, chỉ thông với biển bằng một cửa hẹp, chịu nhiều ảnh hưởng của biển.
10	Ô Loan	18	Trung bình: 1,2 Sâu nhất: 2,5	Phú Yên	Đầm mang nhiều tính chất của đầm nước mặn
11	Thủy Triều	25,5	-	Khánh Hoà	Đầm mang nhiều tính chất của đầm nước mặn
12	Đầm Nại	8	Trung bình: 2,8 Sâu nhất là lạch giữa đầm: 9m.	Ninh Thuận	Đầm sâu, chịu sự chi phối của biển nhiều hơn, thuộc loại thủy vực nước mặn

Các nghiên cứu gần đây tại đầm Châu Trúc (Trà Ô) cho thấy tính chất quần xã thủy sinh vật nước ngọt ưu thế quanh năm do cửa đầm thông ra biển bị đóng từ 1978, nước ngọt (độ mặn 0-0,1mg/l NaCl) quanh năm. Với diện tích mặt nước 800-1.200ha, đầm Châu Trúc là

nơi có nguồn thủy sản phong phú và đang được nhân dân địa phương khai thác. Các đối tượng khai thác chính là tôm càng nước ngọt *Macrobrachium spp.* Và các loài cá. Trong số đó, có loài tôm càng xanh *M. rosenbergii* mới được một số hộ nuôi thử, nguồn giống nhập từ nơi khác tới. Theo các kết quả khảo sát của Vũ Trung Tạng (2000), sản lượng khai thác tôm càng hàng năm khoảng 1.000-1200 tấn. Mức khai thác hiện tại khoảng 30% tôm trong đầm. Có khoảng 10 loài cá chính có trong sản lượng khai thác tự nhiên của đầm Châu Trúc, phổ biến là các loài cá Lúi, cá Ngựa, cá Bống, cá Diếc, lươn và cá Chình. Theo Vũ Trung Tạng (2000), nếu thừa nhận hệ số đánh bắt là 50% đối với các loại phương tiện đánh bắt (sáo, lưới, lờ...) thì sản lượng khai thác cá chung trong đầm hàng năm có thể ước tính 780-1.100 tấn. Ngoài tôm, cá thì nhân dân địa phương còn khai thác thường xuyên nhiều loài cua, rạm, ốc cung cấp thức ăn hàng ngày cho các hộ gia đình.

Trong các đối tượng khai thác, cá Chình là nguồn lợi thủy sản đặc trưng của đầm Châu Trúc. Có 3 loài cá Chình được xác định: Cá chình hoa *Anguilla marmorata*, Chình nhon *A. borneensis* và Chình nhót *A. bicolor pacifica*. Đầm Châu Trúc có thảm rong thủy sinh nước ngọt phát triển, có lớp mùn đáy dày dường như là nơi tập kết lý tưởng của các loài cá Chình trước khi ra biển đẻ trứng và trở về thượng nguồn các sông suối - nơi sống chính của chúng. Nghề khai thác cá Chình ở đầm Châu Trúc đã hình thành từ lâu đời. Các phương tiện đánh bắt cá Chình bao gồm: sáo, lờ... nhưng đăng sáo là phương tiện chủ yếu đánh bắt cá chình. Mùa đánh bắt cá Chình tập trung vào thời kỳ mùa nước lớn từ tháng 9 đến tháng 11. Sản lượng đánh bắt cá Chình ở đầm Châu Trúc đang ngày càng giảm. Trước đây, sản lượng đánh bắt cá Chình có thể đạt tới 5-7 tấn/năm, nay sản lượng chỉ còn khoảng 500kg.

2.3. Hệ sinh thái rạn san hô (Coral reefs)

2.3.1. Đặc điểm sinh học

Tập đoàn san hô bao gồm hàng nghìn polyp san hô tạo dựng nên. Các polyp san hô được đặc trưng bởi khả năng ăn thịt và ăn các hạt nhỏ trôi nổi trong nước. Nói là rạn san hô nhưng trong thực tế, một vài nhóm sinh vật tham gia tạo rạn. Các động vật không xương sống

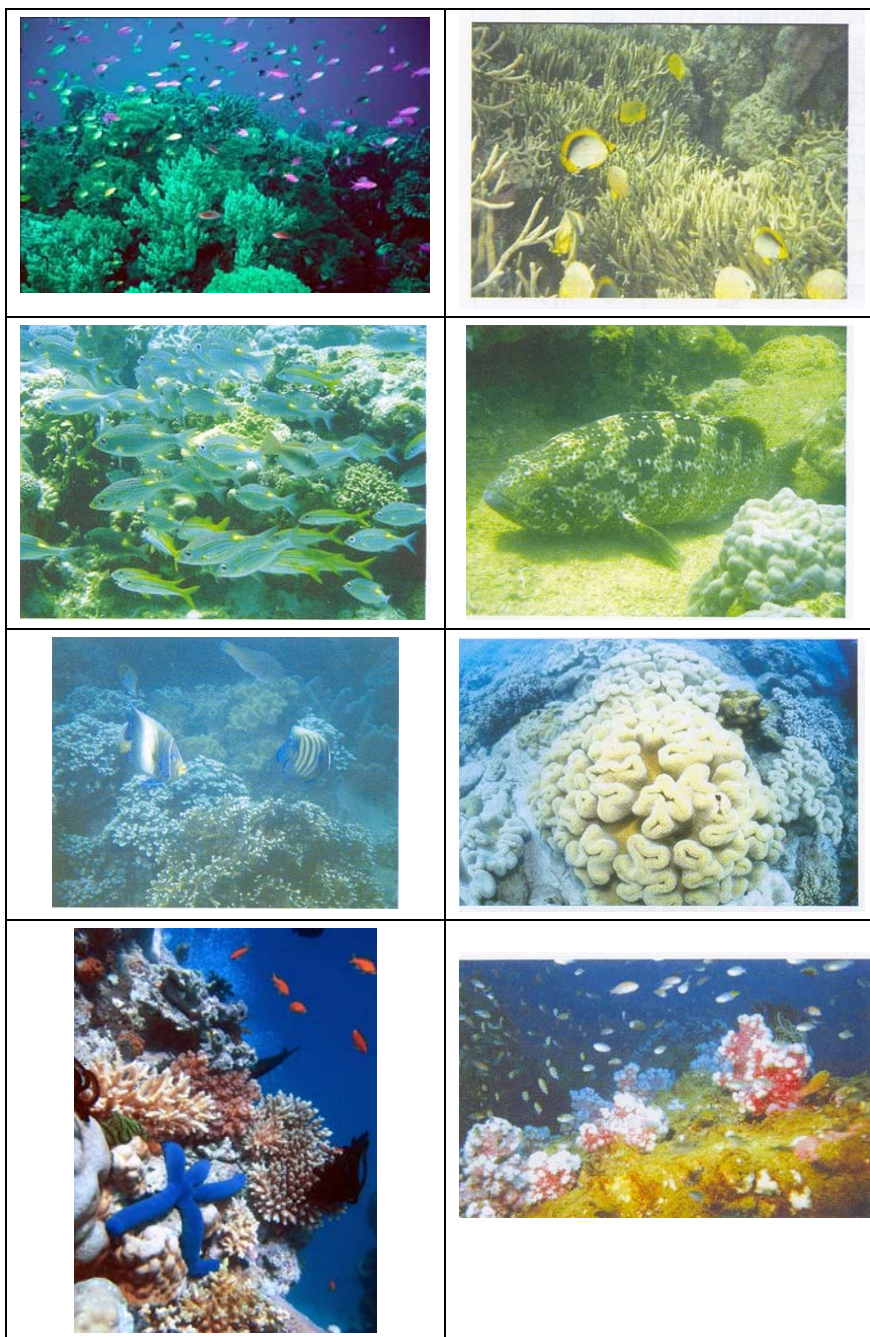
và tảo lục có khả năng phân huỷ các bo nát can xi. Nhóm động vật hình rêu (Bryozoa) và đặc biệt tảo đỏ tham gia kết dính các khung xương san hô với nhau hình thành rạn.

San hô có khả năng sinh sản hữu tính và vô tính. Một tập đoàn san hô với đường kính nhiều mét có thể được khởi đầu bằng một polyp san hô đơn độc. Một hiện tượng sinh thái học rất đặc sắc được ghi nhận cuối những năm 1960 là quần thể sao biển gai bùng phát ở Thái Bình Dương (loài thường ăn polyp san hô) với mật độ hàng nghìn con trên ha ở vùng san hô lớn kiểu rạn chắn của Úc (Don, 1986). Khi các polyp san hô bị chết, bộ khung xương san hô phát triển với tảo và một số loài cá rạn san hô và các nhóm động vật khác bị suy giảm số lượng hoặc không còn nữa.

Rạn san hô chỉ thấy trong vùng nước được chiếu sáng (độ sâu trên 50m), độ sâu đủ để ánh sáng mặt trời xuyên tới nhằm duy trì sự quang hợp. Bản thân các polyp của san hô không quang hợp nhưng các loài tảo đơn bào cộng sinh với san hô (zooxanthellae) ở bên trong các mô của polyp san hô quang hợp để sản xuất ra các chất dinh dưỡng hữu cơ cung cấp cho các polyp san hô. Bởi vậy, rạn san hô thường rất phát triển ở vùng nước sạch, nhiều ánh sáng mặt trời. Một số rạn san hô tạo nên 90% chất dinh dưỡng từ quá trình cộng sinh với các loài tảo đơn bào.

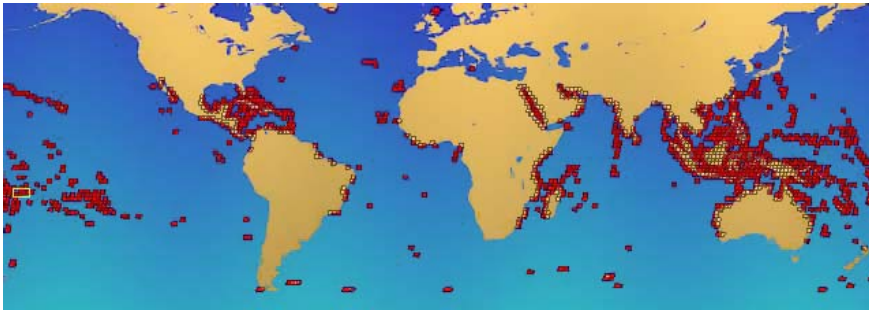
2.3.2. Sự phân bố của rạn san hô trên thế giới

Rạn san hô là kiểu hệ sinh thái đặc trưng cho vùng biển ven bờ nhiệt đới, nước ấm, sạch. Nhiệt độ thích hợp cho rạn san hô phát triển khoảng 20°C, 23-25°C là nhiệt độ thích hợp nhất. Bởi vậy, rạn san hô chủ yếu trong khoảng 30° vĩ Bắc và 30° vĩ Nam đồng thời không thấy có ở dọc vùng bờ phía tây của các lục địa châu Mỹ và châu Phi do ở đây có gió ngoài khơi gây ra hiện tượng nước trời lạnh. San hô cũng ít có ở vùng biển Nam Á từ Pakistan tới Bangladesh cũng như ở đông bắc Nam Mỹ do có một lượng nước ngọt từ các sông Gange và sông Amazon đổ ra. Theo dẫn liệu của Crossland et al. (1991), rạn san hô bao phủ với diện tích khoảng 600.000km² tức khoảng 0,17% diện tích đại dương. Trong đó, vùng biển Ấn Độ - Thái Bình dương (biển Đỏ, Ấn Độ dương, Đông Nam Á và Thái Bình dương) chiếm khoảng 91,9% tổng diện tích san hô. Rạn san hô rộng lớn nhất thế giới là ở vùng biển Queensland-Australia. Rạn lớn thứ hai là ở vùng biển Trung Mỹ.



Hình 5.13. Rạn san hô và quần xã động vật sống trong rạn
(ảnh: Võ Sĩ Tuấn & Nguyễn Văn Long trong Võ Sĩ Tuấn và nnk., 2005)

Các san hô tạo rạn thuộc bộ san hô cứng Scleractinia trong lớp ruột khoang (Anthozoa) thuộc ngành Cnidaria. San hô hình thành bộ khung xương bằng các bộ nát can xi. Nhìn chung san hô phân bố ở vùng dưới triều cho tới độ sâu 50m. Khi mực nước biển dâng lên, san hô phát triển, khi mực nước biển hạ xuống, rạn san hô bị phơi ra như hòn đảo, lớp san hô ở phía trên bị chết và bộ khung xương bị phân hủy. Nhiều hòn đảo được hình thành bởi các cơn bão đã quăng các mảnh vụn san hô lên đỉnh rạn.



Hình 5.14. Phân bố của rạn san hô trên thế giới

2.3.3. Các kiểu rạn san hô

Có các kiểu rạn san hô cơ bản như sau: kiểu rạn viền (fringing reefs), kiểu rạn nền (platform reefs), kiểu rạn chắn (barrier reefs) và kiểu rạn vòng (atoll reefs).

- Kiểu rạn viền thường phát triển ở vùng nước nông tiếp giáp với vùng ven bờ biển hoặc xung quanh các đảo. Kiểu rạn này có cấu trúc được xem là đơn giản nhất với sự phát triển đi lên của nền đá vôi ven biển, ven các đảo. Nhờ sự sinh trưởng nhanh của san hô trong vùng nước nông cho nên nền rạn thường nằm xấp xỉ với mức triều thấp nhất. Kiểu rạn viền còn được đặc trưng bởi độ sâu, cấu trúc của rạn và các quần thể thực vật, động vật sống trong rạn.
- Kiểu rạn nền có cấu trúc đơn giản, đặc trưng bởi sự cách biệt với đường bờ và có thể thay đổi rất lớn về hình dạng và kích thước, tới 20km² chiều ngang (Võ Sĩ Tuấn và nnk, 2005).
- Kiểu rạn chắn được phát triển trên gờ của thềm lục địa, có cấu trúc rạn nổi lên từ biển sâu và nằm xa bờ. Kiểu rạn này

thường phát triển song song với đường bờ thành các bãi san hô rộng lớn và liên tục.

- Kiểu rạn vòng có hình vành khuyên thường phát triển ở gần bề mặt biển mà nơi đó có các đảo. Có hai kiểu rạn vòng là rạn vòng biển khơi và rạn vòng thấy ở thềm lục địa. Mỗi một đảo san hô vòng là tập hợp các đảo nổi và bãi ngầm bao bọc một lagoon rộng lớn, đường kính tới 50km.

2.3.4. Sinh thái và đa dạng sinh vật

Rạn san hô là một trong những hệ sinh thái biển có các quần thể sinh vật cực kỳ đa dạng, phong phú và có khả năng sản xuất nhất trong vùng biển ven bờ. Ở góc độ sinh thái, hệ sinh thái san hô thuộc loại có năng suất sinh học rất cao trong môi trường biển. Các sinh vật sản xuất trong quần xã rạn san hô bao gồm tảo hiển vi cộng sinh với san hô (symbiotic zooxanthellae), có khả năng hấp thụ năng lượng mặt trời, tạo ra một năng suất sinh học sơ cấp cao gấp nhiều lần so với các tảo đơn bào sống tự do. Vi khuẩn lam (Cyanobacteria) cung cấp ni trát hoà tan cho rạn san hô thông qua quá trình cố định ni tơ. San hô hấp thụ dinh dưỡng bao gồm ni tơ và photpho hữu cơ trực tiếp từ nước và chúng ăn động vật nổi thông qua sự chuyển vận nước qua polýp.

Các kết quả nghiên cứu ở vùng biển Việt Nam cho thấy giá trị năng suất sinh học sơ cấp có thể đạt tới 57-145mgC/m³/ngày ở vùng ven bờ và tới 70-160mgC/m³/ngày ở vùng đảo xa bờ. Năng suất sinh học tịnh dao động trong khoảng 1,32-1,98mgC/kg san hô/giờ cao hơn 1,5-3 lần cường độ hô hấp của san hô. Khả năng này của san hô đã tạo ra nguồn dinh dưỡng tại chỗ cho các vùng biển xa bờ không có nguồn cung cấp từ lục địa, là cơ sở để tạo nên quần xã sinh vật phong phú trên các rạn san hô.

Ngoài chức năng chống xói mòn bờ, rạn san hô còn có chức năng cung cấp thực phẩm và nuôi dưỡng các nhóm động vật không xương sống khác nhau như giun nhiều tơ, thân mềm, giáp xác, nhím biển, đặc biệt khu hệ cá sống trong rạn san hô rất đa dạng về thành phần loài và nhiều màu sắc. Theo spalding (2001), trên 4000 loài cá sống trong các rạn san hô. Trong các rạn san hô vùng đảo ngoài khơi còn có các loài trai khổng lồ (*Tridacna*) có chiều dài vỏ hơn mét. Riêng vùng san hô Great Barrier Reef ở Úc có thành phần sinh

vật sống trong rạn phong phú nhất thế giới với 350 loài san hô cứng, khoảng 4.000 loài động vật không xương sống (thân mềm, giáp xác, giun nhiều tơ...), 1.500 loài cá, 250 loài chim biển. Theo đánh giá, rạn san hô vùng Tây Thái Bình Dương phong phú hơn so với các vùng Đại Tây Dương và Caribê. Có hơn 75% số giống và hơn 85% số loài san hô ở vùng biển Tây Thái Bình Dương (Wilkinson, 1987).

2.3.5. Rạn san hô ở vùng biển Việt Nam

Nguyễn Huy Yết và Võ Sĩ Tuấn đã tổng kết một cách đầy đủ về những đặc trưng của hệ sinh thái san hô biển Việt Nam trong chuyên khảo Biển Đông, tập IV (2003). Các kết quả nghiên cứu cho thấy các rạn san hô với mức độ phát triển khác nhau gặp ở dọc ven biển và ven đảo trong vùng biển Việt Nam. Dựa vào hệ thống phân loại của Veron et al (1976, 1977, 1978, 1982, 1984) tổng hợp lại các kết quả điều tra phân loại san hô Việt Nam từ trước tới nay cho thấy thành phần loài san hô vùng biển Việt Nam đặc biệt phong phú, riêng san hô cứng (Scleractinia) bước đầu đã xác định được khoảng 370 loài, 80 giống, 16 họ. Có thể coi đây là một trong những vùng giàu san hô trên thế giới, tương đương với các vùng biển lân cận Indonesia, Philippin. Trong số 16 họ, có số loài tập trung đông là các họ Acroporidae (83 loài), Faviidae (59 loài) và Poritidae (32 loài), chiếm tới 61% tổng số loài chung. Xét về giống, số lượng tuy rất phong phú, song cũng chỉ có 7 giống có số loài nhiều tạo nên thành phần chính của khu hệ: Acropora (47 loài), Montipora (31 loài), Porites (19 loài), Goniopora (13 loài), Favia (12 loài), Turbinaria (12 loài) và Fungia (10 loài) các giống khác đều có dưới 10 loài.

Mặc dù những nghiên cứu về phân loại học còn chưa đầy đủ, song cũng có thể thấy rằng thành phần giống loài san hô biển Việt Nam rất phong phú và đa dạng. Nếu so sánh với các vùng biển được coi là giàu san hô trên thế giới như Indonesia (có 75 giống, theo Berel Best et al, 1989) và Philippin (71 giống, theo Latypov, 1977) thì cũng tương đương.

Vị trí địa lý và điều kiện tự nhiên của vùng biển nước ta nói chung thuận lợi cho san hô phát triển, đặc biệt là nhóm san hô tạo rạn. Trừ các cửa sông có độ muối nhạt và nhiều bùn, san hô phân bố

hầu hết trên các bờ đá ven lục địa, ven các đảo và đặc biệt phát triển ở hai quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa nằm giữa Biển Đông. Về mặt phân bố, các khu vực biển phía nam (Nam Trung Bộ, Đông, Tây Nam Bộ, quần đảo Trường Sa) có thành phần loài phong phú hơn vùng phía bắc.

Trong vùng biển Việt Nam, có thể phân biệt bốn vùng phân bố san hô chính: Vùng san hô quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa; Vùng san hô ven biển miền Trung và các đảo Đông Nam Bộ; Vùng san hô phía tây vịnh Bắc Bộ; và Vùng san hô biển Tây Nam Bộ.

a) Vùng san hô quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa

Các quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa gồm hàng trăm đảo nhỏ, bãi cạn, bãi ngầm trải ra trong một vùng biển rộng ở vùng khơi biển nước ta. Vừa có điều kiện sinh thái rất thuận lợi đối với san hô, lại nằm sát trung tâm phát tán giống san hô Ấn Độ - Thái Bình Dương, vùng biển này có san hô rất phát triển, thành phần giống loài phong phú. Ở quần đảo Trường Sa đã phát hiện 194 loài, 50 giống ở vùng có độ sâu nhỏ hơn 10m, độ phủ cao nhiều vùng đạt 100% diện tích đáy (Nguyễn Huy Yết, 1989). Trên tất cả các đảo nổi trên mặt các bãi cạn và bãi ngầm đều có san hô sống. So với các vùng biển ven bờ, hầu như chúng không bị các yếu tố tự nhiên hạn chế, trừ bão và mực nước biển trung bình (N.H. Yết, 1989). Nước có độ trong suốt cao nên san hô tạo rạn có khả năng phân bố tới độ sâu lớn (40-50m). Ở vùng quần đảo này, ngoài kiểu rạn viền bờ (fringing reef), còn có những cấu trúc rạn vòng (atoll) rất điển hình. Quần đảo Trường Sa không bị ảnh hưởng từ đất liền, nguồn bồi tích duy nhất cung cấp cho đảo là từ san hô và các sinh vật tạo rạn. San hô giữ vai trò tiên phong trong việc tạo dựng các vùng đất mới.

b) Vùng san hô ven biển miền Trung và các đảo Đông Nam Bộ

Đối với san hô, vùng biển này có điều kiện tự nhiên thuận lợi hơn so với vịnh Bắc Bộ. Nhiệt độ nước tầng mặt thường xuyên cao hơn 20°C. Đường đẳng sâu 200m chạy sát bờ ảnh hưởng của biển khơi tới vùng bờ rất mạnh và đa dạng, nước có độ muối cao trên 30‰ và ổn định (trừ vùng cửa sông). Dãy núi Trường Sơn chạy sát biển làm đường bờ nhiều đá, khúc khuỷu, nhiều vùng vịnh và đảo. Do có địa hình rất phức tạp, đã hình thành nhiều loại hình thủy vực có các chế độ thủy động học khác nhau, tạo nên tính đa dạng của sinh cảnh.

Có thể gặp rạn san hô rất phổ biến ven bờ đá của miền Trung quanh các đảo ven bờ từ Cù Lao Chàm tới Côn Đảo. Do đa sinh cảnh nên rạn rất đa dạng về kiểu hình và kích thước, rạn có thể rộng từ vài chục mét tới 200m (Vân Phong, Bến Gỏi và bắc Côn Đảo). San hô rất phong phú về chủng loại đã phát hiện được 66 giống và 188 loài. Do nước có độ trong suốt cao nên san hô có thể phân bố tới độ sâu 15-20m hoặc sâu hơn như Hòn Đồi, Vũng Rô.

c) Vùng san hô phía tây vịnh Bắc Bộ

So với các vùng bờ biển khác của nước ta, vịnh Bắc Bộ có điều kiện tự nhiên ít thuận lợi cho san hô phát triển hơn cả. Chính vì thế, các rạn san hô chỉ có ở những tuyến xa bờ, ít bị ảnh hưởng của các tác nhân từ nội địa. Vùng có san hô phát triển tương đối tập trung, tạo thành rạn chỉ có ở các đảo tuyến ngoài của vịnh Hạ Long và Bái Tử Long, quần đảo Cô Tô và quần đảo Long Châu. Các đảo tuyến trong và giữa hai vịnh trên chỉ có điểm phân bố rải rác, không tạo thành rạn điển hình. Vùng này còn có đáy biển nông, nhiều bùn, chạy sát gần chân đảo nên đã hạn chế sự phát triển xuống sâu của san hô. Nhìn chung các rạn san hô bờ tây vịnh Bắc Bộ vừa ngắn, vừa hẹp, san hô chỉ có thể mọc tới độ sâu 5-7m. Ở các đảo xa bờ nước khá trong như Cô Tô, san hô cũng chỉ phân bố tới độ sâu chừng 10m. Đã phát hiện được 166 loài, 49 giống san hô cứng phân bố trên các rạn san hô từ vịnh Bái Tử Long tới bán đảo Sơn Trà.

d/ Vùng san hô biển Tây Nam Bộ

Vùng biển Tây Nam Bộ, thuộc vịnh Thái Lan, ven bờ thường có nhiều bùn, độ trong của nước thấp, không phù hợp cho san hô tồn tại và phát triển. Các rạn san hô hầu như chỉ có ở ven các đảo xa bờ như quần đảo Nam Du, quần đảo Thổ Chu và đảo Phú Quốc. Do vịnh Thái Lan là một vịnh nông (có độ sâu không quá 50m), có dòng chảy tuần hoàn trong vịnh nên khả năng trao đổi với nước biển ngoài rất hạn chế. So với các vùng biển khác ở nước ta, chế độ khí hậu vùng biển này tương đối điều hòa, ít tạo ra những biến động lớn về thủy động học. Các rạn san hô thường có nét đồng nhất về hình thái và sự trải dài xuống sâu. Đã thống kê được 143 loài, 44 giống san hô cứng phân bố tới độ sâu 10m.

Về mặt cấu trúc, các rạn san hô vùng biển Việt Nam thuộc các kiểu rạn cơ bản: kiểu rạn viền bờ thấy phổ biến ở ven bờ và ven

đảo, rạn nền và kiểu rạn vòng, chỉ hay thấy ở vùng biển khơi như Trường Sa. Các công trình nghiên cứu rạn san hô Việt Nam của Latypov, Nguyễn Huy Yết, Võ Sỹ Tuấn, Lăng Văn Kên... đều cho rằng phần lớn các rạn san hô ven bờ và các đảo thuộc dải ven bờ biển Việt Nam đều có cấu trúc kiểu rạn viền bờ. Tuy nhiên, theo Latypov (1987) thì ở miền Nam Việt Nam còn có cả kiểu rạn chắn như rạn Giang Bồ. Võ Sỹ Tuấn (1990) còn cho rằng còn có cả kiểu rạn nền (platform reef) ở bãi cạn lớn và bãi cạn Thủy Triều. Cả hai kiểu rạn này đều mới được phát hiện và còn ít được nghiên cứu. Nguyễn Huy Yết (1988, 1989, 1991), Trần Đức Thạnh (1988), Võ Sỹ Tuấn (1986, 1989), đều cho rằng rạn san hô vùng quần đảo Trường Sa có cấu trúc kiểu rạn vòng. Như vậy, phần lớn rạn san hô biển Việt Nam thuộc vào hai kiểu rạn cơ bản: rạn viền bờ ở vùng biển ven bờ và rạn vòng ở vùng biển khơi giữa Biển Đông.

Các rạn viền bờ ở vùng biển nước ta cũng có cấu trúc tương tự như các kiểu rạn kinh điển, chúng gồm các thành phần cấu trúc như: khe rãnh ven bờ (coastal lagoon) (hay rãnh sâu ven bờ), đới mặt bằng rạn (reef flat), đới mào rạn (crest), đới sườn dốc (slope), đới chân rạn (base).

Tuy nhiên trên thực tế, do điều kiện khí hậu mỗi miền Nam - Bắc nước ta có khác nhau, điều kiện địa hình, địa chất, độ sâu, các yếu tố sinh thái và thủy động học khác nhau mà mỗi vùng rạn lại có những đặc điểm riêng về cấu trúc. Dưới tác động tổng hợp của các yếu tố môi trường tại chỗ, và sự thích nghi của sinh vật, các rạn san hô trong cùng một vùng cũng có những sai khác nhất định.

Rạn san hô là hệ sinh thái đặc trưng của vùng biển nhiệt đới, có quần xã sinh vật rạn rất đa dạng, bao gồm các nhóm: san hô cứng (*Scleractinia*, *Millepora*), san hô sừng (*Gorgonacea*), san hô mềm (*Alcyonacea*), cá san hô, trai ốc, giun nhiều tơ, giáp xác, Da gai, Hải miên và các nhóm khác. Trong tầng nước còn có các vi sinh vật, sinh vật phù du tham gia vào chu trình vật chất trong rạn. Rạn san hô là loại hệ sinh thái có năng suất sinh học cao, có vai trò quan trọng đối với môi trường sống trong vùng biển, cung cấp thức ăn, điều hoà môi trường sống, nơi trú ẩn, kiếm mồi của các sinh vật biển sống trong vùng biển.

Các nghiên cứu về đa dạng sinh học trong các rạn san hô ở Việt Nam cho thấy rạn san hô có quần xã sinh vật rất đa dạng và phong

phủ về thành phần loài. Có thể nói sinh cảnh rạn có số loài lớn nhất so với các sinh cảnh biển khác nhau, có đại diện của hầu hết các ngành và lớp động vật chủ yếu sống trong biển và đại dương. Quần xã sinh vật rạn san hô gồm các loài và nhóm loài tham gia trong quá trình tạo rạn và quá trình chuyển hóa vật chất và năng lượng trong hệ rạn. Các loài thuộc nhóm tạo rạn là các loài sinh vật sau khi chết đi còn để lại toàn bộ hay một phần bộ xương tham gia xây dựng rạn ngày càng lớn lên. Quan trọng nhất trong nhóm này là san hô cứng (Scleractinia và Millepora), tiếp theo là rong vôi (Coralline algae), các nhóm khác có thành phần khác nhau như thân mềm (Gastropoda và Bivalvia), giáp xác (Crustacea), giun đốt (Annelida), hải miên (Spongia), san hô sừng và san hô mềm (Gorgonacea, Alcyonacea), da gai rong biển và các nhóm khác. Nhóm sinh vật tham gia trong chu trình rạn là rất lớn và rất đa dạng, từ vi sinh vật, tảo đơn bào và đa bào, động vật không xương và có xương sống.

Bảng 5.11. Thành phần các nhóm sinh vật chủ yếu trong quần xã sinh vật rạn san hô ở một số vùng biển của Việt Nam

Các nhóm sinh vật	Cát Bà	Bạch Long Vĩ	Quảng Nam - Đà Nẵng	Nha Trang	Bình Thuận	Côn Đảo	Phú Quốc
San hô cứng	131	81	-	165	120	100	-
Rong biển	94	35	122	69	163	84	98
Giun đốt	110	-	-	-	-		-
Thân mềm	196	62	86	112	83	152	46
Giáp xác (tôm cua)	103	8	-	69	46	110	-
Da gai	13	-	12	27	26		32
Cá	157	393	187	256	211	158	125
Động vật khác	11	-	-		-		-

Nguồn: Nguyễn Huy Yết, 1996; Võ Sĩ Tuấn, 1995.

Trong rạn san hô, thành phần động vật không xương sống biển cực kỳ phong phú bao gồm các nhóm động vật thân mềm, giáp xác,

da gai, giun nhiều tơ... Trong quần xã động vật không xương sống ở các rạn san hô, hình thành các phương thức sống trên cơ sở quan hệ dinh dưỡng, sinh trưởng, phát triển hết sức độc đáo. Nhiều loài sống nhiều loài động vật không xương sống có các phương thức sống cộng sinh với san hô. Các nghiên cứu hệ động vật không xương sống trong các rạn san hô ở biển Việt Nam có gần 1.000 loài, trong đó, động vật thân mềm đa dạng nhất với gần 500 loài, giáp xác - hơn 250 loài, giun nhiều tơ - khoảng 170 loài và da gai - gần 100 loài.

Bảng 5.12. Thành phần động vật không xương sống rạn san hô đã được ghi nhận ở Việt Nam

Nhóm sinh vật	Số họ	Số giống	Số loài
Da gai	30	63	96
Giáp xác	44	144	251
Giun nhiều tơ	38	110	176
Thân mềm	78	177	446
Tổng cộng	190	494	969

Nguồn: Võ Sĩ Tuấn và nnk., 2005

Bảng 5.13. Thành phần loài cá rạn san hô tại một số vùng biển của Việt Nam

Vùng biển	Số họ	Số giống	Số loài
Cô Tô	16	27	34
Cát Bà	16	25	31
Cù Lao Chàm	33	76	178
Nha Trang	38	102	222
Ninh Hải	32	81	147
Cà Ná	37	87	211
Côn Đảo	33	84	202
Phú Quốc	27	60	135
Tổng cộng	44	139	411

Nguồn: Võ Sĩ Tuấn và nnk., 2005.

Trong thành phần sinh vật biển sống trong rạn san hô, quần xã cá san hô có ý nghĩa rất lớn với số loài phong phú chỉ sau động vật thân mềm. Cho đến nay, các tác giả đã ghi nhận có trên 400 loài cá, thuộc 139 giống, 44 họ sống trong các rạn san hô ở biển Việt Nam (Nguyễn Hữu Phụng, Nguyễn Văn Long, 1997). Trong đó, họ cá Thia đa dạng nhất (66 loài), họ cá Mỏ có 61 loài, họ cá Bươm (32 loài). Hầu hết các loài cá rạn san hô có giá trị kinh tế, đặc biệt có giá trị cá cảnh do màu sắc rực rỡ và hình dạng độc đáo của chúng.

2.4. Hệ sinh thái cỏ biển (*seegrass-bed*)

Cỏ biển (Seagrasses) là những thực vật có hoa (Anthophyta), lớp đơn tử diệp (Monocotyledoneae), bộ Helobiae. Đây là nhóm thực vật bậc cao có hoa duy nhất thích ứng với điều kiện sống ở biển. Trên thế giới, chúng gồm khoảng 60 loài, thuộc 4 họ, 13 chi, chủ yếu sống ở vùng nước nông ven bờ. Ở Ấn Độ - Tây Thái Bình Dương hiện nay thấy khoảng 50 loài; trong vùng Đông Nam Á (các nước ASEAN) cho tới năm 1993, mới chỉ thống kê được 16 loài.

Các thảm cỏ biển là nền của hệ sinh thái ven biển đặc sắc - hệ sinh thái cỏ biển - có quan hệ với hai hệ sinh thái khác - san hô và rừng ngập mặn. Về mặt lý luận cũng như thực tiễn, cỏ biển có ý nghĩa quan trọng với quần xã sinh vật biển cũng như nguồn lợi hải sản.

Các bãi cỏ biển là kiểu hệ sinh thái ven bờ thấy ở nhiều khu vực biển trong vùng biển Việt Nam. Các nghiên cứu của Nguyễn Văn Tiến và cs. (2003, 2004) đã thống kê được 14 loài cỏ biển thuộc 4 họ Hydrocharitaceae, Cymodaceaceae, Zoosteraceae, Ruppiaceae, tương đương với các vùng biển khác trong khu vực. Về thành phần phân loại, chi *Halophila* có nhiều loài nhất, các chi khác như *Ruppia*, *Zostera*, *Thelassia*, *Eubalus* chỉ có 1-2 loài. Về phân bố của cỏ biển ở Việt Nam có thể thấy đặc tính phân bố bắc - nam và phân bố theo loại hình thủy vực.

a. Đặc trưng phân bố bắc - nam

Do đặc trưng khí hậu môi trường biển phía bắc và phía nam khác nhau ở nước ta, nên cũng như sinh vật biển nói chung, thành phần loài cỏ biển cũng có sai khác giữa hai vùng biển phía bắc (từ Quảng Ninh tới Đà Nẵng) và phía nam (từ Đà Nẵng tới vịnh Thái Lan). Thành phần loài cỏ biển phía bắc ít hơn, cho tới nay chỉ mới biết 9

loài, với đặc trưng cận nhiệt đới - ôn đới thuộc chi *Zostera*. Các loài còn lại đều có phân bố rộng trong vùng Ấn Độ - Thái Bình Dương, thấy cả ở vùng biển phía nam, trừ loài *H. decipiens*. Vùng biển phía nam có thành phần loài giàu hơn (12 loài), với các loài phân bố từ Đông Phi tới Australia (*T. ciliatum*, *C. rotundata*, *C. serrulata*, *S. isoetifolium*). Các loài còn lại phân bố rộng trong khu vực, thấy cả ở vùng biển phía bắc. Đáng chú ý là loài *Enhalus acroides* cũng là loài có phân bố rộng, nhưng cho tới nay mới chỉ thấy ở vùng biển phía nam.

b. Đặc trưng phân bố theo thủy vực

Sự phân bố của cỏ biển sai khác theo các sinh cảnh: vịnh vịnh nhỏ, đầm phá ven biển, vùng đảo, vùng cửa sông, bãi triều và đầm nước lợ.

Vùng, vịnh nhỏ

Vùng Hà Cối (Quảng Ninh) phía bắc giáp lục địa, phía đông án ngữ bởi bán đảo Trà Cỏ; phía đông nam, nam và tây nam che chắn bởi các dãy đảo Vĩnh Thực, Cái Chiên. Cỏ biển trong vùng Hà Cối phát triển khá tốt. Ở đây có 1 loài cỏ lươn *Zostera japonica*.

Vùng Đầm Hà (Quảng Ninh) là một vùng nhỏ nửa kín, phía tây và tây nam là đất liền (xã Đầm Hà), phía đông và đông nam (phía biển) là các dãy núi án ngữ (núi Chú, Cái Nứa, Hòn Mui, núi An v.v.), ở đây có 2 loài cỏ biển là cỏ lươn *Zostera japonica* và cỏ xoan *Halophila ovalis* phân bố. Chúng tồn tại quanh năm, có kích thước (chiều dài) và sinh lượng cao hơn các vùng khác.

Vùng Lăng Cô (Thừa Thiên - Huế) dài 16,1km, rộng 4km với diện tích 16km². Đây là vùng kín, nước mặn, phía bắc giáp đèo Phú Gia, phía đông: bãi tắm Lăng Cô, phía tây và nam là đất liền (ga xe lửa Lăng Cô). Trong vùng Lăng Cô đã phát hiện 4 loài cỏ biển: hệ tròn *Halodule pinifolia*, cỏ lươn *Zostera marina*, cỏ xoan *Halophila ovalis* và cỏ bờ biển *Thalassia hemprichii*.

Đầm phá ven biển

Trong các đầm phá lớn ven biển miền Trung như Thị Nại, Cù Mông, Ô Loan, Thủy Triều, vịnh Cam Ranh, Văn Phong có môi trường thích hợp cho sự phân bố của cỏ biển, nhất là loài cỏ có kích thước lớn *E. acroides*. Trong đầm Thủy Triều và vịnh Cam Ranh cỏ biển hầu như bao phủ khắp các vùng nước nông trong vịnh với

hơn 800 hecta, với sự ưu thế của loài *E. acoroides*, lá có nơi dài đến 2,5m, mật độ nơi cao nhất đến 100 cây/m². Hầu hết các loài đều được gặp trong môi trường này nhưng do sự thay đổi của độ mặn, sự phân bố của các loài tùy thuộc vào khả năng thích nghi của chúng với độ mặn. Các loài thích nghi rộng như *H. ovalis*, *H. uninervis* có thể xuất hiện ở đầu nguồn của đầm, nhưng loài *T. hemprichii* chỉ gặp ở cuối đầm. Ngoài ra vào mùa mưa khi độ mặn giảm đột ngột, phần lá bị thối rữa nhưng phần thân ngầm vẫn còn sống, mau chóng mọc ra các thân đứng khác khi điều kiện thuận lợi.

Vùng ven đảo

Khu vực Gia Luận đặc trưng là một vùng đảo nằm tương đối xa đất liền, có độ muối cao và sóng to (đảo Cát Bà, Hải Phòng). Ở đây tìm được 4 loài cỏ biển: cỏ lươn nhật *Zostera japonica* và 3 loài cỏ xoan *Halophila ovalis*, *G. decipiens*, *H. beccarii*, nhưng kích thước và sinh lượng không cao so với vùng ven bờ Đầm Hà. Điều này có lẽ liên quan đến nguồn dinh dưỡng và nước mưa từ trên đảo Cát Bà chảy xuống làm hạ thấp độ muối vào mùa mưa. Ở bãi Gia Luận còn có nét độc đáo là trên bãi triều cao có thực vật ngập mặn phân bố (sú, mắm, đước), xuống đến vùng triều thấp là khu phân bố của cỏ biển. Tuy nhiên trong vùng thực vật ngập mặn, rải rác đó đây cũng có các vạt cỏ biển mọc xen kẽ.

Ở đảo Phú Quý hay Cù Lao Thu (Bình Thuận): cỏ mọc chung quanh đảo trên các bãi san hô chết bằng phẳng, ngoại trừ vùng phía đông và đông nam bờ biển sụp xuống sâu không có cỏ. Khu hệ cỏ ở đây vắng mặt loài *Enhalus acoroides*. Loài ưu thế là *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata* và *Syringodium isoetifolium*. Sự xuất hiện của loài *S. isoetifolium* là đặc biệt cho khu hệ cỏ ven đảo các tỉnh phía nam. Ngư dân cho biết các năm trước đây bờ biển (Dugong) có xuất hiện ở đảo, nhưng vài năm gần đây không tìm thấy.

Ở đảo Côn Sơn (Bà Rịa - Vũng Tàu): trong vịnh Côn Sơn, cỏ biển phân bố chừng 200 hecta, thành phần loài rất phong phú mọc từ vùng triều thấp đến sâu hơn 20m. Loài ưu thế là *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea serrulata*, *Halodule pinifolia*, *Syringodium isoetifolium*. Chúng mọc trên san hô chết hay trên đáy cát, cát bùn, giữa các lạch. Đây là khu vực đang được vườn quốc gia Côn Đảo bảo vệ đặc biệt là các động vật ăn cỏ biển như rùa và bò biển. Trên khu vực bãi đẻ chính của rùa biển tại hòn Bảy Cạnh đó có hàng

trăm ổ đẻ được bảo vệ. Theo số liệu được ghi nhận của Vườn quốc gia Côn Đảo, bãi cỏ phía trước huyện Côn Đảo là nơi thường thấy bò biển xuất hiện và có người đã bắt được bò biển. Cỏ biển là thực phẩm của các loài thú quý hiếm này nhất là *Halophila spp.*

Vùng cửa sông

Lạch Đầm Buôn (Quảng Hà - Quảng Ninh) là một sông nhỏ chảy từ lục địa ra. Ở vùng cửa sông này loài cỏ lươn *Zostera japonica* phát triển tốt, nhiều chỗ độ phủ đạt 90% vào mùa đông xuân.

Lạch Xóm Giáo (Quảng Hà - Quảng Ninh): ở vùng cửa lạch, loài cỏ lươn *Zostera japonica* mọc thuần chủng trên bãi rộng khoảng 100 hecta, nhiều vạt cỏ với độ phủ 100%. Điều đáng chú ý là loài cỏ này mọc cả bên trong và bên ngoài đê quốc gia. Ở trong đê quốc gia cỏ lươn đạt chiều dài 20-35cm, nhiều bụi dài hơn 40cm.

Ở vùng cửa sông châu thổ sông Hồng như cửa Trà Lý, cửa Lân (Thái Bình), cửa Ba Lạt (Nam Định), cửa Đáy (Ninh Bình), cửa Lạch Càn, Lạch Trường (Thanh Hóa) và các cửa Lạch Quên, Cửa Hội (Nghệ An), cửa Nhượng, cửa Khẩu (Hà Tĩnh) cũng đều phát hiện thấy hai loài: cỏ nân nân *Halophila beccarii* và cỏ kim *Ruppia maritima* phân bố.

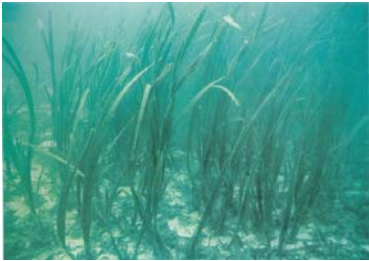
Khu vực cửa Gianh (Quảng Bình) là một trong những vùng cỏ thảm cỏ biển với diện tích rộng ở miền Bắc Việt Nam. Ở đây mới phát hiện một loài *Zostera marina* phân bố từ hai phía sông Gianh và sông Thanh Ba đổ ra cửa Gianh. Thảm cỏ *Zostera* ở đây ước tính dài tới 9km, rộng 0,1 đến 0,8km.

Hai bên bờ bắc và nam cửa sông Hàn (Đà Nẵng) đều có loài cỏ lươn *Zostera marina* sinh trưởng và phát triển. Cỏ biển mọc thành thảm dày, nhiều chỗ độ phủ 50-70%, bãi dài khoảng 1500m, rộng 100m, từ trường cấp II Nguyễn Trung Trực ra tới sát biển. Bãi cỏ thuộc khu Máng Lở (phía bắc phường Nại Thiên đông tới bán đảo Sơn Trà) dài chừng 800-900m, rộng 200m, độ phủ 70-100%.

Bãi triều

Đặc điểm môi trường ở đây là nước trong, sóng mạnh, độ mặn ổn định, đáy cát xen lẫn san hô, loài ưu thế là *T. hemprichii*, mật độ lên đến 962 cây/m² (Bãi Tiên) các loài đi theo như *C. serrulata*, *C. rotunda*, *H. ovalis*, *H. minor*, *H. uninervis*, *E. acoroides*. Các bãi

triều này có thể là bãi ngang, sóng mạnh, không được che chắn, ở đó loài *T. hemprichii* chiếm ưu thế hoặc phía ngoài có vành đai san hô che sóng, khi đó bên trong có sự hiện diện của *E. acroides* và các loài khác (Mỹ Giang, Mỹ Hoà, Vĩnh Hào). Ngoài ra sự hiện diện của *C. serrulata* cũng đặc sắc cho các quần xã cỏ biển ở vùng triều ven các đảo, có khi làm thành các quần thể ở sâu 4-10m hay hơn.

 Bãi cỏ lươn ở đầm Tam Giang-Cầu Hai, Thừa Thiên-Huế (ảnh: Nguyễn Văn Tiến, 1998)	 Bãi cỏ năn biển (<i>S. isoetifolium</i>) ở đảo Phú Quý, Bình Thuận (ảnh: Nguyễn Hữu Đại, 1999)
 Thảm cỏ lá dừa (<i>E. acroides</i>) ở đảo Phú Quốc, Kiên Giang (ảnh: Nguyễn Văn Quân, 2004)	 Loài bò biển (<i>Dugong dugong</i>) đang ăn cỏ biển tại Côn Đảo (ảnh: Võ Sĩ Tuấn, 1997).

Hình 5.15. Một số kiểu thảm cỏ biển

Trong các ao, đầm nước lợ được đào đắp trên bãi triều để nuôi hải sản, Quảng Ninh tới Nghệ An, Hà Tĩnh, đều phát hiện hai loài cỏ biển: cỏ năn năn *Halophila beccarii* và cỏ kim *Ruppia maritima* có diện tích phân bố cũng như sản lượng tự nhiên lớn nhất trong tất cả các loài cỏ biển đã biết ở Việt Nam hiện nay. Hai loài cỏ biển nói trên chưa phát hiện thấy ở vùng đảo. Ở các vùng cửa sông miền Nam, cỏ biển nghèo nàn, chỉ có một số loài như *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis*, phân bố lốm đốm, nhưng vào các mùa mưa các thân đứng cũng bị chết, chỉ còn thân ngầm tồn tại. Trong các ao địa

nuôi tôm rừng ngập mặn, ưu thế là các loài *H. ovalis*, *H. beccarii* và *R. maritima*, mọc trên đáy bùn hay bùn cát. Trong các kênh mương dẫn nước mật độ của *H. ovalis* và *H. beccarii* rất dày (mật độ tối đa của *H. ovalis* ở đầm Tân Thủy là 11.700 cây/m²). Đặc biệt sự hiện diện của *H. beccarii* và *R. maritima* chỉ gặp ở vùng nước lợ mà không gặp ở vùng triều ven biển.

Quần xã sinh vật cỏ biển có thể thuần loại, chỉ có một loài phát triển, hoặc là quần xã hỗn hợp, với một tập hợp loài. Các quần xã cỏ biển có khi phát triển thành những bãi cỏ biển lớn từ 10-1000ha ở ven bờ, ven đảo.

Trong quần xã cỏ biển, ngoài các loài rong biển, còn thấy các loài động vật đáy (traí, ốc, giáp xác, giun nhiều tơ, da gai) và cá biển. Các nghiên cứu còn cho thấy, thảm cỏ biển còn là nơi cư trú của nhiều loài tôm, cua, cá biển giai đoạn ấu trùng hoặc con non. Ngoài ra, thảm cỏ biển còn là nơi cư trú của nhiều loài rùa biển, đặc biệt cỏ biển là thức ăn chủ yếu của loài Rùa xanh (Vích). Đáng chú ý trong các bãi cỏ biển, còn thấy bò biển (*Dugong dugong*), ăn cỏ biển, như đã thấy ở Quảng Ninh, Thanh Hóa, và nhất là ở vùng biển Côn Đảo. Bãi cỏ biển ngoài giá trị về nguồn lợi, cũng còn là nơi cư trú, sinh sản của các sinh vật biển ven bờ, đồng thời cũng còn có vai trò chống sóng bão vệ bờ biển.

Bảng 5.14. So sánh thức ăn bằng cỏ biển giữa Bò biển và Rùa xanh

	Bò biển Dugong	Rùa xanh (vích)
Thức ăn	Cỏ biển là chính	Tảo và cỏ biển
Sự chọn lọc cỏ biển	Chọn lọc nhiều	Chọn lọc ít
Các phần trên cỏ	Tất cả thân và rễ	Lá ngọn
Tổng số	25 kg/ngày/cá thể	2,5 kg/ngày/cá thể

Nguồn: Nguyễn Văn Tiến và nnk., 2004

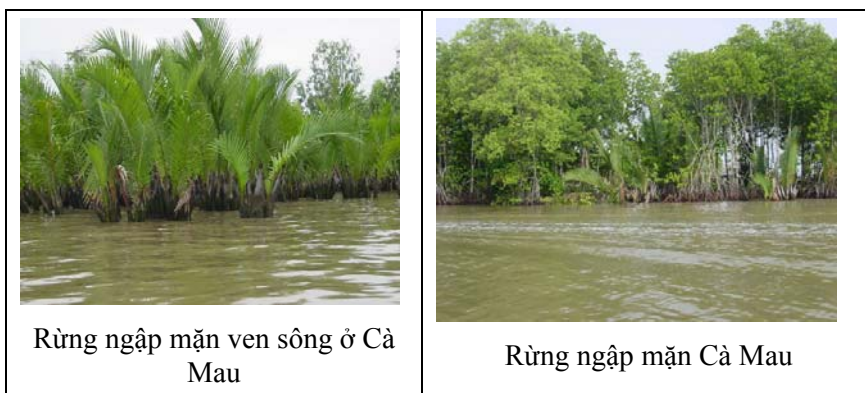
2.5. Hệ sinh thái rừng ngập mặn

Rừng ngập mặn (mangrove) là kiểu hệ sinh thái đặc trưng của vùng triều ven biển của vùng vĩ độ nhiệt đới, cận nhiệt đới. Dưới góc độ sinh thái học, rừng ngập mặn là một kiểu hệ sinh thái sản xuất cung cấp thức ăn thông qua chuỗi thức ăn tự nhiên mà khởi đầu là các cây ngập mặn. Trên thế giới, diện tích rừng ngập mặn chiếm từ 15-

20 triệu ha, trong đó riêng Ôstralya có khoảng 1 triệu ha. Khoảng 1/4 đường bờ biển thế giới có rừng ngập mặn. Rừng ngập mặn phát triển nhất ở vùng Ấn Độ - Thái Bình Dương, đặc biệt ở các vùng châu thổ các sông lớn. Rừng ngập mặn lớn nhất thế giới nằm ở BắngLades, bao phủ một diện tích 600.000ha

Rừng ngập mặn bao gồm quần xã các cây ngập mặn. Lá cây của rừng ngập mặn cũng như các lá cây khác, dưới ánh sáng mặt trời chuyển hóa các bon di ô xýt thành hợp chất hữu cơ thông qua quá trình quang hợp. Các bon được lá cây hấp phụ cùng với nguồn dinh dưỡng được hấp phụ từ đất nhờ bộ rễ để nuôi cây ngập mặn phát triển. Sự phân hủy lá cây rụng là nguồn thức ăn cho các nhóm động vật khác sống trong nền đất của hệ sinh thái rừng ngập mặn. Lá cây ngập mặn giàu dinh dưỡng được phân hủy bởi nấm và vi sinh vật là thức ăn của tôm, cua, động vật thân mềm, cá và chính các đối tượng này lại là thức ăn cho nhóm động vật lớn khác như chim nước.

Rừng ngập mặn thực chất là hệ sinh thái đất ngập nước ở vùng triều bao gồm quần xã các loài thực vật và động vật sống trong vùng giữa triều (intertidal) dưới dạng các cây, bụi, thảm cỏ. Chúng là kiểu rừng nhiệt đới sớm nhất bởi đặc điểm sinh học sinh sản và tính thích ứng sinh thái với điều kiện sống vùng triều giữa. Rừng ngập mặn là nơi cư trú, sinh sản của cả một quần sinh vật rừng ngập mặn rất phong phú, có tầm quan trọng lớn về nguồn lợi biển ven bờ và bảo vệ vùng ven biển.



Hình 5.16. Một số kiểu thảm thực vật ngập mặn

Rừng ngập mặn có thể phân chia thành ba kiểu. Đầu tiên là các cây ngập mặn thực thụ chủ yếu sống ở vùng giữa triều với mực nước thường xuyên cao. Trong nhóm này có ít nhất 17 họ thực vật. Có khoảng 80 loài thực vật ngập mặn thực thụ dưới dạng cây gỗ hoặc bụi đã được ghi nhận, trong đó có 50-60 loài thực vật đóng góp chính cho cấu trúc của rừng ngập mặn. Sự đa dạng các loài thực vật ngập mặn ở vùng ven bờ Đông nam (khoảng 2/3 số loài) trong khi chỉ có khoảng 15 loài ở Châu Phi và 10 loài ở Châu Mỹ (Field, 1995). Thành phần loài và cấu trúc của rừng ngập mặn thay đổi theo chức năng và các yếu tố điều kiện địa chất, địa lý, thủy văn, địa sinh vật, khí hậu, thổ nhưỡng và điều kiện môi trường. Cây đước (*Rhizophora*) là cây tồn tại ở cả các rừng ngập mặn trên thế giới.

Kiểu thứ hai là các loài thực vật thứ yếu không có gì đáng chú ý trong thảm thực vật ngập mặn và chúng tồn tại dưới dạng các quần thể thuần. Kiểu thứ ba là quần xã thực vật mà kiểu thảm thực vật truyền thống mang tính chuyển tiếp giữa đất liền và biển. Tuy nhiên, chúng vẫn có mối tương tác với các nhóm thực vật ngập mặn thực thụ. Các loài thực vật thích ứng với độ mặn là *Terminalia*, *Hibiscus*, *Thespesia*, *Ficus*, *Calophyllum*, *Casuarina*, một số loài rau và rong sứa (Aslepiadaceae và Apocynaceae). Một số trong đó có bộ rễ ăn sâu trong đất mặn.

Rừng ngập mặn có vai trò quan trọng đối với đời sống của nhân dân ven biển các nước nhiệt đới. Ở các quốc gia trong vùng Đông Nam Á, việc quản lý các khu rừng ngập mặn để thu hoạch một cách bền vững đã diễn ra hơn một thế kỷ nay. Trong những năm gần đây, tầm quan trọng của rừng ngập mặn trong kinh tế xã hội, môi trường và sinh thái đã được nhiều tổ chức quốc tế, chính phủ, các nhà chức trách địa phương, các tổ chức phi chính phủ, cộng đồng địa phương và các nhà khoa học quan tâm.

Mặc dầu các hệ sinh thái rừng ngập mặn cung cấp các giá trị to lớn về nguồn lợi sinh vật và chức năng dịch vụ, nhưng một diện tích to lớn rừng ngập mặn đã bị mất, đặc biệt ở vùng Đông Nam Á do việc khai thác gỗ, chuyển rừng ngập mặn sang đất nông nghiệp, nuôi hải sản, sản xuất muối, công nghiệp hóa và đô thị hóa vùng ven biển. Gần đây, các trang trại nuôi tôm đã làm mất một diện tích rừng ngập mặn rộng lớn ở một số quốc gia như ở Equado, Indonesia và Philippines.

Ở Việt Nam, rừng ngập mặn phát triển trong vùng triều cửa sông dọc ven biển, ở các cửa sông lớn miền Bắc (sông Hồng, sông Thái Bình), và miền Nam (sông Cửu Long, sông Đồng Nai). Theo các dẫn liệu nghiên cứu của Phan Nguyên Hồng (2001, trong Chuyên khảo Biển Đông), tới nay, đã thống kê được khoảng 94 loài thực vật ngập mặn, với các loài thuộc các họ: Acanthaceae (*Acanthus*), Avicenniaceae (*Avicennia*), Myrsinaceae (*Aegiceras*), Palmae (*Nypa*), Phizophoraceae (*Bruguiera*, *Ceropus*, *Kandelia*, *Rhizophora*), Sonneratiaceae (*Sonneratia*), bao gồm các nhóm:

- Nhóm I gồm những loài cây ngập mặn chủ yếu, gồm 35 loài thuộc 20 chi, và 16 họ.
- Nhóm II gồm những loài cây chịu mặn di nhập vào RNM thường gặp trong các rừng thứ sinh, rừng trồng, đất bồi cao, ven kênh rạch, chỉ ngập chiều cao hoặc ít khi ngập triều. Nhóm này gồm 40 loài thuộc 35 chi, 27 họ. Ngoài ra còn một số loài ngẫu nhiên từ nội địa di chuyển tới.

Về mặt phân bố, có sự sai khác giữa thành phần loài thực vật ngập mặn miền Bắc và miền Nam Việt Nam. Từ bắc xuống nam, có thể phân thành bốn khu vực phân bố với 11 tiểu khu rừng ngập mặn (Phan Nguyên Hồng, 2001 trong Chuyên khảo biển Đông, tập IV).

Khu vực I

Bờ biển đông bắc từ mũi Ngọc đến mũi Đồ Sơn. Bờ biển chia cắt phức tạp tạo nên các vịnh ven bờ và các cửa sông hình phễu, có nhiều đảo bảo vệ hạn chế gió bão. Các sông chính có độ dốc lớn, dòng chảy mạnh chuyển hết phù sa ra bờ biển và được giữ lại trên một thể nền đất bùn sét có cát tương đối phù hợp với sự sinh trưởng của cây ngập mặn. Lượng mưa hàng năm lớn (trên 2.500mm), mùa mưa thường kéo dài từ tháng 4 đến tháng 11, mùa khô cũng có mưa (20 - 25% năm), nhờ đó mà cây ngập mặn vẫn có một lượng nước ngọt phong phú và đồng đều hơn ở miền Nam. Độ mặn của nước triều trong năm tương đối cao và thay đổi ít (trung bình 26 - 27‰), tháng 8 độ mặn ít nhất (trung bình 20,8 - 21,5‰), phù hợp với một số loài cây chịu mặn cao.

Có thể phân chia khu vực I thành 3 tiểu khu:

Tiểu khu I.1.

Từ Móng Cái đến Cửa Ông: điều kiện tự nhiên thuận lợi, địa hình kiểu vịnh kín, có hệ thống chắn gió ở ngoài (Vĩnh Thực, Cái Chiên, Tài Long, Vạn Vược, Cái Bầu...) nhờ thế mà phù sa chuyển ra cửa sông đều được ngưng đọng lại trong vịnh, tác động của thủy triều mạnh do chế độ nhật triều và biên độ cao (4m) nên diện tích bị ngập, hàng cây lớn. Nồng độ muối cao và biến động ít (trung bình toàn năm 28-30‰), mặt khác tác động của con người không lớn lắm (do thưa dân) nên RNM phát triển rộng, điển hình nhất là khu vực Mũi Chùa ở vịnh Tiên Yên. Ở những bãi triều mới bồi nhiều cát thì mắm quăn (*Avicennia lanata*) là loài cây thuần loại, có chỗ lẫn cả sú (*Aegiceras corniculatum*). Tầng thảm tươi có cỏ gà (*Cynodon dactylon*), muối biển (*Suaeda australis*) hoặc củ gấu (*Cyperus rotundus*) mọc rải rác.

Tiểu khu I.2.

Từ Cửa Ông đến Cửa Lục, núi ăn ra sát biển, rất ít sông nên thiếu phù sa, tác động của nước biển do bào mòn núi đá vôi, tạo ra các vũng, các eo, nên nước triều truyền nhanh, có chỗ xoáy hình phễu sâu tới 0,5m. Phù sa, chất xói mòn trôi xuống không ổn định, bãi lầy hẹp, cấu tạo bởi bùn cát mặn. Vai trò của vật lơ lửng và quá trình lắng đọng, bồi tích ở tiểu khu này trong giai đoạn hiện tại hầu như không đáng kể. Mặc dầu nồng độ muối khá cao và ít biến đổi, lại có một hệ thống quần đảo che chắn sóng gió ở phía ngoài (Bãi Tử Long và Hạ Long) nhưng rừng vẫn không phát triển vì thiếu phù sa và nước ngọt, ví dụ rừng ngập mặn ở thị xã Hòn Gai là một vùng bờ nằm sâu trong vịnh kín. Phía bờ nằm sát núi và các via than nên nhiều sỏi, đá, than. Rừng gồm toàn cây nhỏ, cây bụi cao 0,5 - 2,5m.

Tiểu khu I.3.

Từ Cửa Lục đến mũi Đồ Sơn: tiểu khu này nằm trong hệ thống vùng cửa sông hình phễu Hải Phòng - Quảng Yên. Địa hình bằng phẳng hơn hai tiểu khu trên, ít chịu tác động của sóng nhờ có các đảo đá vôi cuối vịnh Hạ Long và các đảo lớn chắn ngoài như Cát Hải, Phù Long. Biên độ triều lớn (4m) nên diện tích bãi lầy bị ngập triều rộng. Từ cửa Lục đến cửa Nam Triệu gồm cây ưa mặn, không có nước lợ (thành phần gần giống ở Hòn Gai), từ cửa Nam Triệu

đến Đồ Sơn, bần chua (*Sonneratia caseolaris*) một loài cây nước lợ điển hình - cùng với ô rô (*Acanthus ebracteatus*) xuất hiện ngày càng nhiều. Các loài cây rộng muối như trang, sù còn tương đối phong phú, còn số lượng mắm quăn, đước vôi, vẹt dù giảm, và kích thước cũng bé hơn các tiểu khu trên.

Khu vực II

Ven biển đồng bằng Bắc Bộ: từ mũi Đồ Sơn đến bờ biển cửa Lạch Trường: khu vực này nằm trong phạm vi bồi tụ của hệ thống sông Thái Bình, sông Hồng và các phụ lưu nên phù sa nhiều, giàu chất dinh dưỡng, bãi bồi rộng ở cả cửa sông và ven biển, nhưng chịu tác động mạnh của gió, bão vì thiếu bình phong bảo vệ, nên cây ngập mặn kém phát triển.

Do lưu lượng dòng chảy lớn, mùa mưa vùng ven biển, cửa sông có nồng độ muối rất thấp (0,5-5‰), không thích hợp cho các loài chịu mặn cao nên thành phần chủ yếu là các loài cây nước lợ ở trong cửa sông.

Điều đáng chú ý ở khu vực II là do tốc độ quai đê lấn biển tương đối nhanh nên mặc dù biên độ triều lớn 3-4m nhưng rừng ngập mặn chỉ phân bố hẹp quanh vùng cửa sông ngoài đê. Mặt khác, sự khai thác quá mạnh kết hợp với ô nhiễm dầu từ cảng Hải Phòng lan ra khiến cây cần cỗi.

Tiểu khu II.1.

Từ mũi Đồ Sơn đến cửa sông Văn Úc. Đây là vùng chuyển tiếp giữa khu vực I và II, địa hình tương đối kín. Lưu lượng nước ngọt của hệ sông Thái Bình không lớn lắm. Số lượng đước, vôi, vẹt dù giảm, chỉ sù phát triển rộng nhưng cây bé. Càng về phía nam sù càng ít dần, bần chua (*Sonneratia caseolaris*) phát triển mạnh ở một số cửa sông và dọc triền sông tạo thành quần xã ưa lợ với hai tầng: bần là tán, dưới tán là sù, ô rô và cỏ (*Cyperus malaccensis*) như ở Tiên Lãng, Kiến An.

Tiểu khu II.2.

Từ cửa sông Văn Úc đến cửa Lạch Trường, nằm trong vùng bồi tụ của hệ sông Hồng. Lượng phù sa nhiều và giàu chất dinh dưỡng, bãi lầy rộng, nhưng vì địa hình trống trải, gió bãi, sóng tác động mạnh nên dọc ven biển không có rừng mọc tự nhiên. Nhân dân ven biển

Thái Bình, Nam Định, Hà Nam, Ninh Bình đã đấu tranh quyết liệt với thiên nhiên để trồng dải rừng ven biển này. Chúng có tác dụng lớn trong việc bảo vệ đê biển, đồng muối. Do đất bồi mạnh nên một số chỗ không còn ngập triều. Hiện nay có nơi rừng đang bị khai thác lấy đất để trồng cói, nuôi tôm. Dọc theo các triền sông và kênh rạch cửa sông Trà Lý, Ninh Cơ có một số loài nước lợ như bần, ô rô, nhưng rừng không lan sâu vào nội địa.

Khu vực III

Ven biển Trung Bộ từ Lạch Trường đến mũi Vũng Tàu: đây là dải đất hẹp, trừ một phần phía bắc từ Diễn Châu (Nghệ An), còn thì bờ biển song song với dãy núi Trường Sơn. Sông ngắn, dốc, vì ít phù sa, không bồi đắp thành bãi lầy ven biển. Mặt khác do bờ biển dốc, sâu nên không giữ được lượng phù sa ít ỏi.

Cũng như khu vực II, khu này chịu tác động mạnh của bão và gió mùa. Mưa tập trung nhiều vào thời kỳ bão, gây ra nước biển dâng và lũ lụt. Gió mùa đông bắc ngoài tác động gây ra sóng lớn, nhiệt độ thấp, còn tạo ra các cồn cát, đụn cát ven biển, làm cho địa hình phức tạp, cát bay làm thu hẹp các cửa sông. Dọc bờ biển không có rừng ngập mặn, chỉ phía trong các cửa sông có một số dải cây ngập mặn hẹp, phân bố không đều do ảnh hưởng của địa hình và tác động của các đụn cát. Từ mũi đèo Hải Vân trở vào, khí hậu thuận lợi hơn do không còn chịu ảnh hưởng của gió mùa đông bắc nên thành phần phong phú hơn.

Tiểu khu III.1.

Từ Lạch Trường đến mũi đèo Hải Vân, bờ biển phẳng, thuộc kiểu mài mòn bồi tụ, nhưng địa hình không đồng đều. Ở vùng Thanh Hóa, Nghệ Tĩnh có thềm lục địa tương đối rộng và nông, có chỗ bờ biển tạo thành vòng cung ăn khá sâu vào đất liền (vịnh Diễn Châu). Do điều kiện địa hình không thuận lợi, nên ở ven biển không có rừng ngập mặn. Ở các cửa sông lớn như sông Mã, sông Lam lòng sông luôn luôn thay đổi, bên lở bên bồi, các bãi phù sa không ổn định và được nâng lên rất nhanh nên không có loài cây nào tồn tại lâu. Một số cây cửa sông khác ở Bình - Trị - Thiên lại bị cát lấp dần do đó cây ngập mặn cũng không sống nổi.

Chỉ các bãi nằm sâu hơn, ví dụ như cách cửa sông Lam khoảng 200m, rừng nước lợ mới có điều kiện phát triển. Diện tích rừng khá

rộng (từ Xuân Hội đến Xuân Tiến). Thành phần chính là bần chua (*Sonneratia caseolaris*), kích thước cây khá lớn, cao trung bình 6-7 m, đường kính 25-30cm. Dưới tán bần là thảm ô rô dày đặc, thỉnh thoảng có vài đám cỏ, chỗ cao hơn có rặng.

Tiểu khu III.2.

Từ mũi đèo Hải Vân đến mũi Vũng Tàu. Bắt đầu từ phía nam đèo Hải Vân bờ biển đã có nhiều nét sai khác với phần phía bắc Trung Bộ. Do ảnh hưởng của các vận động kiến tạo mới trong đó có một đường đứt gãy chạy sát bờ biển theo hướng bắc nam đã làm cho bờ biển khúc khuỷu rõ rệt. Các bãi biển không còn phẳng nữa mà thường có độ sâu lớn.

Đặc điểm của địa hình đó làm cho đất liền không có khả năng lấn ra biển như các khu vực khác. Chỉ phần đất phía tây các đảo gần bờ tương đối lạng sóng thì được các doi phù sa chuyển từ bắc xuống nam, lắng đọng và bồi tụ lại làm cho đảo dính vào đất liền (như bán đảo Sơn Trà, khối đảo mũi Ba Làng An, bán đảo Cam Ranh, bán đảo Quy Nhơn), trên các dải cát pha bùn phía tây lác đác có một số dải cây ngập mặn. Sát bờ biển là các cồn cát che phủ một đầm hồ hẹp như đầm Thị Nại, đầm Ông Tong, đầm Ô Loan... Đây là nơi cư trú của các cây ngập mặn.

Khu vực IV

Ven biển Nam Bộ, từ mũi Vũng Tàu đến Hà Tiên. Khu vực này thuộc phạm vi bồi tụ của hệ sông Cửu Long và hệ sông Đồng Nai. Địa hình bằng phẳng và thấp, sông và kênh rạch chằng chịt, nhiều phù sa giàu chất dinh dưỡng, lượng nước ngọt về mùa mưa lớn, mùa khô kéo dài 6 tháng, nước mặn lấn sâu vào đất liền do tác động của biên độ triều lớn và gió chướng. Nhiệt độ bình quân trong năm cao, biên độ nhiệt độ thấp, ít chịu tác động của bão. Gió mùa tây nam và dòng chảy từ Ấn Độ Dương và Biển Đông đã chuyển hạt cây giống từ các nước xích đạo lên. Nói chung điều kiện khá thuận lợi cho cây ngập mặn sinh trưởng và phân bố rộng, cây có kích thước lớn nhất, các quần xã cũng phong phú nhất.

Tiểu khu IV.1.

Từ mũi Vũng Tàu đến cửa Soài Rạp là vùng cửa sông hình phễu thuộc hệ thống sông Đồng Nai, lưu lượng không lớn, nhưng có quá

nhiều ghềnh thác, phù sa mang nhiều cát, đất Feralit, đất đỏ nâu phong hóa từ đá Ba dan, không phải là loài thích hợp nhất cho cây ngập mặn.

Tuy nhiên, do ảnh hưởng mạnh của nước triều nên thành phần thực vật ở trong các cửa sông phong phú, nhưng kích thước trung bình. J.F. Darry và cộng sự (1963) có thống kê 26 loài chính chỉ thua tiểu khu Cà Mau 9 loài là *Avicennia marina*, *Ceriops decandra*, *Kandelia candel*, *Bruguiera praviiflora*, *Bruguiera sexangula*.

Từ những năm 1960, rừng bị khai thác nhiều nên chỉ còn thứ sinh, trừ phía bắc đảo Phú Lợi được giữ để bảo vệ chống gió mùa, cửa rừng tốt (Vũ Văn Cường, 1964). Từ năm 1965-1970, hầu hết rừng ngập mặn bị huỷ diệt do chất độc hóa học của Mỹ. Đất bị thoái hóa và các bãi bồi, bờ kênh bị xói lở. Hiện nay, chà là (*Phoenix paludosa*), ráng (*Acrostichum aureum*) đang phát triển rộng. Nhờ tích cực trồng rừng diện tích đang được phục hồi.

Tiểu khu IV.2.

Từ cửa Soài Rạp đến Mỹ Thạnh: đây là vùng ven biển thuộc tiểu khu delta (tam giác châu) nằm trong phạm vi bồi tụ của hệ thống sông Cửu Long có lưu lượng lớn và thay đổi theo mùa rõ rệt. Hàng năm sông Cửu Long chuyển khoảng 500 tỷ mét khối nước ra Biển Đông, đem theo một lượng lớn phù sa (bình quân 1m³ nước chứa 4-5 kg phù sa) giàu đạm và các muối khoáng.

Tiểu khu này có chế độ bán nhật triều không đều, biên độ lớn. Đặc biệt mùa khô cạn (tháng 1 đến tháng 4) trùng với thời kỳ triều cường, cũng là mùa gió lớn. Trong đó gió bắc, đông bắc và đông chiếm ưu thế tuyệt đối, khiến nước triều vào sâu trong đất liền. Còn về mùa lũ lưu lượng sông lớn, gió chuyển hướng tây nam, tốc độ bé, nước triều và sóng yếu nên nước các cửa sông và ven biển mang tính chất lợ. Nói chung tác động của triều ở đây mạnh. Khi dòng sông ra đến cửa, tốc độ giảm và tan đi nên phù sa lắng đọng nhanh, hình thành nhiều đảo cửa sông. Các đặc điểm trên đã tạo điều kiện cho bãi bồi có rừng ngập mặn phát triển mạnh cả vùng ven biển, cửa sông và sâu vào nội địa tới gần thị xã Bến Tre, Cửu Long.

Sự phân bố thành phần thực vật có quan hệ mật thiết với lưu lượng nước mùa cạn của các nhánh sông. Ví dụ: hạ lưu sông Mỹ Tho có 38% toàn lưu lượng hệ sông Cửu Long, đặc biệt là sông Ba Lai chỉ có 1% lưu lượng. Do đó, nước triều vào sâu và độ mặn trong năm ít biến đổi. Thành phần cây ưa mặn ở các bãi ven triều sông phong phú: vẹt, tác, trang, đước bộp, bần ổi nhiều.

Các nhánh khác của sông Tiền và Hậu có lưu lượng lớn (15 - 28%) do đó thành phần cây nước lợ chiếm ưu thế. Dọc cửa sông quần thể bần chua (*Sonneratia caseolaris*) phát triển mạnh, phía trong là quần thể mắm trắng (*Avicennia alba*) xen với các loài khác.

Ở kênh rạch, nồng độ trong mùa khô cao hơn ở cửa sông chính, do đó thành phần cây ưa mặn và rộng muối chiếm ưu thế, chủ yếu là đước bộp (*R. mucronata*), vẹt tách (*B. sexangula*), sú (*Xylocarpus obovatus*), dà (*Ceriops tagal*)

Dọc các triền sông phía trong, quần thể mắm lười đồng (*A. officinalis*) phát triển với một loài cây leo là cóc kèn (*Derris trifolia*). Đi sâu vào nội địa thì bần chua thay thế dần, có chỗ dừa nước (*Nypa fruticans*), mọc hoặc đước trồng thành bãi lặn với mái dầm (*Cryptocoryne ciliata*), một loại cây chỉ thị cho nước lợ.

Tiểu khu IV.3.

Phía đông bán đảo Cà Mau, điều kiện tự nhiên rất thuận lợi, đây là vùng đất mới (trầm tích Holoxen) nằm kẹp giữa vịnh Thái Lan và Biển Đông, vị trí chưa thật ổn định. Các bãi bồi ngày càng phát triển về phía tây nam, trong lúc bờ biển phía đông bắc từ sông ghềnh Hào đến xóm Rạch Tàu bị xói lở mạnh. Phù sa các nhánh sông Cửu Long và đất xói lở được đưa xuống Bãi Bùn khiến cho mũi Cà Mau phát triển về phía tây có chỗ tới 50m/năm hoặc hơn nữa.

Thêm vào đó là đáy biển vịnh Bãi Bùn rất nông làm cho sóng yếu và tắt dần trước khi vào đến bờ, cho nên không chỗ nào cây ngập mặn chiếm cứ bãi bồi nhanh chóng và sinh trưởng mạnh như ở đây.

Tiểu khu IV.4.

Bờ biển phía tây mũi Cà Mau (vịnh Thái Lan) do biên độ triều rất thấp (0,5-0,8m), trầm tích lơ lửng không lắng đọng được nhiều,

phần lớn bị trôi ra biển do đó mà rừng ngập mặn không phát triển mạnh, thường chiều ngang rất hẹp (từ vài trăm đến 1.000m), tiến rất chậm ra phía biển, chủ yếu chỉ có mắm trắng (*A. alba*) và ít mắm lười đòng, phía sau là rừng tràm (*Melaleuca leucadendron*).

Theo nhiều tác giả, hầu hết các loài cây ngập mặn của Việt Nam không phải là cây bản địa. Trung tâm hình thành cây ngập mặn là Indonesia và Malaysia (V.V. Cương, 1964; V.J. Chapman, 1975) từ đó phát tán ra các nơi khác. Sự vận chuyển nguồn giống vào Việt Nam chủ yếu là do các dòng chảy đại dương.

Gió mùa tây nam vào mùa hè của dòng chảy từ phía nam lên, mang theo một số quả hạt và cây non của các loài ngập mặn vì thời gian này trùng với mùa rụng quả chín và cây non của họ Rhizophoraceae. Nhưng đến vĩ độ 12 thì dòng chảy chuyển hướng ra khơi nên một số loài không phát tán đến bờ biển phía bắc. Chính vì vậy mà nhiều loài phong phú ở phía nam như bần trắng, bần ôi, đưng, đước, vẹt trụ, vẹt tách, dừa nước, mắm đen, mắm trắng,... không có mặt ở phía bắc.

Cũng có thể một ít loài trên trôi nổi trên biển một thời gian vài ba tháng và vào được bờ biển vịnh Bắc Bộ, nhưng vì thời kỳ sinh trưởng của cây non bị nhiệt độ thấp mùa đông do gió mùa đông bắc và khối nước lạnh từ vùng biển Trung Quốc tràn xuống khiến cho chúng không sống nổi.

Một số loài được chuyển từ quần đảo Philippin vào miền Trung và miền Bắc do tác động của bão như sú, dăng, trang, vẹt dù. Những loài cây này có khả năng thích nghi với biên độ muối rộng, đất nghèo, nhiều cát và đặc biệt chịu được nhiệt độ thấp mùa đông, nên chúng phân bố rộng ở ven biển, cửa sông Bắc Bộ và trong cửa sông ở bắc Trung Bộ.

Những loài cây này cũng được phát tán từ Indonesia lên phía nam Việt Nam, nhưng không có khả năng cạnh tranh với các loài khác có ưu thế hơn về khả năng sinh trưởng, nên chúng thường chỉ phân bố thưa thớt ở dọc triền sông.

Một số ít loài chỉ gặp ở vùng ven biển đông bắc như chó (*Myoporum bontiodides*), hếp Hải Nam (*Scaevola hainanensis*), chúng thường sống trên các bãi ngập triều cao, nhiều sỏi đá. Nơi xuất phát của chúng là đảo Hải Nam. Chúng không chịu được nước

có nồng độ muối thấp và khả năng phát tán hạt kém nên chỉ phân bố trong một khu vực hẹp.

3. Hệ sinh thái vùng nước quanh đảo

Các đảo đều có nguồn gốc hình thành khác nhau. Trên cơ sở xem xét địa mạo, đa số các đảo ở vùng ven bờ biển Việt Nam có nguồn gốc lục địa thuộc nhóm đảo núi lửa (các đảo Lý Sơn, Phú Quý, Côn Cỏ,...), nhóm bào mòn thạch học (đảo karst trong vịnh Hạ Long,...), nhóm bào mòn - bóc mòn và nhóm đảo ngoài khơi là các đảo san hô (Tur Chính, Trường Sa,...).

Các đảo ven bờ Việt Nam phần lớn là địa hình núi thấp và đồi, còn phần nhỏ là đồng bằng. Các đảo cấu tạo bởi đá vôi thường có sườn dốc đứng. Các đảo có diện tích lớn có địa hình núi và đồi xâm thực như Phú Quốc, Côn Sơn, Cái Bầu. Những đảo có địa hình bóc mòn - mài mòn là những đảo không lớn, độ cao nhô khỏi mực nước vài chục mét (Bạch Long Vĩ, Hòn Khoai, Hòn Dãi, Nam Du,...). Các đảo liên quan đến hoạt động núi lửa cấu tạo bởi các thành tạo bazan như Lý Sơn, Phú Quý, Côn Cỏ. Đảo san hô gặp phổ biến ngoài khơi thêm lục địa như Hoàng Sa, Trường Sa, Tur Chính... các ám tiêu san hô được phát triển trên khối lục địa sót.

Do các đảo có sườn dốc và ngắn, nước đổ ngay xuống cơ sở bóc mòn là mực nước biển, năng lượng xói mòn của địa hình lớn, quá trình sườn xảy ra mạnh, phần lớp phủ bờ rời bị cuốn trôi tro sỏi đá không giữ nước. Chính vì vậy, mặc dầu lượng mưa khá lớn song hệ thống thủy văn trên các đảo không phát triển, chỉ xuất hiện dòng chảy tạm thời hoặc suối nhỏ. Phú Quốc là đảo lớn có lớp phủ rừng, xuất hiện những con suối có nước thường xuyên như các suối Dương Tơ, Dương Đông... nhưng nước suối nông có thể lợ qua dễ dàng. Mạng lưới thủy văn không phát triển, không có nước dự trữ vào mùa khô.

Do điều kiện biệt lập, xa lục địa cho nên điều kiện độ mặn, độ trong của nước biển quanh các đảo thường cao hơn và ổn định so với vùng nước ven bờ. Đặc biệt, môi trường nước biển ít chịu ảnh hưởng của các nguồn gây ô nhiễm do con người từ các sông lục địa đổ ra.

Nguồn gốc hình thành với các đặc điểm địa chất, địa mạo, chế độ thủy văn cũng như vị trí địa lý của đảo là cơ sở cho việc hình thành các đặc trưng sinh thái và khu hệ sinh vật vùng nước quanh đảo. Nhìn chung, hầu hết các đảo đều có các hệ sinh thái rạn san hô, cỏ biển phát triển ở vùng nước ven bờ đảo. Một số đảo lớn ven bờ như Vân Đồn, Cát Bà còn có diện tích cây ngập mặn tương đối phát triển.

Các bãi triều ở Côn Đảo cũng có thể được phân biệt:

- Các bãi triều rạn đá gốc điển hình: bãi triều được hình thành do các lớp đá gốc nằm chồng chất lên nhau.
- Các bãi triều rạn đá - cát: là loại hình có cấu trúc phân cao triều là đá gốc điển hình, phần giáp ranh là vùng trung - cao triều là cát và đá gốc.
- Bãi triều rạn đá - cuội nhỏ: được tạo bởi các lớp đá gốc cùng với cuội nhỏ.
- Bãi đá tảng - cát: Gồm các tảng đá lớn nhỏ có nguồn gốc từ các bãi đá gốc vùng triều được trải rộng ra độ sâu 4 - 5m.
- Bãi cát - san hô.
- Bãi cỏ biển - san hô.

Có thể thấy thành phần loài san hô vùng nước quanh Côn Đảo phong phú và đa dạng vào loại nhất nhì của Việt Nam. Các khảo sát đã xác định được 219 loài san hô thuộc 61 giống, 17 họ. Trong đó riêng bộ san hô cứng Scleractina có 217 loài. Chỉ số đa dạng các giống san hô $H' = 1,24$ (WWF - Việt Nam, 1995) là khá cao. Theo số liệu khảo sát năm 1994-1995, độ phủ trung bình của san hô trên các rạn ở Côn Đảo là 42,6%. Tỷ lệ này cao hơn nhiều so với các vùng nước ven bờ khác ở Việt Nam. Vào thời kỳ đó, trên nhiều rạn, san hô bao phủ hầu hết nền đáy như bãi Ông Cường, hòn Tre Nhỏ, bãi Hải Đăng, bãi Đá Trắng, Bến Đầm. Do sự khác nhau về điều kiện môi trường tự nhiên nên mỗi khu vực có kiểu rạn san hô khác nhau. Theo Võ Sĩ Tuấn (2000), đáy biển vùng xung quanh hòn Cau, Bông Lau và phía nam hòn Bảy Cạnh có thảm san hô dạng cành. Trong khi đó ở

Bến Đầm, Đá Trắng lại là những rạn san hô hình khối, rạn gần Mũi Chim Chim lại ưu thế bởi san hô mềm.

Vùng nước quanh Côn Đảo được xem là nơi đẻ trứng của nhiều loài sinh vật biển bao gồm nhiều loài cá biển và động vật đáy. Nhờ có các dòng hải lưu đi qua vùng Côn Đảo nên nguồn ấu trùng, con non nhiều loài thủy sinh vật biển được phát tán từ đây vào vùng biển Trung Bộ (mùa hè) và vùng biển Tây Nam Bộ (mùa đông) (Theo Lăng Văn Kên và nnk, 1999).

Hầu hết các hệ sinh thái vùng triều, vùng nước quanh các đảo là các hệ sinh thái có mức đa dạng sinh học phong phú. Đặc biệt trong rạn san hô, ngoài nhóm san hô tạo rạn, các nhóm sinh vật khác sống trong rạn như nhóm cá san hô, các nhóm giáp xác, thân mềm, da gai, vích, đoi môi, bò biển.... rất phát triển, đa dạng về thành phần loài cũng như phong phú về số lượng.

V. DIỄN THỂ SINH THÁI

Trong hệ sinh thái, một quần xã sinh vật bị tiêu diệt bởi tự nhiên hoặc con người và được thay thế dần dần bằng một quần xã khác cho đến khi quần xã sinh vật đó đạt tới giai đoạn chín muồi (mature) và cao đỉnh (climax). Quá trình đó gọi là diễn thể sinh thái. Diễn thể sinh thái có thể được phân biệt là diễn thể sơ cấp và diễn thể thứ cấp (Daniel D. Chiras, 1991). Trong đó, diễn thể sơ cấp là sự phát triển một quần xã sinh vật bắt đầu từ chưa có gì, và diễn thể thứ cấp là sự phát triển quần xã sinh vật trong một hệ sinh thái sau một giai đoạn hoàn chỉnh hoặc một quần xã đã hoàn chỉnh và đang bị tiêu diệt từng phần.

Đặc điểm diễn thể sinh thái của hầu hết các loại hình thủy vực tự nhiên diễn ra bao gồm chiều hướng, đặc tính hình thái, dinh dưỡng và quần xã sinh vật cùng có nét chung, nhưng khác cơ bản là tốc độ diễn thể (tốc độ diễn thể của hồ chứa có thể diễn ra nhanh hơn nhiều so với các thủy vực tự nhiên khác do thời gian tồn lưu nước ngắn (thường dưới 1 năm), tỷ lệ trao đổi nước rất nhanh tạo nên khả năng bồi lắng lòng hồ lớn và nhanh). Mặc dù vậy, diễn thể sinh thái cũng như chất lượng môi trường nước của thủy vực kể từ khi hình thành cho đến khi không được coi là thủy vực nữa (có thể trở thành đầm

lầy hoặc thành một hệ sinh thái ở cạn do sự bồi lấp lòng hồ bởi sự xói mòn) là một quá trình biến đổi phức tạp và lâu dài. Quá trình này có thể diễn ra trong hàng chục, hàng trăm, thậm chí hàng nghìn năm phụ thuộc vào các đặc tính vận động tự nhiên và các yếu tố nhân tác ở vùng lưu vực.

Diễn thế sinh thái của các HST thủy vực có thể được phân biệt theo từng giai đoạn phát triển, trước tiên là diễn thế hình thái. Hình thái thủy vực có những tác động nhất định đến đặc tính môi trường (dòng chảy, độ sâu, độ trong, các yếu tố hóa học...) và đây là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến diễn thế dinh dưỡng thủy vực. Các yếu tố hình thái của thủy vực, đặc tính môi trường cũng như chế độ dinh dưỡng quyết định đặc tính của khu hệ sinh vật. Bởi vậy, khi nghiên cứu diễn thế sinh thái thủy vực, cần nghiên cứu các quá trình biến đổi lịch sử trước tiên là các yếu tố tự nhiên (hình thái, môi trường), sau đó là các đặc tính dinh dưỡng. Các đặc điểm này quyết định chiều hướng diễn thế sinh thái thủy vực, tốc độ diễn thế các điều kiện tự nhiên quyết định tốc độ diễn thế sinh thái.

1. Các kiểu diễn thế

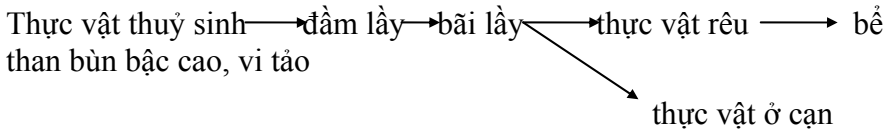
1.1. Diễn thế hình thái

Đặc trưng cơ bản tác động đến diễn thế hình thái thủy vực là quá trình lắng đọng trầm tích, quá trình này tiến tới làm đầy dần lòng thủy vực. Các nguồn vật liệu đầu vào từ sông biến động rất lớn cùng với các vật liệu tại chỗ của vùng lưu vực trong quá trình sủi mòn. Sự lắng đọng trầm tích là rất phức tạp và phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố: nguồn vật liệu, địa hình và hình thái vùng lưu vực, động lực,... Sự lắng đọng trầm tích diễn ra chậm một mặt do thời gian tồn lưu nước lâu (thường là vài năm đến hàng chục năm), mặt khác, một lượng lớn các chất hữu cơ bị khoáng hóa trước khi hoặc ngay sau khi bị lắng đọng. Tỷ lệ lắng đọng giữa chất vô cơ và hữu cơ có thể được biến đổi tùy theo sự thay đổi nguồn dinh dưỡng vào, đặc điểm vùng lưu vực và hình thái vùng lưu vực.

Nhìn chung, sự tiến hóa một thủy vực nhỏ, nông tới đầm lầy hoặc đầm lầy than bùn hoặc hệ sinh thái ở cạn diễn ra từ từ. Sự phát triển vùng bán ngập ven bờ (littoral) làm cho độ sâu của thủy vực

giảm liên tục do quá trình lắng đọng trầm tích vật chất hữu cơ, lòng thủy vực bị bồi lấp đầy lên, vùng ven bờ thực vật ngập nước phát triển lấn dần vào vùng giữa thủy vực.

Một kiểu diễn thế chung cho loại thủy vực nông với sự phát triển quá mức của thực vật thủy sinh bậc cao và tảo được trình bày theo sơ đồ như sau:



Trong các môi trường tác giữa các yếu tố môi trường, chế độ thủy học mà dòng chảy rần (phù sa và các chất rắn lơ lửng), đặc điểm địa hình cùng với tốc độ của quá trình bồi tụ là những yếu tố quyết định đến diễn thế hình thái thủy vực. Thời gian và tốc độ biến dạng thủy vực phụ thuộc vào nhiều yếu tố như kể trên, thì đặc điểm quan trọng còn là loại thủy vực nông hoặc sâu. Một số vùng đầm lầy có than bùn có thể thấy đặc trưng ở một số khu vực ở đồng bằng sông Cửu Long như Đồng Tháp Mười, rừng U Minh hiện nay có thể xem như là giai đoạn cuối của diễn thế sinh thái của dạng thủy vực nông

1.2. Diễn thế dinh dưỡng

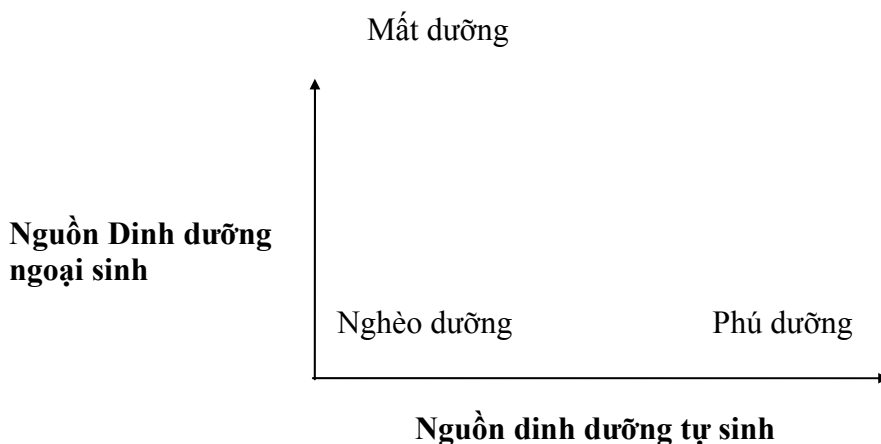
Sự biến đổi hình thái thủy vực có thể dẫn tới sự gia tăng phì dinh dưỡng trong trầm tích và có tác động lớn đến sự phân tầng, và khả năng duy trì sự ô xy hóa, tái chu trình dinh dưỡng ở tầng đáy. Diễn thế chung về dinh dưỡng của đa số các hồ tự nhiên có chiều hướng từ năng suất thấp đến năng suất cao hơn. Trong thời gian gần đây, nhiều hồ đang bị gia tăng năng suất hoặc bị phì dưỡng, thường dẫn đến tăng quá mức lượng dinh dưỡng. Ở các nước phương Tây, sự tăng lượng dinh dưỡng trong hồ là ít được khuyến khích bởi hầu hết các hồ đều chứa nước cấp cho sinh hoạt. Cho nên nhiều nước thường cố gắng duy trì các hồ nghèo dinh dưỡng hoặc dinh dưỡng trung bình.

Diễn thế phú dưỡng: Một nét đặc trưng của hồ là bị lấp đầy bởi trầm tích từ vùng lưu vực và cũng bởi phân hủy các chất hữu cơ còn lại. Tuy nhiên, quá trình này diễn ra rất chậm. Trong vùng ôn đới,

khi chúng mới được hình thành, thoát đầu các hồ có khuynh hướng là không sản sinh hoặc nghèo dinh dưỡng. Chúng có đặc tính chung là sâu và các quần thể thực vật nổi thấp. Chỉ có một số lượng ít các mảnh vụn hữu cơ nhỏ tạo thành một khối lớn tại tầng đáy và sự phân hủy ở đây đã làm cạn kiệt nguồn ô xy. Điều đó có thể làm cho sinh vật đáy đa dạng và ở đó có các loài cá nước lạnh sống ở tầng nước sâu (cá hồi; cá ngân trắng).

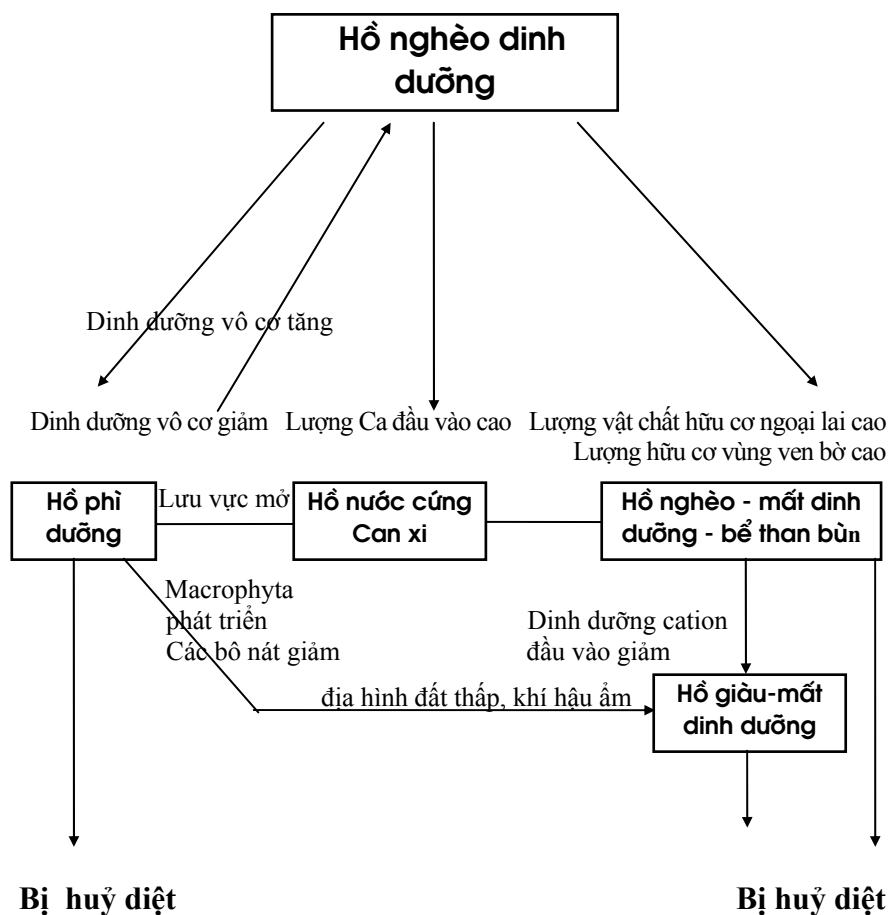
Một số hồ có khuynh hướng trở nên có năng suất hơn hoặc bị phú dưỡng theo tuổi của chúng. Lượng trầm tích lấp hồ làm thay đổi tầng mặt và tầng đột biến nhiệt và hiếm hơn ở độ sâu. Nhưng ô xy ở tầng đáy trở nên bị suy kiệt cho tới trước khi vào thời kỳ tuần hoàn mùa thu. Hồ phú dưỡng có khuynh hướng các quần thể thực vật nổi cao, đặc biệt tảo lam và cho thấy rõ sự suy giảm ô xy ở tầng đáy vào mùa hè và ít hoặc không có cá ở tầng đáy, đồng thời khu hệ động vật đáy bao gồm chỉ các nhóm thích ứng với điều kiện yếm khí.

Sự phú dưỡng tự nhiên liên quan tới sự gia tăng cung cấp dinh dưỡng cho tảo, đặc biệt photpho hoặc cũng có thể ni tơ. Hutchinson (1973) cho rằng sau pha nghèo dinh dưỡng ngắn, thì trạng thái bền vững hoặc cân bằng dinh dưỡng được hình thành. Trạng thái bền vững này có thể tồn tại từ 7.000-8.000 năm qua như ở hồ Linsley, Connecticut (Hutchinson, 1973).



Hình 5.17. Kiểu dinh dưỡng của hồ trên cơ sở tỷ lệ giữa nguồn dinh dưỡng ngoại sinh và tự sinh (theo Wetzel (1983) đã biến đổi từ Rodhe (1969))

Trạng thái sản sinh bền vững có thể do lượng dinh dưỡng đầu vào từ vùng lưu vực. Một nét chung là năng suất các hồ theo thời gian là do tác động của con người ở vùng lưu vực dẫn tới trạng thái phú dưỡng nhân tạo. Các hồ, ao do tiếp nhận lượng thải từ đồng ruộng bao gồm phân bón hoặc phốt phát/nitơ dẫn tới sự nở rộ thực vật nổi, đặc biệt là tảo lam trong mùa hè.



Hình 5.18. Các hướng diễn thế dinh dưỡng chính của hồ

(Nguồn: Wetzel R.G., 1983.)

Các nghiên cứu ở hồ Washington, thành phố Seattle (Edmondson & Lehman, 1981) cho thấy đầu những năm 1960, hồ bị phú dưỡng

nặng do bị ô nhiễm nước thải vào. Khi nguồn nước thải bị cắt vào giữa những năm 1960, lượng phốt phát giảm nhanh chóng và sự phú dưỡng mà biểu thị bởi mật độ tảo cao không còn nữa vào năm 1969.

Diễn thế dinh dưỡng của các hồ phụ thuộc rất nhiều vào lượng dinh dưỡng đầu vào: Nếu lượng vật chất hữu cơ chủ yếu là từ nguồn ngoại sinh (allochthonous) nhiều hơn so với lượng vật chất hữu cơ được tạo ra ngay tại hồ (tự sinh - autochthonous) thì dễ dẫn tới hồ mất dưỡng (dystrophic) với hàm lượng mùn hữu cơ cao. Ngược lại, nếu lượng vật chất hữu cơ chủ yếu từ tự sinh thì hồ phát triển theo hướng phú dưỡng (eutrophic). Trong khái niệm phát triển theo hướng này thì năng suất thực vật nổi được quan tâm xem xét bởi kết quả kèm theo của hồ phì dinh dưỡng là thực vật nổi phát triển, tần số nở hoa thực vật nổi nhiều hơn.

Năng suất sinh học của hầu hết các hồ mất dưỡng là thấp. Mất dưỡng có thể coi là trạng thái của dinh dưỡng. Đặc điểm dinh dưỡng liên quan đến tỷ lệ dinh dưỡng của sinh vật nổi trong hệ sinh thái hồ. Sự mất dưỡng và hệ thống đầm lầy than bùn (bog) thường xảy ra ở giai đoạn cuối cùng của sự chuyển từ hệ sinh thái hồ sang hệ sinh thái ở cạn. Giai đoạn này được đặc trưng bởi sự tích lũy vật chất hữu cơ vượt quá mức và dẫn tới sự suy thoái. Sự thối rữa vật chất hữu cơ, chủ yếu là có nguồn gốc thực vật tạo thành đầm lầy than bùn.

Với loại hình hồ chứa, diễn thế dinh dưỡng có những nét khác so với diễn thế dinh dưỡng hồ tự nhiên. Thời kỳ đầu mới ngập nước là thời kỳ có lượng dinh dưỡng cao do sự phân huỷ thảm thực vật bị ngập nước. Sau giai đoạn đó, xu hướng giảm dinh dưỡng diễn ra. Các nghiên cứu ở hồ chứa Thác Bà và Hòa Bình cho thấy, thời kỳ đầu mới ngập, lượng muối dinh dưỡng cao, lượng ô xy trong nước thường xuyên thấp, đặc biệt thấp ở tầng đáy do phải cung cấp cho quá trình phân huỷ hữu cơ tầng đáy. Môi trường nước tầng đáy thường xuyên ở trong trạng thái yếm khí, nước có mùi trứng thối từ khí hydro sulphua (H_2S) sinh ra trong môi trường yếm khí. Các nghiên cứu hồ chứa Thác Bà gần đây thấy có hiện tượng gia tăng hàm lượng ô xy theo thời gian. Điển hình là các kết quả phân tích so sánh hàm lượng ô xy hoà tan trong nước hồ Thác Bà. Hàm lượng ô xy trung bình của tầng sát đáy hồ Thác Bà trong tháng 6, 7/1971, 1974 rất thấp chỉ đạt tối đa $2mg/l$ (Nguyễn Hữu Tường, 1985). Khoảng 20 năm sau, các kết quả phân tích hàm lượng ô xy hòa tan trung bình trong tầng sát đáy hồ Thác Bà

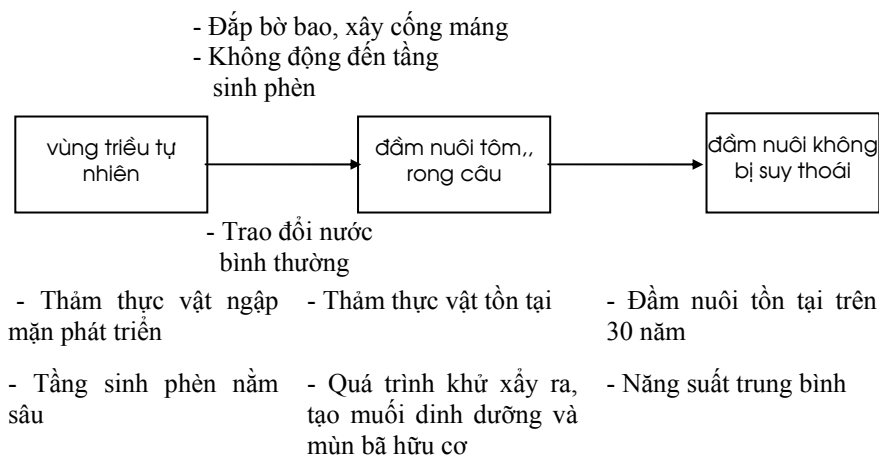
trong mùa hè (tháng 7/1992) ngay tại mặt cắt gần đập là tương đối cao, 5,0-6,6mg/l. Điều đó cho thấy sự tiêu hao ô xy ở tầng sát đáy hồ chứa giảm dần, hay nói một cách khác lượng dinh dưỡng hữu cơ trong tầng trầm tích và khối nước sát đáy trong giai đoạn này của hồ Thác Bà ít hơn trước, mức độ phân huỷ không cao, lượng ô xy hòa tan không được huy động sử dụng nhiều như trước đây. Đây có thể đang là thời điểm mà tỷ lệ giữa sự lắng đọng hữu cơ không vượt quá khả năng khả năng phân huỷ. Các kết quả phân tích trong chuyên khảo sát năm 1992 cũng cho thấy sự suy giảm hàm lượng các muối dinh dưỡng PO_4 , NO_3 , NH_4 của hồ Thác Bà so với trước đây.

2. Diễn thế các hệ sinh thái thủy vực tiêu biểu

2.1. Diễn thế đầm nuôi thủy sản ven biển

Diễn thế đầm nuôi ở vùng triều ven biển phía bắc đã được đề cập tới (Đặng Ngọc Thanh, Hồ Thanh Hải, 1990, 1991), một mặt chịu ảnh hưởng của các quá trình diễn thế của cảnh quan ven biển tại đó, mặt khác phụ thuộc vào các quá trình phát triển nội tại của môi trường tự nhiên đặc trưng của bản thân đầm nuôi và mức độ tác động của con người. Ở vùng ven biển phía bắc, có thể thấy được 3 kiểu diễn thế đầm nuôi điển hình: một kiểu diễn thế trung tính và hai kiểu diễn thế âm tính: 1/ Kiểu diễn thế trung tính (tầng sinh phèn nằm sâu), đầm nuôi không bị suy thoái: các đầm nuôi nhà Mạc, ở Yên Hưng (Quảng Ninh), nằm trong khu vực Móng Cái - Đồ Sơn. 2/ Kiểu diễn thế âm tính (tầng sinh phèn nằm nông), đầm nuôi bị suy thoái: các đầm Hà Dong, Điền Công, Cái Tráp (khu vực Móng Cái - Đồ Sơn). 3/ Kiểu diễn thế âm tính (không có tầng sinh phèn hoặc tầng sinh phèn nằm sâu), đầm nuôi bị ngọt hóa, nông dần và chuyển thành hệ sinh thái nông nghiệp: các đầm nuôi vùng đất bồi ven biển Nghĩa Hưng, Kim Sơn Nam Định, Ninh Bình (Khu vực Đồ Sơn - Lạch Trường). Tùy theo cấu trúc địa hóa lớp trầm tích của từng khu vực mà diễn thế các đầm nuôi ven biển vùng đồng bằng sông Cửu Long có thể cũng diễn ra theo một trong ba hướng trên. Cho đến nay chưa có điều kiện nghiên cứu cụ thể dự báo diễn thế đầm nuôi ven biển ở đây.

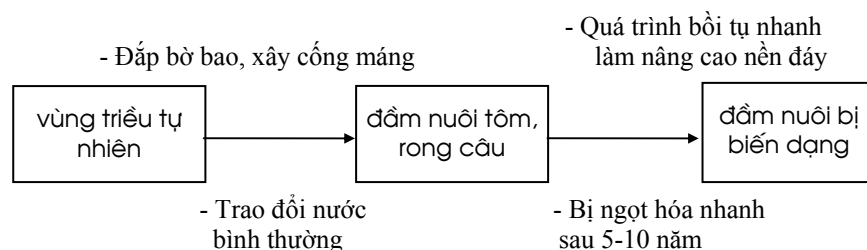
- Kiểu diễn thế trung tính, đầm nuôi không bị suy thoái: các đầm nuôi nhà Mạc, ở Yên Hưng (Quảng Ninh), nằm trong khu vực Móng Cái - Đồ Sơn.



- Kiểu diễn thế âm tính, đầm nuôi bị suy thoái: các đầm Hà Dong, Diên Công, Cái Tráp (khu vực Móng Cái - Đồ Sơn).



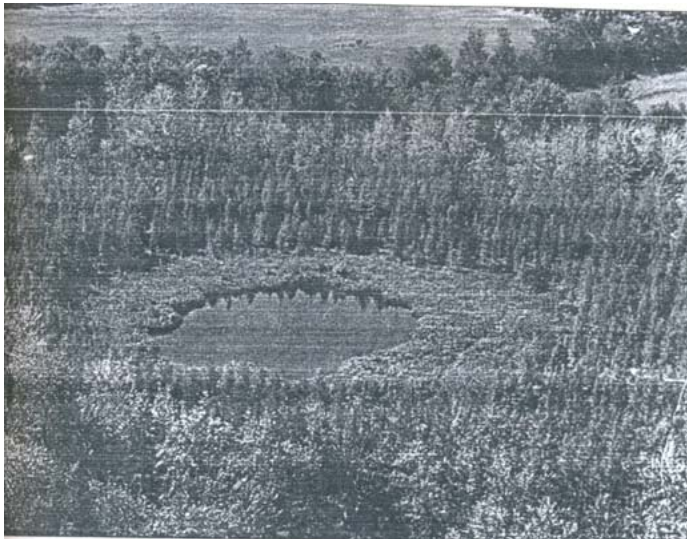
- Kiểu diễn thế âm tính, đầm nuôi bị ngọt hóa, nông dần và chuyển thành hệ sinh thái nông nghiệp: các đầm nuôi vùng đất bồi ven biển Nghĩa Hưng, Kim Sơn Nam Định, Ninh Bình (Khu vực Đồ Sơn - Lạch Trường).



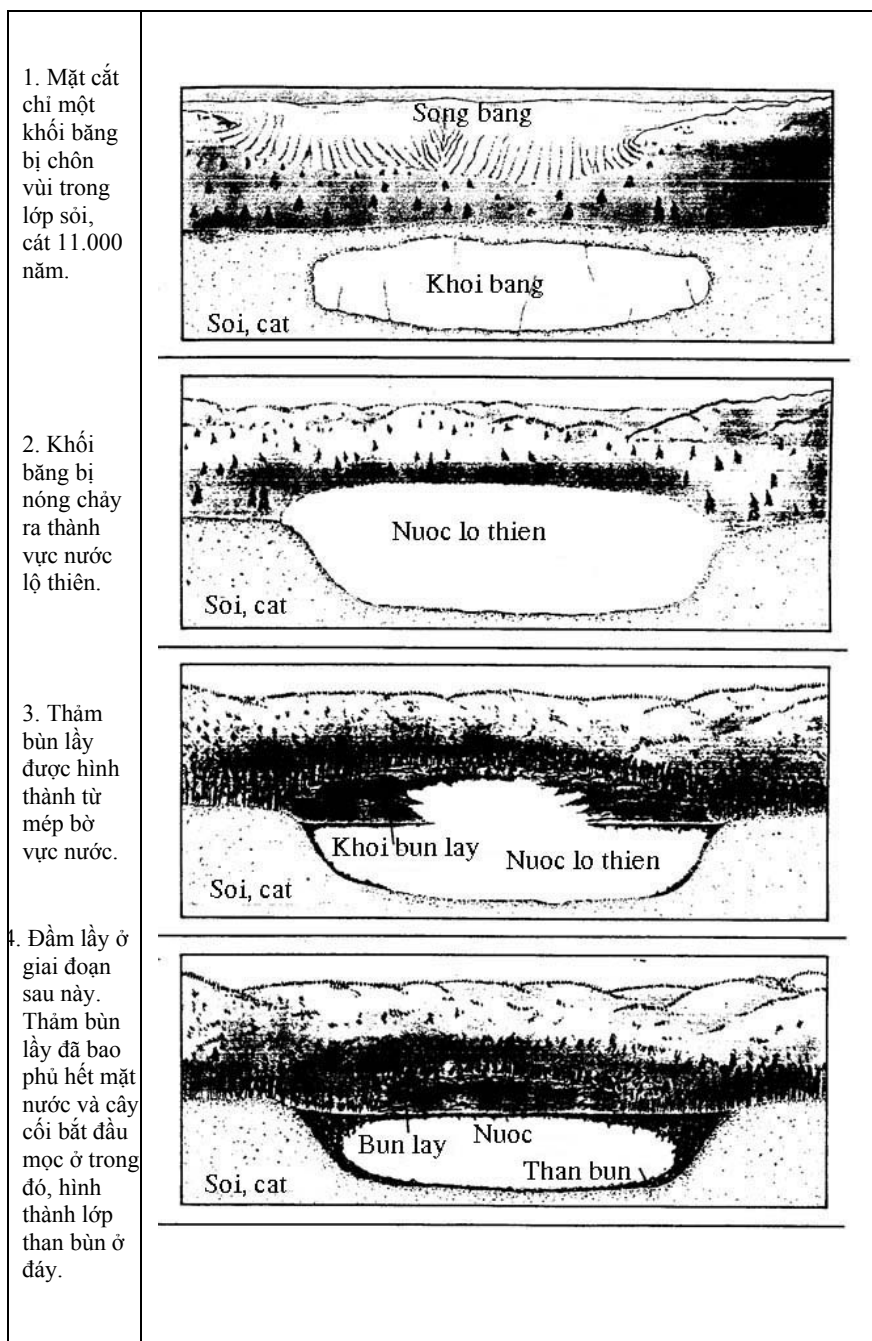
- Thảm thực vật ngập mặn phát triển	- Thảm thực vật tồn tại	- Năng suất thấp
- Không có tầng sinh phèn, hoặc nằm sâu dưới lớp trầm tích đáy	- Quá trình khử diễn ra tạo muối dinh dưỡng và mùn bã hữu cơ	- Đầm nuôi bị suy biến dạng hoặc không còn sử dụng được nữa.

2.2. Diễn thế đầm lầy than bùn (bog)

Diễn thế đầm lầy than bùn bắt đầu từ xung quanh bờ hồ, ao (hình 5.19). Mặc dầu có các kiểu thảm thực vật ngập nước, thảm thực vật lá nổi và tới thảm thực vật bán ngập thì cuối cùng do khả năng phát triển và sinh trưởng, hình thành thảm thực vật lá nổi phủ kín trên mặt nước. Bao giờ cũng có loại liễu nước (water willow). Trên thảm này, còn có các nhóm rêu nước (sphagnum moss) và các nhóm thực vật khác. Sự tích lũy sinh khối các nhóm thực vật đó theo thời gian thành than bùn, bắt đầu lấp đầy lòng hồ, sau đó các thảm thực vật lá nổi phát triển rộng vào tới vùng giữa hồ. Cuối cùng, sau hàng trăm hoặc hàng nghìn năm, thảm thực vật mới vào đến giữa và phủ hết cả ao, hồ. Đồng thời, cây bụi và các cây thực vật khác đã phát triển rộng lên trên bề mặt hồ. Sự tích lũy sinh khối liên tục tạo thành than bùn và cuối cùng lấp đầy lòng hồ, ao.

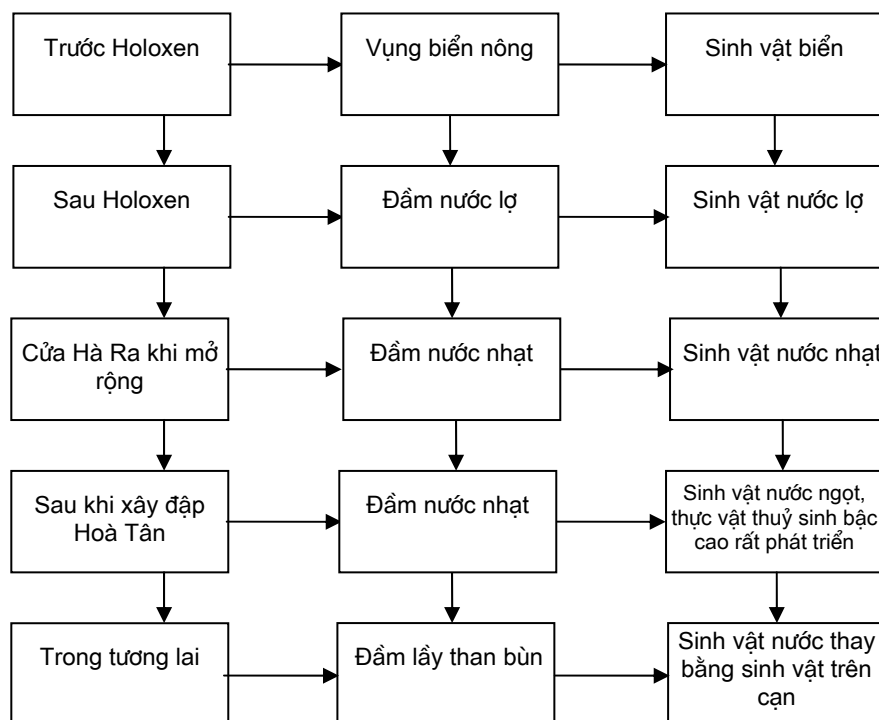


Hình 5.19. Đầm lầy (bog) ở Kalamazoo, Michigan nhìn từ trên cao. Thảm đầm lầy ưu thế là rêu nước (sphagnum) đang phát triển dần vào giữa hồ, phía bên ngoài là thông và các nhóm thực vật rụng lá (ảnh: Clayton D. Alway trong Brewer, 1994)



Hình 5.20. Sự phát triển một đầm lầy (bog) từ một hồ băng được “nung nóng” theo thời gian
(theo Dan Strickland, trong Brewer, 1994)

Một thí dụ về diễn thế của đầm Trà ỏ (Bình Định): theo Đặng Trung Thuận và nnk, (2000), đầm Trà ỏ đã trải qua 2 giai đoạn phát triển là giai đoạn cuối Pleistoxen muộn và giai đoạn từ Holoxen tới nay. Trước Holoxen, đầm Trà ỏ là một vùng biển nông với khu hệ sinh vật biển điển hình. Sau này, trong quá trình tương tác sông - biển và sự dịch chuyển cồn cát, đã làm thay đổi hình thái và vị trí của cửa đầm, đặc biệt, thời gian gần đây, do tác động của con người trong việc cải tạo đầm, đã gia tăng tốc độ diễn thế của đầm Trà ỏ theo hướng trở thành đầm lầy than bùn và tiến tới sẽ thành vùng đất trũng. Hiện nay, nhân dân địa phương đã và đang khai thác than bùn ở phần phía đông của đầm.



Hình 21. Sơ đồ mô tả quá trình diễn thế của đầm Trà ỏ (theo Vũ Trung Tạng, 1999)

2.3. Diễn thế rừng ngập mặn liên quan đến đất

Sự thay đổi một cách nhanh chóng các nhân tố môi trường ở vùng cửa sông, ven biển do hoạt động của thủy triều và lưu lượng sông khiến cho đất bồi nhanh hoặc bị xói lở đã ảnh hưởng trực tiếp đến sự phân bố của các loài lập quần và có sự thay thế loài này bằng loài khác.

Ở các quần xã thực vật nội địa, diễn thế xảy ra hai hướng tiến hóa và thoái hóa trong điều kiện môi trường khác nhau. Còn đối với các quần xã thực vật ngập mặn ven biển thì nhiều khi hai quá trình lại nối tiếp xảy ra trên cùng một nơi. Môi trường bãi triều có các cây tiên phong cố định đất, giữ phù sa và trầm tích lại, đất bùn ngày càng chặt hơn, độ ngập triều giảm, lượng nước ngọt được tăng cường đã tạo điều kiện cho các loài đến sau sinh trưởng thuận lợi hơn, nên số loài phong phú dần lên, sinh khối cũng cao hơn quần xã trước đó. Nhưng đến một mức phát triển nhất định lại nảy sinh sự cạnh tranh về thức ăn, ánh sáng, nên những loài đến trước yếu hơn sẽ bị tiêu diệt dần để cho các loài ưu thế phát triển. Do đó mà ở các giai đoạn ổn định về sau các quần xã sẽ đơn giản hơn về thành phần loài và cấu trúc quần xã.

Trong giai đoạn cuối, khi đất không còn ngập nước triều bùn khô, pyrit bị ô xy hóa thành đất axit sunphat thì diễn thế chuyển sang dạng thoái hóa do môi trường đã thay đổi không phù hợp với cây ngập mặn nữa. Phía sau của diễn thế đó có thể là một vùng thấp trũng ngấm nước mặn với thảm cỏ một vùng đất mặn hoang hóa, một rừng núi đá vôi, rừng nội địa, rừng cây họ dầu (Dipterocarpaceae) tùy theo vị trí địa hình, và bắt đầu chuyển sang một thảm thực vật khác không giống tính chất của rừng ngập mặn. Có thể nêu lên một số kiểu diễn thế chủ yếu.

Diễn thế của các quần xã cây ngập mặn ở mũi Chùa vịnh Tiên Yên (khu vực 1) có 4 giai đoạn (Theo Phan Nguyên Hồng, 2001 trong Chuyên khảo Biển Đông, tập IV)

1. Giai đoạn tiên phong mặn biển: Trên các bãi lầy mới hình thành ở xa biển, đất bùn cát lỏng, ngập triều trung bình thấp có các quả chứa hạt đang nảy mầm của mắm do nước triều chuyển ra. Nhờ các đặc điểm thích nghi với độ ngập sâu, độ mặn cao và cường độ ánh sáng mạnh, phát triển hệ rễ hô hấp, rễ dinh dưỡng, lá có tuyến tiết muối thừa, mô giậu phát triển... nên mắm sinh trưởng nhanh, giữ

được mùn bã và cây con của các loài khác. Một số bãi gần bờ thì sú lại là loài tiên phong.

2. Giai đoạn hỗn hợp: Khi mắm đã phát triển thành quần thể thuần loại thì khả năng giữ mùn bã, phù sa càng nhiều, bãi lầy được nâng lên, thời gian ngập triều rút ngắn, bùn chặt dần và thêm chất dinh dưỡng, tác động của sóng giảm, thuận lợi cho sự tái sinh của nhiều loài cây khác như dăng, trang, vẹt và dần dần chúng vượt tán của mắm. Mắm không cạnh tranh nổi về ánh sáng và thức ăn nên dần dần chết, chỉ một ít cá thể vươn cao thì sống sót.

3. Giai đoạn vẹt dù chiếm ưu thế: Bãi lầy tiếp tục được nâng cao và chỉ ngập triều cao, thành phần đất thay đổi, có thêm nhiều cát, sỏi, đá cuội do nước lũ đổ từ sông ra. Sự sinh trưởng của các loài ngập nhiều như dăng, trang chậm lại, trong lúc đó vẹt dù phát triển mạnh, vượt tán các loài khác, trở thành loài ưu thế. Các loài khác bị đẩy lùi ra mép bãi phía biển.

4. Giai đoạn cuối cùng: phức tạp tùy theo địa hình. Bãi triều tiếp tục nâng lên và chỉ ngập mặn một thời gian ngắn vào con nước cường trong tháng, đất bị thoái hóa (do pyrit bị ôxy hóa) không thích hợp với các loài ngập mặn. Một quần xã cây gỗ cây bụi chịu mặn xâm chiếm đất. Các loài chính là xu, tra, giá, mướp sát, hếp, vạng hôi, v. v...

Nơi đất có nhiều sỏi sạn, sa thạch phong hóa thì ráng phát triển cùng với loài mọc nước khác. Trong quá trình diễn thế, chỗ đất bồi tụ kém, vẫn chịu tác động của nước triều định kỳ hàng ngày thì quá trình diễn thế dừng lại ở giai đoạn quần xã hỗn hợp đưng - vẹt - trang và sú.

Diễn thế của các quần xã cây nước lợ vùng cửa sông Cửu Long (Theo Phan Nguyên Hồng, 2001 trong Chuyên khảo Biển Đông, tập IV): ở vùng đồng bằng sông Cửu Long, diễn thế của rừng ngập mặn liên quan đến sự phát triển của đất phèn đã được nhiều nhà khoa học đề cập đến. Các cửa sông Hàm Luông, cửa Tiểu, cửa Đại do nhận lượng nước ngọt nhiều, mùa mưa nồng độ muối thấp (4-15‰), mùa khô nồng độ muối cũng không cao lắm (15-25‰) thích hợp cho các quần xã nước lợ và một số loài có biên độ muối rộng. Có thể chọn diễn thế điển hình ở cửa sông Hàm Luông (bảng 5.15).

Bảng 5.15. Diễn thế các quần xã cây nước lợ ở cửa sông Hàm Luông

Quần xã	Các quần xã kế tiếp nhau từ cửa sông vào đất liền				
	Bùn chua tiên phong	Bùn chua (ưu thế) mướt trắng (rải rác)	Dừa nước, mái dầm, ô rô gai	Cốc kềm, cỏ mui, sậy	Cây nông nghiệp hoặc cồn cát
Nền đất	Bùn lỏng nhiều cát	Limon + sét, cát bùn nhão nhiều sét	Limon + nhiều sét, ít cát, bùn hơi chặt	Limon + sét nhiều, đất mềm	
Độ ngập triều (m)	1 - 1,5	1,5 - 2,5	2,5 - 3	3 - 3,5	3,5

Nguồn: Phan Nguyên Hồng, 2001 trong chuyên khảo Biển Đông.

Bảng 5.16. Diễn thế của quần xã cây ngập mặn ở mũi Ông Trang (tây nam mũi Cà Mau)

Quần xã	Mướt trắng (tiên phong)	Mướt trắng, đước	Đước, dả vôi	Cốc trắng, dả quánh	Giá	Chà là, rặng
Nền đất	Limon - sét. Bùn lỏng, cát	Limon - sét, ít cát. Bùn nhão	Limon - sét. Bùn hơi chặt	Nhiều sét. Bùn chặt	Limon - sét. Đất. Đất ẩm mềm	Đất thoái hóa. Đất hơi rắn
Độ ngập triều (m)	0,5 - 1	1 - 1,5	1,5 - 1,8	1,8 - 2,2	2,2 - 2,5	> 2,5

Nguồn: Phan Nguyên Hồng, 2001 trong chuyên khảo Biển Đông.

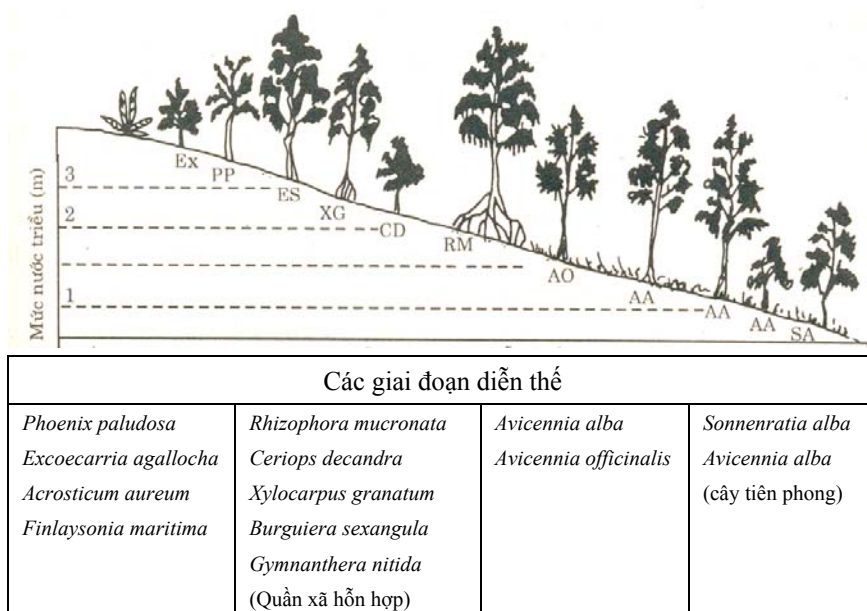
Diễn thế rừng tràm trên đất than bùn U Minh

Tại rừng tràm U Minh, lớp than bùn dưới rừng tràm còn ghi lại khá đầy đủ chuỗi diễn thế thực vật tự nhiên ở đây. Dưới lớp sâu nhất (than đen) thấy mắm, bần, vẹt, đước. Trong lớp than nâu ở trên thấy dừa nước, mốp, tràm (Liên đoàn 6-1979). Có thể mô tả quá trình diễn thế rừng tràm ở đây theo các giai đoạn sau:

1. Từ bùn biển xóm Mũi, cây tiên phong bám biển là mắm. Quần thể này phát triển tạo thành bầy tràm tích lắng đọng.
2. Đất chặt dần và cây đước phát triển chen trong mắm, vươn cao hơn và thay thế mắm. Rừng đước thuần phát triển tốt trong điều kiện đất còn mặn trên vùng đất có nhiều lạch triều như vùng tây nam bán đảo Cà Mau là điều kiện thuận lợi cho sự tích lũy lưu huỳnh trong lớp sét tràm tích. Lưu huỳnh này trong điều kiện khử ô xy dưới dạng sulfit chủ yếu là polysulfit (pyrit). Do quá trình bồi tụ lấn biển (hoặc do một quá trình địa chất nâng lên), đất cao dần và xa biển.
3. Đất bớt mặn dần, các cây dừa nước, mốp phát triển.
4. Khi biển lùi xa dần, thoát khỏi ảnh hưởng nhiều của mặn và lớp sét chứa lưu huỳnh được ô xy hóa hình thành đất vừa phèn vừa mặn rồi đến phèn là điều kiện thuận lợi để cây tràm phát triển. Tràm là loại cây phát triển trên đất phèn bổ sung thêm hữu cơ cho lớp than bùn dưới rừng đước cũ. Lớp than bùn dày có khả năng giữ lại nước ngọt trong mùa mưa qua suốt tới mùa khô làm cho lớp sét chứa lưu huỳnh không bị hóa chua. Nếu lớp than bùn bị mất, đất sẽ hóa chua nhanh, mới đầu tràm và sậy còn phát triển, sau đến cỏ bàng, cỏ mềm và cỏ năng bộp.
5. Khi đất quá chua, chỉ còn lại cỏ năng kim mọc.

Diễn thế rừng ngập mặn - tràm với sự phát triển của đất chỉ là một nhánh trong quá trình tiến hóa của vùng đất ngập nước dưới ảnh hưởng của biển.

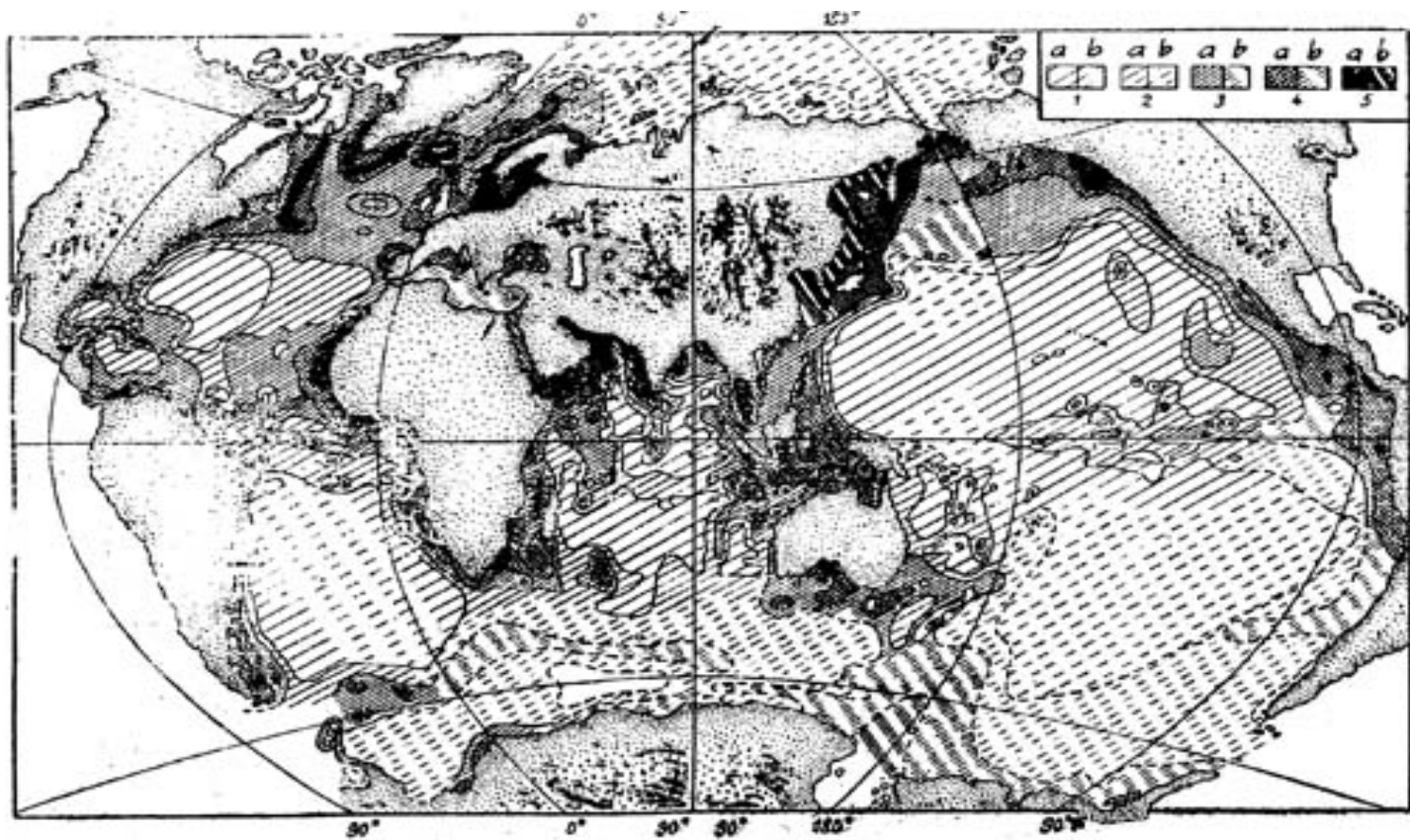
Diễn thế rừng ngập mặn vùng cửa sông Ba Lai - Bến Tre (hình 5.22) (theo Phan Nguyên Hồng, 1993).



Hình 5.22. Sơ đồ diễn thế rừng ngập mặn vùng cửa sông Ba Lai, Bến Tre
(theo Phan Nguyên Hồng và nnk, 1993)

Có thể mô tả diễn thế rừng ngập mặn ở vùng cửa sông Ba Lai - Bến Tre như sau:

1. Đất bùn mặn ven biển, cây tiên phong: bần trắng (*Sonnenratia alba*), mắm trắng (*Avicennia alba*).
2. Đất được tôn cao hơn: mắm lười đồng (*A. officinalis*), đước (*Rhizophora mucronata*), dà quánh (*Ceriops decandra*), xu vôi (*Xylocarpus granatum*), vẹt khang (*Burquiera sexangula*), dây mủ (*Gymnanthera nitida*) phát triển hình thành một quần xã hỗn hợp.
3. Đất càng ngày càng nâng cao và chặt lại, độ mặn giảm thích hợp cho các cây: chà là (*Phoenix paludosa*), giá (*Excoecaria agallocha*), thiên lý biển (*Finlaysonia maritima*).
4. Trong cùng là thảm thực vật nước ngọt đặc trưng cho vùng đất chua phèn.



Hình 6.2. Phân bố của sản lượng sơ cấp ở đại dương trong ngày (dẫn liệu 1968): (a) Theo dẫn liệu trực tiếp; (b) Theo dẫn liệu gián tiếp
 1: < 100; 2: 100-150; 3: 150-250; 4: 250-500; 5: > 500 (gC/m² theo Koblentz-Mishke, 1968)

Hình 6.5. Phân bố khối lượng động vật nổi ở đại dương trong lớp nước 0-100m (mg/m²)(Bogorov, 1967). 1: dưới 25; 2: 25-50; 3: 50-100; 4: 100-200; 5: 200-500; 6: > 500

Chương VI

NĂNG SUẤT SINH HỌC VÀ NGUỒN LỢI SINH VẬT THỦY VỰC

Các thủy vực biển, đại dương và các thủy vực nội địa - chiếm một diện tích lớn trên trái đất. Tổng năng lượng bức xạ mặt trời hàng năm chiếu xuống mặt đất khoảng 2.10^{18} calo, trong số đó khoảng $1,4.10^{18}$ calo vào các thủy vực. Hàng năm, các hệ thống sông lớn còn đổ vào các thủy vực một khối lượng lớn chất dinh dưỡng, vô cơ và hữu cơ. Với nguồn năng lượng, chất dinh dưỡng, diện tích lớn đó, hàng năm các thủy vực sản sinh một khối lượng vô cùng lớn các chất hữu cơ, nhiều gấp 2-3 lần so với trên lục địa. Chỉ riêng thực vật nổi trong đại dương và các thủy vực nước ngọt nội địa cũng đã sản sinh ra 30-260 tỷ chất hữu cơ tính theo trọng lượng khô. Khối lượng lớn chất hữu cơ ấy tồn tại chủ yếu dưới dạng các thủy sinh vật, tạo ra một nguồn lợi sinh vật, có vai trò to lớn trong tự nhiên và đời sống con người.

Tìm hiểu quá trình sản sinh ra chất hữu cơ đó, đánh giá và đề xuất phương hướng và các biện pháp sử dụng hợp lý, phát triển bền vững nguồn lợi sinh vật đó của các thủy vực là nhiệm vụ hết sức quan trọng của thủy sinh học.

I. NĂNG SUẤT SINH HỌC THỦY VỰC

Khi nghiên cứu chu trình vật chất trong các thủy vực, điều quan tâm lớn nhất và cuối cùng là: khối lượng chất sống dưới dạng sinh vật được sinh ra trong thủy vực thông qua chu trình vật chất qua từng thời gian là bao nhiêu? Đó chính là vấn đề năng suất sinh học thủy vực.

Lịch sử nghiên cứu vấn đề năng suất sinh học thủy vực đã bắt đầu từ cuối thế kỉ trước, khi Hensen (1887), trong nghiên cứu định lượng sinh vật biển và mối quan hệ với sản lượng cá biển, đã đề

xuất những ý tưởng đầu tiên về năng suất sinh học thủy vực. Những ý tưởng này được Brandt (1905) phát triển dựa trên những công trình nghiên cứu về thủy hóa học biển liên hệ với sự phát triển của thực vật nổi và động vật nổi. Nhưng phải đến Bojsen - Jensen (1919) mới đưa ra những khái niệm đầu tiên liên quan tới năng suất sinh học vùng biển, dựa trên những nghiên cứu định lượng động vật đáy biển trong 10 năm (1909-1919) của Petersen ở biển Đan Mạch, với các khái niệm về trữ lượng (stock), khối lượng còn lại (reststock) mức độ tiêu thụ (consumption), độ tăng khối đầu (growth increment), khối lượng mới sinh (upgrowth). Từ những khái niệm này, quan niệm về năng suất sinh học thủy vực ngày càng được hoàn thiện, rõ ràng hơn. Sau Bojsen - Jensen, nhiều tác giả còn đưa ra những khái niệm khác nhau liên quan tới năng suất sinh học thủy vực, với những nội dung khác nhau.

Tuy nhiên, dù cho các khái niệm khác nhau đến đâu, thực chất các vẫn chứa đựng một nội dung cơ bản đó là: độ tăng khối lượng chất sống dưới dạng sinh vật trong một khoảng thời gian, một khoảng không gian nào đó của môi trường nước, được tính toán bằng các phương pháp định lượng thủy sinh học. Khả năng tăng khối lượng sinh vật này được gọi là sức sản sinh sinh học (bioproduction). Khối lượng chất sống được sản sinh ra trong thủy vực trong một khoảng thời gian được gọi là sản lượng sinh vật (bioproduct). Sản lượng sinh vật trong một đơn vị diện tích (m^2 , ha) hoặc thể tích (m^3), một đơn vị thời gian (giờ, ngày đêm, tháng, năm) được coi là đơn vị thể hiện năng suất sinh học (bioproductivity) của thủy vực.

Cũng tương tự như khái niệm độ màu mỡ của đất trồng, tạo nên thu hoạch cao hay thấp của cây trồng, khái niệm năng suất sinh học của thủy vực thể hiện mức độ giàu nghèo, khả năng tạo ra các sản phẩm sinh vật cao hay thấp của thủy vực, điều này liên quan tới khả năng tạo ra các sản phẩm sinh vật có giá trị sử dụng của thủy vực - nguồn lợi sinh vật thủy vực.

Vấn đề năng suất sinh học của thủy vực hiện nay được coi như một trong những vấn đề trung tâm của thủy sinh học. Mục đích của việc nghiên cứu năng suất sinh học của thủy vực là để tìm hiểu và trên cơ sở đó, đề ra những biện pháp có hiệu quả nhằm tăng năng suất sinh học của thủy vực, cung cấp cho con người nhiều sản phẩm

có giá trị, nâng cao hiệu quả sử dụng, khai thác nguồn lợi sinh vật các thủy vực.

1. Các đại lượng xác định năng suất sinh học thủy vực

Để nghiên cứu năng suất sinh học thủy vực, cần phải nghiên cứu định tính và định lượng các quần thể thủy sinh vật, các điều kiện của môi trường sống bảo đảm cho sự sinh trưởng và phát triển thuận lợi của thủy sinh vật trong thủy vực, nhịp sinh trưởng và phát triển, biến động số lượng và đặc tính sinh học của thủy sinh vật trong thủy vực. Để xác định cụ thể khả năng sản sinh ra chất sống, tạo nên khối lượng sinh vật mới của thủy vực, về mặt định lượng, thủy sinh học sử dụng một số đại lượng để đánh giá số lượng thủy sinh vật trong thủy vực.

Khối lượng sinh vật hay *sinh vật lượng* (biomass) của thủy vực là lượng sinh vật có trong thủy vực xác định được bằng các phương pháp định lượng ở một thời điểm nhất định nào đó. Khối lượng sinh vật của thủy vực biến đổi qua các thời điểm, phụ thuộc vào biến động số lượng của quần thể thủy sinh vật sống trong thủy vực. Khối lượng sinh vật được tính theo chất tươi, chất khô hay định hình. Trong nghiên cứu, trước hết người ta xác định sinh vật của thủy vực trong một đơn vị thể tích (của tầng nước), hay trên một đơn vị diện tích (của nền đáy) rồi từ đó suy ra khối lượng sinh vật có trong thể tích nước hay diện tích nền đáy của một vùng nào đó của thủy vực, hay toàn thủy vực. Đơn vị thường dùng để tính khối lượng sinh vật là g/l, g/m³, g/m², kg/ha hay tấn/ha.

Sản lượng sinh vật (bioproduct) của thủy vực là lượng chất sống do sinh vật sản sinh ra, thể hiện ở độ tăng khối lượng sinh vật trong một khoảng thời gian nào đó (một ngày đêm, một năm) trong thủy vực. Sản lượng sinh vật của thủy vực biến đổi tùy theo đặc tính thành phần loài của quần xã thủy sinh vật và điều kiện đảm bảo cho quá trình sinh trưởng và phát triển của thủy sinh vật trong thủy vực. Sản lượng sinh vật cũng được tính bằng lượng chất tươi hay chất khô của sinh vật hay có thể tính gián tiếp theo lượng cacbon hấp thụ, lượng ô xy phóng thích ra trong quá trình quang hợp, hay độ calo tương ứng của chất sống sản sinh ra trong một đơn vị thời gian nào đó. Trong trường hợp thứ nhất, đơn vị được dùng là g/m²,

$\text{m}^3/\text{thời gian}$, kg/ha/thời gian . Trong trường hợp thứ hai, đơn vị thường được dùng là gC/m^2 , $\text{m}^3/\text{thời gian}$, gO_2/m^2 , $\text{m}^3/\text{thời gian}$ hoặc Kcal/m^2 , $\text{m}^3/\text{thời gian}$. Đây cũng là đơn vị được dùng cho việc đánh giá năng suất sinh học của thủy vực.

Cần phân biệt khái niệm sản lượng sinh vật ở đây với khái niệm "sản lượng" ta vẫn quen dùng trong khai thác thủy sản với ý nghĩa "sản lượng khai thác (yield capacity)", chỉ số lượng thủy sản ta đánh bắt được trong một thời gian nào đó (mùa, năm). Sản lượng khai thác đồng nghĩa với "sản lượng thu hoạch" và bao giờ cũng nhỏ hơn sản lượng sinh vật của thủy vực, vì trên thực tế, không bao giờ đánh bắt được hết khối lượng sinh vật đã được sản sinh ra trong thủy vực trong khoảng thời gian đó.

Việc phân biệt rõ ràng hai khái niệm khối lượng sinh vật và sản lượng sinh vật của thủy vực rất quan trọng trong nghiên cứu thủy sinh học nói chung cũng như trong nghiên cứu năng suất sinh học nói riêng. Các dẫn liệu về khối lượng sinh vật của thủy vực, xác định ở các thời điểm khác nhau, chỉ cho ta biết được khối lượng sinh vật hiện có ở thời điểm ấy mà không cho ta biết được khối lượng sinh vật đã được sản sinh ra trong khoảng thời gian từ thời điểm này qua thời điểm khác. Khối lượng sinh vật của thủy vực ở một thời điểm nào đó (t_2) chỉ được coi là phần còn lại của tổng khối lượng sinh vật đã có ở thời điểm trước đó (t_1) cộng với khối lượng sinh vật mới được sản sinh ra trong khoảng thời gian (t_1-t_2) trừ đi khối lượng sinh vật đã bị hao hụt đi trong khoảng thời gian (t_1-t_2) do các nguyên nhân khác nhau (chết già, bị ăn mất, bị khai thác, bị tiêu hao trong hoạt động sống...). Một cách tổng quát, quan hệ giữa khối lượng sinh vật (B) và sản lượng sinh vật (P) của một quần thể sinh vật hay của một thủy vực trong khoảng thời gian (t_1-t_2) được xác định bằng công thức cơ bản sau:

$$P_{(t_1-t_2)} = B_{(t_2)} - B_{(t_1)} + P'$$

$P_{(t_1-t_2)}$: sản lượng sinh vật trong khoảng thời gian t_1-t_2

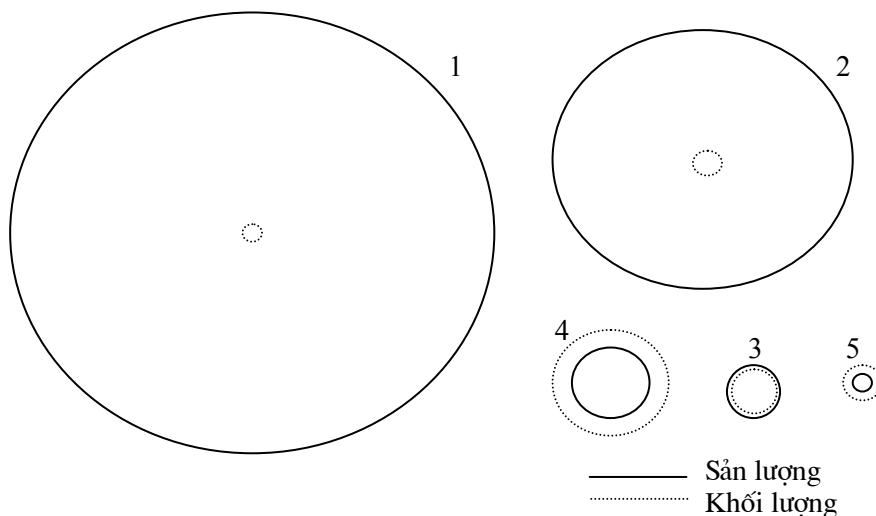
$B_{(t_2)} - B_{(t_1)}$: khối lượng sinh vật thấy có ở thời điểm t_1 và t_2

P' : khối lượng sinh vật đó bị hao hụt đi trong khoảng thời gian t_1-t_2

Dẫn liệu về sản lượng sinh vật cho ta có thể hình dung được khả năng sản sinh ra chất sống dưới dạng sinh vật của một quần thể sinh vật hay một thủy vực, biết được sinh vật thực có, khi chưa bị hao hụt đi trong khoảng thời gian nghiên cứu, do đó giúp ta đánh giá đúng năng suất sinh học của quần thể sinh vật hay thủy vực đó. Trên thực tế, có khi một khối lượng sinh vật nhỏ lại có thể cho những sản lượng sinh vật rất lớn hay ngược lại tùy thuộc vào thành phần loài và đặc tính sinh trưởng và phát triển của nhóm sinh vật nghiên cứu. Có thể lấy ví dụ: khối lượng sinh vật (trung bình năm) của động vật đáy ở các đại dương, ước tính là 10 tỷ tấn, nhưng sản lượng sinh vật hàng năm chỉ là 3 tỷ tấn, trong khi đó, khối lượng sinh vật thực vật nổi chỉ là 1.5 tỷ tấn, nhưng lại có sản lượng sinh vật đạt tới 600 tỷ tấn. Khối lượng sinh vật của động vật nổi chỉ là 22 tỷ tấn, nhưng lại có sản lượng sinh vật đạt tới 55 tỷ tấn (Bogorov, 1971). Do đó có thể thấy rằng: nếu chỉ có các dẫn liệu dù là đầy đủ nhất về khối lượng sinh vật của thủy vực trong từng thời điểm, ta vẫn khó có đủ căn cứ để đánh giá đầy đủ năng suất sinh học của thủy vực, khả năng khai thác sản phẩm, dự trữ thức ăn cho cá nuôi và nhiều vấn đề quan trọng khác, vì rằng, các dẫn liệu về khối lượng sinh vật ở từng thời điểm mới chỉ cho ta biết một phần khối lượng sinh vật thực có của thủy vực trong khoảng thời gian nghiên cứu mà thôi.

Hệ số P/B là khái niệm được dùng để thể hiện mối quan hệ giữa sản lượng và khối lượng sinh vật của một quần thể sinh vật hay thủy vực. Đó là sản lượng sinh vật của một đơn vị khối lượng sinh vật (khối lượng sinh vật trung bình) trong một khoảng thời gian nhất định, thường là một năm. Có thể coi đó là sản lượng sinh vật riêng. Hệ số P/B thường dùng để so sánh năng suất sinh học giữa các nhóm sinh vật khác nhau, giữa các thủy vực khác nhau, vì với hệ số này, người ta có thể so sánh dễ dàng khả năng sinh sản chất sống của các đối tượng đem so sánh, căn cứ vào sản lượng sinh vật của đơn vị khối lượng sinh vật trong cùng một đơn vị thời gian của các nhóm sinh vật hay thủy vực đem so sánh. Hệ số P/B biến đổi phụ thuộc vào một số nhân tố. ở thực vật ở nước, hệ số P/B thường lớn hơn gấp nhiều lần hệ số P/B của động vật ở nước, điều này chứng tỏ khả năng sản sinh chất sống ở thực vật lớn hơn nhiều so với động vật. Theo Moiseev (1969) ở đại dương, hệ số P/B của các nhóm sinh vật khác nhau cũng rất khác nhau, điều này chứng tỏ sản lượng

sinh vật phụ thuộc rất lớn vào đặc tính thành phần loài và đặc điểm sinh trưởng, phát triển của sinh vật. Ở các động vật có kích thước lớn, hệ số P/B thấp hơn ở các động vật có kích thước nhỏ, nghĩa là ở các thủy sinh vật, ở bậc dinh dưỡng càng cao có kích thước lớn, khả năng sản sinh chất sống càng hạn chế, so với các thủy sinh vật ở bậc sinh dưỡng thấp, có kích thước nhỏ (hình 6.1).



Hình 6.1. Quan hệ giữa khối lượng và sản lượng một số nhóm thủy sinh vật ở biển

1. Vi khuẩn; 2. Thực vật nổi; Động vật nổi; 4. Sinh vật đáy; 5. Cá

Các dẫn liệu của Shuskina (1966) khi nghiên cứu hệ số P/B của động vật nổi nước ngọt cho thấy hệ số này (tính theo tháng) giảm dần đi theo các nhóm động vật có kích thước trung bình tăng dần lên.

Nhóm động vật	Protozoa	Rotatoria	Cladocera	Copepoda
P/B	10-30	10-30	2.5-5	1-5

Greze (1971) tổng kết các nghiên cứu về hệ số P/B ở nhiều nhóm động vật biển khác nhau (giáp xác, thân mềm, hàm tơ, có dây sống thấp, cá) cũng thấy hệ số này (tính theo ngày) biến đổi trong khoảng

từ 0.005-0.3. Hệ số này thấp nhất ở các động vật có kích thước lớn và sống dài ngày (thân mềm, cá). Hệ số lớn nhất ở Appendicularia (0.32).

Nhóm động vật	Hệ số P/B
Copepoda	0.06-0.16
Cladocera	0.19
Amphipoda	0.008-0.037
Chaetognatha	0.21-0.31
Mollusca	0.004-0.01
Appendicularia	0.32
Pisces	0.006-0.008

(theo Greze, 1971)

Ngoài các khái niệm trên, để xác định năng suất sinh học của thủy vực, trong thủy sinh học cũng còn dùng một số khái niệm khác, nội dung nhiều khi còn chưa thật rõ ràng và thống nhất giữa các tác giả khác nhau.

Nguồn lợi sinh vật thủy vực là bao gồm tất cả sinh vật có giá trị sử dụng và là đối tượng khai thác của thủy vực.

Sản phẩm sinh vật là từng loại sinh vật cụ thể (thực vật, động vật) thường là các loại có giá trị sử dụng có trong thủy vực. Toàn bộ sản phẩm sinh vật tạo nên nguồn lợi sinh vật của thủy vực.

Sản phẩm khai thác là các đối tượng sinh vật có giá trị khai thác trực tiếp hay gián tiếp, phục vụ cho lợi ích của con người hiện đang được khai thác.

Sản lượng sinh vật được tạo thành trong thủy vực trong từng khoảng thời gian được phân biệt thành hai dạng, căn cứ vào đặc tính chất lượng cũng như quá trình tạo thành. Lượng chất sống dưới dạng thực vật, do thực vật tự dưỡng tạo nên, tổng hợp từ các chất vô cơ nhờ quang hợp, gọi là *sản lượng sinh vật sơ cấp*. Lượng chất sống dưới dạng động vật do động vật dị dưỡng tạo nên, trong quá

trình tạo thành có sử dụng các sản phẩm sơ cấp (thực vật) làm thức ăn gọi là *sản lượng sinh vật thứ cấp*.

Việc phân chia ra sản lượng sinh vật sơ cấp và thứ cấp giúp cho việc nghiên cứu năng suất sinh học của thủy vực được dễ dàng hơn, chính xác hơn, vì do đặc tính của quá trình tạo thành, cũng như vị trí của chúng chu trình vật chất của thủy vực, trong chuỗi thức ăn của thủy vực cũng như trong mọi mối quan hệ sinh thái học khác, mỗi loài cần được nghiên cứu bằng phương pháp riêng, mỗi loài cần được đánh giá khác nhau về vai trò của chúng trong năng suất sinh học của thủy vực và trong việc khai thác nguồn lợi sinh vật thủy vực.

Đứng về mặt khai thác nguồn lợi sinh vật trong thủy vực, người ta còn dùng các khái niệm *sản lượng ban đầu* (sản lượng sơ cấp) là cơ sở của sản lượng khai thác sau này, *sản lượng trung gian* bao gồm các sản phẩm thứ cấp làm thức ăn cho cá và những sản phẩm khai thác khác, tạo nên *sản lượng sau cùng* là đối tượng của việc khai thác nguồn lợi trong thủy vực.

2. Sản lượng sinh vật sơ cấp của thủy vực

Là khâu thứ nhất trong quá trình sản sinh ra vật chất hữu cơ trong thủy vực, bước chuyển hóa của vật chất trong thủy vực từ vô cơ thành vật chất hữu cơ nhờ hiện tượng quang hợp của thực vật ở nước. Đây cũng là giai đoạn thủy vực sử dụng trực tiếp năng lượng ánh sáng mặt trời trong chu trình vật chất trong thủy vực. Thực vật ở nước (thực vật nổi và thực vật lớn) tham gia vào quá trình này có thành phần rất đa dạng, nhưng do cùng có chung một khả năng quang hợp nên chúng cũng có một vị trí chung trong quá trình sản sinh ra vật chất hữu cơ trong thủy vực. Sản lượng sơ cấp của thủy vực là khâu quan trọng, quyết định năng suất sinh học của thủy vực, là cơ sở của quá trình tạo thành chất sống ở các bậc cao hơn sau này. Dựa trên tính toán về quan hệ vật chất và năng lượng giữa sản phẩm sơ cấp và thứ cấp, có thể tính được khối lượng sản phẩm thứ cấp được tạo thành từ một khối lượng sản phẩm sơ cấp nhất định. Vì vậy, nghiên cứu sản lượng sơ cấp có thể có được những ước tính đầu tiên về năng suất sinh học thủy vực. Nghiên cứu các nhân tố

quyết định nó, có thể đề ra được các biện pháp nâng cao năng suất sinh học thủy vực. Mặt khác, bản thân các sản phẩm sơ cấp cũng như là những đối tượng có quan hệ trực tiếp với việc khai thác nguồn lợi thủy vực, vì chúng là có thể là những vật sử dụng được hoặc gây tác hại trong thủy vực. Do đó, nghiên cứu sản lượng sơ cấp có một ý nghĩa quan trọng cả về mặt lý luận và thực tiễn.

Xác định sản lượng sinh vật sơ cấp. Sản lượng sơ cấp được tạo nên là nhờ hoạt động quang hợp của thực vật ở nước. Do đó việc xác định sản lượng sơ cấp của thủy vực cũng dựa trên cơ sở tính toán cường độ quang hợp của thực vật trên từng đơn vị diện tích của mặt nước hay đơn vị thể tích của khối nước ở các tầng nước khác nhau từ bề mặt tới giới hạn của hoạt động quang hợp ở trong nước. Tuy nhiên cần phân biệt hai khái niệm: cường độ quang hợp thể hiện khả năng sản sinh ra chất hữu cơ của thực vật trên một đơn vị khối lượng cơ thể của chúng, còn sản lượng sinh vật sơ cấp thể hiện khả năng sản sinh ra chất sống của một thể tích nước nhờ hoạt động quang hợp của thực vật có trong nước.

Cường độ quang hợp không phải bao giờ cũng tương ứng với sản lượng sinh vật sơ cấp. Cường độ quang hợp có thể mạnh, nhưng sản lượng sinh vật sơ cấp lại thấp, khi trong nước có mật độ thực vật thấp. Ngược lại, nếu lượng thực vật nhiều sản lượng sinh vật sơ cấp có thể cao ngay cả khi cường độ quang hợp yếu. Sản lượng sơ cấp có thể mang hai ý nghĩa ở hai mức độ khác nhau. Sản lượng sơ cấp toàn phần là toàn bộ phần chất hữu cơ được thực vật có trong một khối nước tạo thành, nhờ hoạt động quang hợp, khác với sản lượng sơ cấp thực tế là sản lượng sơ cấp toàn phần trừ đi phần chất hữu cơ đã bị tiêu hao đi trong hoạt động trao đổi chất của thực vật. Đó là lượng chất hữu cơ được tích lũy lại, làm tăng khối lượng ở cơ thể thực vật. Trong nghiên cứu năng suất sinh học, việc xác định sản lượng sơ cấp thực tế là quan trọng, vì đây mới thể hiện độ tăng thực tế của khối lượng thực vật trong thủy vực.

Phương pháp thường dùng để xác định sản lượng sơ cấp của thủy vực hiện nay là phương pháp bình tối bình sáng nhằm xác định lượng ô xy của thực vật có trong một thể tích nước của thủy vực phóng thích ra trong quá trình quang hợp, trong khoảng thời gian nghiên cứu (1 ngày đêm). Ngoài ra, người ta cũng còn dùng các

phương pháp xác định sản lượng sơ cấp căn cứ vào lượng chất diệp lục có trong thực vật, phương pháp tính số lượng C^{14} phóng xạ dưới dạng bicacbonat được thực vật hấp thụ trong thời gian nghiên cứu, từ đó suy ra lượng cacbon đã được thực vật hấp thụ. Phương pháp C^{14} chủ yếu được dùng cho môi trường biển.

Sản lượng sơ cấp thể hiện một phần năng suất sinh học của thủy vực. Ở các hồ giàu dinh dưỡng vùng vĩ độ cao (Liên Xô), sản lượng sơ cấp của thực vật nổi đạt tới $400\text{gO}_2/\text{m}^3$, trong khi ở các hồ nghèo dinh dưỡng chỉ trong $10\text{-}20\text{gO}_2/\text{m}^3$. Ở các hồ nhiệt đới, do nhiệt độ nước thường xuyên cao, không có mùa đông và cường độ chiếu sáng mạnh, sản lượng sơ cấp hàng năm có thể đạt tới $1000\text{-}2000\text{gCacbon}/\text{m}^3$. (V. Sumitra, 1971). Ở sông và hồ chứa nước, do nước kém trong nên sản lượng sơ cấp thường thấp hơn hồ giàu dinh dưỡng. Sản lượng sơ cấp ở ao thường rất cao.

Sản lượng sơ cấp ở đại dương chủ yếu là do hoạt động quang hợp của thực vật nổi. Thực vật lớn ở đáy có sản lượng sơ cấp nhỏ. Nhìn chung, sản lượng sơ cấp ở đại dương thấp hơn ở các thủy vực nội địa, chỉ tương đương với các hồ nghèo dinh dưỡng. Sản lượng sơ cấp ở đại dương cao nhất là ở vùng thềm lục địa biển nhiệt đới và ôn đới rồi đến các vùng vĩ độ cao bắc cực và nam cực. Vùng có dòng nước thẳng đứng từ đáy lên mặt ven xích đạo đứng hàng thứ 4 về sản lượng sơ cấp. Nghèo nhất là các vùng khơi ôn đới và nhiệt đới. (Koblens - Miske, 1961) (hình 6.2).

Tổng sản lượng sơ cấp ở đại dương hàng năm của thực vật nổi tới 600 tỷ tấn, (khối lượng sinh vật 1,5 tỷ tấn) thực vật đáy 0,2 tỷ tấn (khối lượng sinh vật 0,2 tỷ tấn). Đáng chú ý là hệ số P/B của thực vật nổi tới 366, còn thực vật đáy chỉ là 1, điều này chứng tỏ khả năng sản sinh chất sống rất mạnh của thực vật nổi ở đại dương. Hàng năm trong quá trình tạo nên sản lượng sơ cấp, thực vật nổi đại dương sử dụng tới 4 tỷ tấn N; 0,5 tỷ tấn P; 1,2 tỷ tấn Fe đồng thời phóng thích ra 3,6 tỷ tấn khí O_2 .

Bảng 6.2. Dẫn liệu về sản lượng sơ cấp của đại dương

Loại vùng nước	Sản lượng ngày mg C/m ³		Sản lượng năm của các vùng nước đó ở hải dương (10 ⁹ tấn C) C
	Lượng trung bình	Phạm vi dao động	
Vùng nước nghèo dinh dưỡng của phần trung tâm vùng nước tĩnh cận nhiệt đới	70	100	3,79
Các miền chuyển tiếp giữa cận nhiệt đới và cận cực. Ven vùng nước phân ly xích đạo	140	100 - 150	4,22
Vùng nước phân ly xích đạo và vùng khơi cận cực	200	150 - 250	6,31
Vùng ven bờ	340	250 - 500	4,80
Vùng thềm lục địa	1000	500	3,90

Nguồn: Koblentz, Mishke, 1968

Bảng 6.3. Dẫn liệu về sản lượng sơ cấp của sinh vật nổi hồ nội địa vùng ôn đới

Loại hồ	Sản lượng thực vật nổi trên m ³			
	Sản lượng cao nhất trên 1 ngày đêm		Sản lượng năm	
	g O ₂	g C	g O ₂	Nghìn KCal
Hồ rất giàu dinh dưỡng	7,5 – 10 (tới 14)	2 – 3 (tới 4)	200 – 300 (tới 400)	2,5 – 3,5 (tới 5)
Hồ giàu dinh dưỡng	2,5 – 7,5	0,7 – 2,0	70 – 200	1 – 2,5
Hồ dinh dưỡng trung bình hay nghèo dinh dưỡng thứ sinh	1 – 7,5	0,3 – 2	30 – 200	0,3 – 2,5
Hồ nghèo dinh dưỡng và hồ năng suất kém	0,5 – 1,0	0,1 – 0,3	10 – 30	0,1 – 0,3

Nguồn: Vinberg, 1960.

Sản lượng sơ cấp của thủy vực phụ thuộc vào nhiều nhân tố, trong đó quan trọng nhất là hàm lượng muối dinh dưỡng cần cho sinh trưởng, phát triển của thực vật; số lượng, thành phần loài, độ tập trung của thực vật trong tầng nước; chế độ chiếu sáng trong tầng nước. Ngoài ra chế độ thủy học, chế độ nhiệt độ, nồng độ muối và nhiều nhân tố khác cũng có thể ảnh hưởng tới sản lượng sơ cấp của thủy vực.

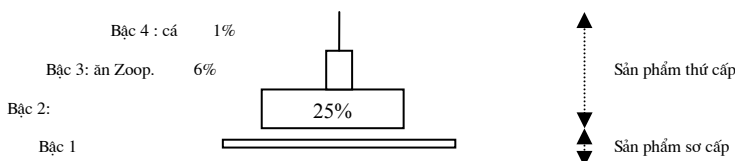
3. Sản lượng sinh vật thứ cấp của thủy vực

Các sản phẩm sơ cấp của thủy vực được tạo thành một phần sẽ bị phân hủy, một phần sẽ được các động vật tiêu thụ nghĩa là chuyển sang tham gia vào quá trình tạo thành các sản phẩm thứ cấp, có thể ở nhiều bậc dinh dưỡng khác nhau trong toàn bộ quá trình sản sinh, tạo nên nhiều khâu khác nhau trong chuỗi thức ăn của thủy vực, từ bậc hai là các động vật trực tiếp ăn thực vật (thực vật được coi như bậc dinh dưỡng thứ nhất), tới các bậc ba, bậc bốn... là các động vật ăn động vật được tạo thành qua các khâu tiếp sau.

Số lượng bậc tùy thuộc vào đặc điểm của cấu trúc quần loại sinh vật của thủy vực, trước hết là vào thành phần loài và quan hệ thức ăn. Mỗi bậc của quá trình tạo thành sản phẩm thứ cấp trong thủy vực lại có một giá trị khác nhau về mặt chuyển hóa vật chất và năng lượng. Bậc càng cao, số lượng vật chất và năng lượng bị tiêu hao đi càng lớn (trong hoạt động sống, trong quá trình phân hủy) và sản lượng thứ cấp ở các bậc tiếp theo sau càng bị giảm đi về số lượng, nhưng mặt khác lại càng được nâng cao về mặt chất lượng. Có thể thấy rõ quy luật này trong quá trình tạo thành sản phẩm thứ cấp từ các sản phẩm sơ cấp ở hồ chứa nước Damatsklanskoie (Liên Xô) (hình 6.3). Nếu lấy khối lượng sản phẩm sơ cấp được tạo thành là 100% thì khi tạo thành sản phẩm thứ cấp bậc 2 (động vật nổi) chỉ còn lại 25%. Ở bậc 3 (động vật ăn động vật nổi) chỉ còn 6% và ở bậc 4 (cá) chỉ còn 1%.

Ở đại dương, theo tính toán của Phedsova (1965) từ khối lượng sản phẩm sơ cấp được tạo thành sẽ có: 10% phân hủy thành mùn hữu cơ, 18% được vô cơ hóa do vi khuẩn và 72% sẽ được động vật sử dụng để tạo thành sản phẩm thứ cấp bậc hai. Khối lượng sản phẩm thứ cấp bậc hai sẽ mất đi 20% cho các hoạt động sống của

động vật và chỉ có 80% được sử dụng trong quá trình tạo thành sản phẩm thứ cấp bậc ba và chỉ 62% khối lượng vật chất này được sử dụng để tạo thành sản phẩm thứ cấp bậc cao hơn.



Hình 6.3. Sơ đồ biểu diễn lượng sản phẩm sinh vật ở các bậc dinh dưỡng khác nhau được hình thành trong một chuỗi thức ăn ở hồ chứa nước Damatsklanskoie (ở Liên Xô).

Do đặc điểm của quá trình tạo thành sản phẩm thứ cấp như vậy nên khi xác định sản lượng thứ cấp của mỗi nhóm động vật trong thủy vực, cần xác định rõ bậc dinh dưỡng của chúng trong chuỗi thức ăn thủy vực. Khi đánh giá năng suất sinh học của thủy vực căn cứ vào sản lượng thứ cấp của một nhóm động vật nào đó, cần lưu ý tới bậc của chúng trong quá trình tạo thành sản phẩm thứ cấp để có thể đánh giá được đúng giá trị thực tế của chúng trong năng suất sinh học thủy vực.

Sản phẩm thứ cấp bao gồm nhiều đối tượng khai thác hoặc là thức ăn của chúng. Vì vậy nghiên cứu sản lượng thứ cấp của thủy vực có một tầm quan trọng lớn về mặt thực tiễn.

Xác định sản lượng sinh vật thứ cấp: Là vấn đề rất phức tạp hiện nay trong nghiên cứu thủy sinh học và năng suất sinh học thủy vực. Do đặc tính sinh thái học và sinh học của động vật rất khác nhau nhất là quá trình sinh trưởng và phát triển, vì vậy không có một phương pháp nghiên cứu chung cho tất cả các nhóm động vật. Có thể nói là cho tới nay phương pháp nghiên cứu sản lượng thứ cấp của thủy vực hãy còn ở trong giai đoạn tìm tòi, theo hướng: tìm những phương pháp nghiên cứu riêng đối với từng nhóm động vật, tùy theo đặc điểm sinh học của chúng. Có thể nêu một số phương pháp nghiên cứu đã được sử dụng.

Phương pháp 1. Xác định sản lượng thứ cấp bằng cách theo dõi biến động số lượng quần thể của loài động vật nghiên cứu trong từng khoảng thời gian và trong năm.

Theo phương pháp này, cần theo dõi và tính toán bằng các kỹ thuật đặc biệt số lượng vật non mới sinh, vật chết đi hay bị ăn, vật ra ngoài thủy vực do biến thái (côn trùng) độ sinh trưởng, số lượng vật trưởng thành trong năm. Từ các dẫn liệu trên sẽ tính được số lượng và khối lượng vật đã được sản sinh ra trong năm, tức là xác định được sản lượng thứ cấp của loài động vật nghiên cứu trong năm, theo phương trình tính toán số lượng cá thể:

$$N_{\max} = N_r + N_m + N_i + N_f$$

và phương trình tính theo khối lượng:

$$P = B_m + B_i + B_f + B_d + (B_2 - B_1)$$

Với:

$N_{\max}$: - Số lượng vật đã sinh trong thời gian nghiên cứu (sản lượng tính theo số lượng cá thể)

N_r - Số lượng vật còn lại ở cuối thời gian nghiên cứu

N_m - Số lượng vật bị chết

N_i - Số lượng vật đã biến thái thành dạng trưởng thành và đi ra ngoài thủy vực.

N_f - Số lượng vật bị ăn.

P - Khối lượng vật đã sinh ra trong thời gian nghiên cứu (sản lượng tính theo khối lượng sinh vật)

B_m - Khối lượng vật bị chết

B_f - Khối lượng vật bị ăn

B_i - Khối lượng vật đã biến thái thành dạng trưởng thành và đi ra ngoài thủy vực.

B_d - Khối lượng vật chất bị tiêu hao trong trao đổi chất.

$(B_2 - B_1)$ - Hiệu số khối lượng sinh vật ở thời gian đầu (t_1) và thời gian cuối (t_2).

Phương pháp này đã được Borutski (1939) sử dụng để nghiên cứu sản lượng thứ cấp của ấu trùng muỗi Chironomus ở hồ (hình 6.4). Phương pháp này tương đối chính xác, đáng tin cậy, nhưng rất công phu và mất nhiều thời gian.

Phương pháp 2. Lập các phương trình tính toán dựa vào đặc tính sinh trưởng và phát triển của nhóm động vật nghiên cứu, trên cơ sở công thức cơ bản.

$$P_{(t_1-t_2)} = B_{(t_2)} - B_{(t_1)} + P' \quad (1)$$

Phương pháp này là tương đối đơn giản trong trường hợp động vật không có biến thái trong chu trình phát triển, nhưng rất phức tạp trong trường hợp động vật có biến thái qua nhiều giai đoạn trong chu trình phát triển.

Ví dụ 1: Động vật không có biến thái

Trong phương trình (1), các đại lượng $B_{(t_2)}$ và $B_{(t_1)}$ đều đã biết, qua thu thập mẫu vật ở thời điểm t_1 và t_2 . Chỉ còn phải tính P' , tức là khối lượng sản phẩm đã bị hao hụt đi do nhiều nguyên nhân trong thời gian $t_1 - t_2$. P' được tính theo phương trình sau:

$$P' = n_1 - n_2 \frac{v_1 + v_2}{2}$$

v_1, v_2 : khối lượng trung bình của một cá thể ở thời điểm t_1 và t_2 . Tính trên vật mẫu thu thập được ở thời điểm t_1 và t_2 .

n_1 và n_2 : Hiệu số số lượng cá thể ở thời điểm t_1 và t_2 . Tính trên vật mẫu thu thập được (số lượng trung bình trên một đơn vị diện tích hay trên toàn thủy vực).

Phương pháp này đã được nhiều tác giả sử dụng để tính P của giun ít tơ (Podubnaia, 1963), trai (Kuznesov, 1948)...

Ví dụ 2: Động vật có biến thái

Đối với động vật phát triển có biến thái qua nhiều giai đoạn ấu trùng khác nhau (như Copepoda) sản lượng thứ cấp của một quần thể là tổng số sản lượng của mỗi giai đoạn phát triển, vì mỗi giai đoạn có

một đặc điểm sinh trưởng khác nhau, một ý nghĩa sinh học khác nhau.

$$P = P_q + P_n + P_k + P_i$$

P_q : sản lượng giai đoạn trứng

P_n : sản lượng giai đoạn nauplius

P_k : sản lượng giai đoạn Copepodit

P_i : sản lượng giai đoạn trưởng thành

P của mỗi giai đoạn phát triển trong khoảng thời gian t tính theo phương trình riêng.

Dùng các phép tính rút gọn, người ta có được phương trình tính sản lượng của Copepoda như sau:

$$P = \left(\frac{q}{D_e} N_i : x.F + \frac{n-q}{D_q} N_q + \frac{K-n}{D_n} N_n + \frac{i-K}{D_k} N_k \right) t$$

q, n, k, i : khối lượng đầu tiên của mỗi giai đoạn phát triển

D_e : thời gian giữa hai lần đẻ trứng

x : tỷ số con cái trên tổng số cá thể

F : số lượng trứng một lần đẻ

$N_q \dots N_k$: số lượng cá thể từng giai đoạn phát triển đều được ở thời gian đầu (t_1)

$(t = t_2 - t_1)$

$D_q \dots D_k$: thời gian phát triển của mỗi giai đoạn ấu trùng (từ giai đoạn trước chuyển sang giai đoạn sau)

Phương pháp này đã được sử dụng để tính P của quần thể Copepoda trong hồ (Petrovitch, Shuskina, Pechen, 1961)

Phương pháp 3. Biết chính xác số lượng cá thể ở từng thời điểm, dựa vào hệ số sinh trưởng đã tính sẵn (bảng các phương pháp thực nghiệm) để tính trực tiếp P .

Ví dụ có một quần thể Cladocera trong $1m^3$ nước, ở thời gian t_1 gồm 100 cá thể (80 con già + 20 con non). Sau một tuần, quần thể này trở thành 160 con (100 con già + 60 con non). Số lượng trung

1. Ấu trùng trong nền đáy; 2. Thiếu trùng trong nền đáy ; 3. Thiếu trùng trước khi biến thái bay lên khỏi mặt hồ ; 4. Muỗi trưởng thành ; 6. Ấu trùng mới nở ; 7. Ấu trùng đang lớn.

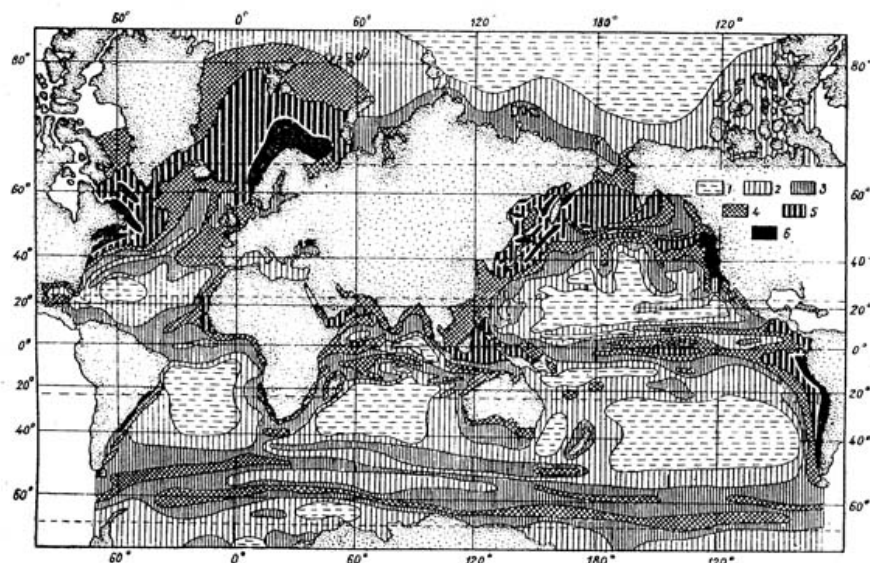
4 hình tam giác đen biểu hiện khối lượng sinh vật bị chết; các hình tam giác trắng: khối lượng sinh vật bị ăn (do các vật dưới nước và trên cạn); các hình vuông đen: khối lượng sinh vật còn lại trong thủy vực ở mỗi giai đoạn phát triển.

Cũng như sản lượng sơ cấp, về sản lượng thứ cấp cũng có thể phân biệt sản lượng thứ cấp toàn phần - là toàn bộ số lượng chất hữu cơ được tạo thành kể cả phần dùng cho hoạt động sống và cả phần dùng cho sinh trưởng và sản lượng thứ cấp thực tế là riêng phần được dùng vào tăng trưởng cơ thể động vật. Trong nghiên cứu năng suất sinh học thủy vực, thường cần tính sản lượng thứ cấp thực tế. Sản lượng thứ cấp ở các thủy vực nội địa thường cao hơn ở đại dương (căn cứ trên các thủy vực vùng ôn đới). Nếu tính theo thể tích nước, sản lượng thứ cấp ở đại dương thấp hơn ở các thủy vực nội địa tới hàng nghìn lần. Trong số các thủy vực nội địa, ở ao có sản lượng thứ cấp cao nhất. Sản lượng thứ cấp hàng năm của động vật nổi ở một số hồ vùng ôn đới (Bielorusi) như sau (tính theo g/m² chất khô).

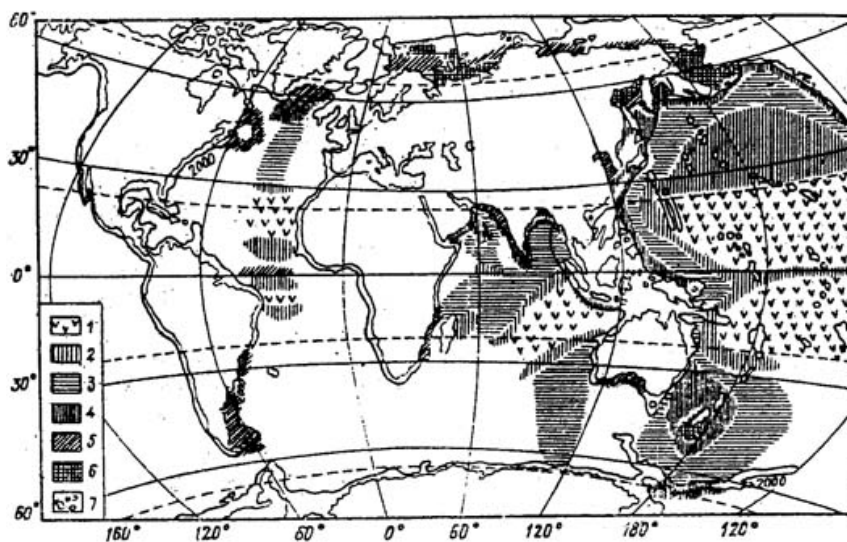
Bảng 6.4. Phân hạng bậc dinh dưỡng theo sản lượng sinh vật

	Hồ dinh dưỡng trung bình	Hồ giàu dinh dưỡng
Khối lượng (B)	5.9	12.0
Sản lượng (P)	53.0	160.9-321.8
Tính theo % sản lượng sơ cấp	1.3	2.2-4.5

Qua bảng trên, có thể nhận thấy: ở các thủy vực có sản lượng sơ cấp lớn (giàu dinh dưỡng) thì mức độ sử dụng sản lượng sơ cấp vào việc tạo thành các bậc dinh dưỡng tiếp sau cũng cao. Khối lượng trung bình động vật nổi ở đại dương ở lớp nước sâu 100m trên mặt trong khoảng vài tới 500mg/m³ hay hơn nữa (hình 6.5). Khối lượng trung bình động vật đáy ở trong khoảng vài mg tới vài kg trên 1m². (hình 6.6).



Hình 6.5. Phân bố khối lượng động vật nổi ở đại dương trong lớp nước 0-100m (mg/m^2)(Bogorov, 1967). 1: dưới 25; 2: 25-50; 3: 50-100; 4: 100-200; 5: 200-500; 6: > 500



Hình 6.6. Phân bố khối lượng sinh vật đáy ở đại dương (g/m^2) (Moixeev, 1969) 1: < 0,05; 2: 0,05-0,1; 3: 0,1-1,0; 4: 1-10; 5: 10-100; 6: 100-1000; 7: > 1000

Bảng 6.5. Tổng khối lượng và sản lượng hàng năm của đại dương toàn cầu tính theo tỷ tấn chất tươi

Các nhóm sinh vật	Khối lượng (B)	Sản lượng (P)
Thực vật nổi	1.5	600
Thực vật đáy	0.2	0.2
Động vật nổi	22.0	55.0
Động vật đáy	10.0	3.0
Động vật tự bơi	1.0	0.2
Vi khuẩn	0.01	100.0
Thực vật tổng cộng	1.7	600.2
Động vật tổng cộng	33.0	58.2

Nguồn: Bogorov, 1971

Quan hệ số lượng giữa các bậc dinh dưỡng trong thủy vực là vấn đề hết sức phức tạp. Do quan hệ thức ăn phức tạp, một số lượng lớn sản phẩm sơ cấp và thứ cấp được tạo thành nhưng không được sử dụng, trong quá trình chuyển hóa vật chất và năng lượng qua các bậc dinh dưỡng từ thấp tới cao trong thủy vực, từ các sản phẩm đầu tiên (thực vật) tới các sản phẩm sau cùng (cá), nên trong thực tế, quan hệ số lượng giữa các bậc dinh dưỡng nhiều khi không biến đổi đều đặn theo những hệ số chung nhất định. Do đó, khi tính toán sản lượng khai thác khả năng của một thủy vực, không thể sử dụng hệ số thức ăn một cách đơn giản, mà cần phải nghiên cứu cụ thể từng bậc dinh dưỡng, từng nhóm sinh vật và khả năng sử dụng chúng trong từng điều kiện cụ thể.

Những nghiên cứu về quan hệ số lượng giữa các bậc dinh dưỡng ở các hồ nhỏ ở Mỹ (Odum, 1959) cho thấy mức độ sử dụng năng lượng của bậc dinh dưỡng trước để tạo thành bậc dinh dưỡng sau khá cao. Động vật nổi và động vật đáy sử dụng từ 8,7 tới 16,0% năng lượng (tính theo calo) lấy từ thực vật (chủ yếu là thực vật nổi), còn các động vật ở bậc tiếp sau (cá nhỏ ăn động vật nổi) sử dụng từ 5,5 tới 22,3% năng lượng trong thức ăn động vật nổi, để tạo thành chất sống. Tuy nhiên, nếu tính theo khối lượng chất sống, thì hệ số

biến đổi không phải là 10 như khi tính theo năng lượng, mà từ thực vật nổi tới cá ăn thực vật nổi khối lượng giảm đi 40 - 100 lần, và đối với cá ăn thịt ở bậc sau cùng thì khối lượng giảm đi tới 10 nghìn lần. Theo những tính toán gần đây, ở các hồ nhỏ vùng ôn đới, năng suất cá hàng năm chỉ tương đương với khoảng 0,5 - 3,0% sản lượng sơ cấp toàn phần của hồ (tính theo calo) đối với cá ăn thực vật nổi, và chỉ 0,1% sản lượng sơ cấp toàn phần của hồ (tính theo calo) đối với cá ăn thịt (Odum. 1959; Vinberg, 1960).

Bảng 6.6. Hiệu suất chuyển hóa năng lượng qua các bậc dinh dưỡng khác nhau ở một số hồ ở Bắc Mỹ

Bậc dinh dưỡng	Tính theo % năng lượng thức ăn đã sử dụng (calo)	Tính theo % sản lượng sơ cấp	
		Tính theo calo	Tính theo khối lượng
Thực vật (bậc 1)	0,1 - 1,2	100	100
Động vật ăn thực vật bậc 2	8,7 - 16,0	8,7 - 16,0	4,3 - 8,0
Động vật ăn thịt cỡ lớn bậc 3	5,5 - 22,3	0,5 - 3,0	0,1 - 0,8
Động vật ăn thịt cỡ lớn (bậc 4)	6,0 - 13,0	0,06 - 0,1	0,01 - 0,02

Nguồn: Odum, 1959.

Đối với sinh vật đại dương, các tính toán của Petersen trước đây cho rằng quá trình chuyển hóa năng lượng từ bậc dinh dưỡng này, qua bậc dinh dưỡng khác làm hao hụt 90% vật chất, theo các hệ số: 0,1 (bậc 2), 0,01 (bậc 3) 0,001 (bậc 4)... Nếu tính theo khối lượng thì hệ số biến đổi không phải là 0,1 mà phải là 0,056, nghĩa là từ bậc dinh dưỡng này qua bậc dinh dưỡng khác, khối lượng vật chất còn lại không phải 10% mà phải là 05.6%.

Tuy nhiên, do tính chất phức tạp của mối quan hệ thức ăn trong đại dương, hệ số biến đổi trong thực tế không như tính toán trong lý thuyết.

Bảng 6.7. Quan hệ dinh dưỡng (tính theo khối lượng) của sản lượng động vật ở các bậc dinh dưỡng khác nhau ở đại dương

Vùng biển	Thực vật nổi	Động vật nổi + Động vật đáy	Động vật nổi + Động vật đáy
	Động vật nổi + động vật đáy	Cá (Sản lượng sinh vật)	Cá (Sản lượng khai thác)
Vùng thềm lục địa nước nông	10 - 15	50 - 100	100 - 300

Nguồn: Moiseev 1969.

Những nghiên cứu về sản lượng sinh vật thứ cấp ở biển (Adốp, Hắc Hải, Bantic, Bắc Hải) trong những năm gần đây (Moiseev, 1971) cho thấy: sản lượng cá trích theo trọng lượng (bậc dinh dưỡng cao) thấp hơn sản lượng các động vật không xương sống (bậc dinh dưỡng thấp) tới 50 - 100 lần chứ không phải là 7 - 10 lần như tính toán theo hệ số thức ăn. Nếu là các loại cá thịt ở các bậc dinh dưỡng 4 - 5 - 6 thì sản lượng còn thấp hơn hàng nghìn lần so với các loài ăn thực vật và so với các loài sinh vật nổi. Sở dĩ như vậy, vì trong tự nhiên, một khối lượng lớn động vật ở bậc dinh dưỡng thấp đã bị sử dụng vô ích. Có tới 90% lượng thức ăn động vật ở Hắc Hải bị các vật không có giá trị khai thác ăn mất (Thorson, 1956). Ở Hắc Hải, phần lớn động vật nổi (13,5 trong số 17,7 triệu tấn) là bọ ăn thịt (Sagitta, Pleurobranchia), không được cá sử dụng, ngược lại còn ăn mất 13,4 triệu tấn động vật nổi mỗi năm (Mironov, 1968). Ở vùng thềm lục địa, chỉ có 30% khối lượng động vật đáy là được sử dụng. Số còn lại là các khâu cuối cùng của chuỗi thức ăn trong đại dương, không thể sử dụng được nữa (hà, hải quỳ, sao biển...).

Theo Moiseev (1969) đối với vùng biển hẹp và tương đối nông ở vùng vĩ độ trung bình, có thể xác lập quan hệ định lượng sau đây giữa các bậc dinh dưỡng khác nhau.

4. Các nhân tố quyết định năng suất sinh học thủy vực

Năng suất sinh học của thủy vực có liên quan và trước hết được quyết định bởi đặc điểm của chu trình vật chất trong thủy vực. Năng

suất sinh học chỉ có thể cao, nghĩa là thủy vực có sản sinh ra được nhiều sản phẩm sơ cấp hoặc thứ cấp hay không là tùy thuộc ở điều kiện thủy vực có bảo đảm được sự cân bằng của ba quá trình tạo thành, phân huỷ và tích tụ vật chất trong thủy vực hay không và trước hết là quá trình tạo thành. Ba quá trình này có liên quan chặt chẽ với nhau và ảnh hưởng lẫn nhau, vì vậy, một khâu nào yếu sẽ ảnh hưởng tới cân bằng vật chất và năng lượng thủy vực, và do đó ảnh hưởng tới năng suất sinh học của thủy vực.

Mặc khác, thủy vực vừa là yếu tố cảnh quan (như nền đất và tầng không khí) nhưng đồng thời cũng là môi trường sống của thủy sinh vật. Do đó, xét các nhân tố quyết định năng suất sinh học của thủy vực, trước hết phải xét tới nhân tố bảo đảm tới mức cao nhất sự phát triển thuận lợi của đời sống sinh vật trong thủy vực, đặc biệt đối với các sinh vật có tầm quan trọng trong khai thác phục vụ đời sống con người. Các nhân tố này rất nhiều và có tác dụng tới đời sống sinh vật như một phức hệ nhân tố, chứ không riêng lẻ, tuy rằng trong đó có các nhân tố chủ yếu và thứ yếu. Để cho dễ nghiên cứu có thể nêu lên ba loại nhân tố có ảnh hưởng quyết định tới năng suất sinh học của thủy vực.

4.1. Đặc điểm điều kiện tự nhiên thủy vực

Đây là điều kiện bảo đảm cho các quá trình chuyển hóa vật chất trong thủy vực tiến hành được thuận lợi. Địa hình của thủy vực có một ý nghĩa quan trọng. Ở các thủy vực quá sâu (hồ sâu. Vùng khơi hải dương), khối lượng chất dinh dưỡng tích tụ ở đáy không vận chuyển lên mặt được, vì vậy không tham gia vào quá trình tạo vật chất ở tầng quang hợp được, làm các thủy vực này mang tính chất nghèo dinh dưỡng. Vùng đáy ở đại dương có nước chảy xiết, cuốn trôi chất lắng đọng, sinh vật nghèo nàn. Ở thượng lưu sông, địa hình dốc nhiều, tốc độ nước chảy mạnh ảnh hưởng xấu đến quá trình tích tụ và phân huỷ, do đó cũng ảnh hưởng đến quá trình tạo chất hữu cơ: sinh vật nổi nghèo nàn, sinh vật đáy đơn điệu và không ổn định. Theo Gurianova (1972), phần lớn vật chất hữu cơ hình thành trong vùng Vịnh Bắc Bộ, bị các dòng nước từ trong vịnh cuốn về phía Nam, không tích tụ lại được ở trong vịnh. Do đó, chu trình vật chất trong vịnh không được khép kín, ảnh hưởng xấu đến năng suất sinh học của vịnh. Thủy vực có nền đáy bằng, ô xy phân bố đều, thường

giàu dinh dưỡng. Thủy vực có đáy sâu, lồi lõm, ô xy phân bố không đều và hay có khí độc, nên sinh vật khó phát triển. Thủy vực quá nông, nhiệt độ nước thường không ổn định, dễ tăng cao, ô xy giảm thấp, cũng không thuận lợi cho đời sống sinh vật.

Chế độ ô xy trong thủy vực cũng là nhân tố quan trọng có liên quan đến hoạt động sống của sinh vật, tới quá trình phân huỷ chất hữu cơ trong thủy vực. Hàm lượng ô xy thường bị giảm thấp ở tầng đáy khi thủy vực tích tụ nhiều chất hữu cơ lắng đọng ở đáy, làm hạn chế sự phát triển của sinh vật ở đáy và cả hoạt động kiếm mồi của sinh vật ở tầng đáy. Chế độ nhiệt độ ngoài ảnh hưởng đối với các quá trình sinh học trong đời sống cá thể, còn ảnh hưởng tới chế độ chu chuyển trong thủy vực, tạo nên dòng nước thẳng đứng đưa chất dinh dưỡng, tích tụ dưới sâu lên tầng mặt, gián tiếp ảnh hưởng tới năng suất sinh học của thủy vực.

Theo Vedenski (1960), các vùng nở rộ của thực vật ở vịnh Bắc Bộ trùng với vùng xáo trộn nước tầng mặt và đáy ở phía Bắc vịnh và các vùng có dòng chảy thẳng đứng ở phía Nam vịnh. Chế độ ánh sáng trong thủy vực có tầm quan trọng quyết định đối với sản lượng sơ cấp của thủy vực. Tầng quang hợp càng dày, do ánh sáng vào được càng sâu, thủy vực càng giàu dinh dưỡng.

4.2. Cơ sở dinh dưỡng của thủy vực

Hiểu theo nghĩa rộng, cơ sở chất dinh dưỡng bao gồm cả khối muối dinh dưỡng thức ăn của thực vật tự dưỡng, điều kiện để tạo nên các sản phẩm sơ cấp và cả khối lượng thức ăn cho động vật, điều kiện để tạo nên các sản phẩm thứ cấp. Cơ sở chất dinh dưỡng của thủy vực dựa vào hai nguồn: nội tại và ngoại lai.

Khối lượng muối dinh dưỡng trong thủy vực (trước hết là các muối tạo sinh (N, Si, P) phụ thuộc vào quá trình tích tụ và phân huỷ chất hữu cơ trong thủy vực và vào nguồn muối dinh dưỡng từ ngoài thủy vực đổ vào. Đối với vùng biển ven bờ, nguồn muối dinh dưỡng quan trọng là các dòng nước từ lục địa chảy ra. Đối với các thủy vực nội địa ở vùng đồng bằng, một nguồn quan trọng là nước thải sinh hoạt ở các vùng đông dân cư. Đối với các thủy vực vùng núi, nguồn quan trọng là các chất mùn bã thực vật ở rừng, núi xung quanh đổ vào. Tuy nhiên khối lượng chất hữu cơ tích tụ trong thủy vực chỉ có tác dụng tích cực đối với năng suất sinh học thủy vực,

khi không làm ảnh hưởng đến chế độ khí hoà tan trong thuỷ vực, không gây độc cho thuỷ sinh vật do các sản phẩm phân huỷ. Khối lượng quá lớn chất hữu cơ tích tụ trong thuỷ vực khi phân huỷ sẽ có tác dụng tiêu cực đối với năng suất sinh học của thuỷ vực, làm cho thuỷ vực mất dinh dưỡng. Quá trình phân huỷ chất hữu cơ trong thuỷ vực lại phụ thuộc vào nhiều thành phần và điều kiện hoạt động của vi sinh vật, trước hết là các vi khuẩn nitơ, lưu huỳnh, sắt, vào chế độ khí và nhiệt độ trong thuỷ vực.

Cơ sở thức ăn của động vật bao gồm rất nhiều thành phần: thức ăn động vật (nổi và đáy), vi khuẩn, thực vật, chất vụn, chất hữu cơ hoà tan, các thành phần thức ăn này có tác dụng nhiều hay ít đối với sản lượng thứ cấp của thuỷ vực còn tùy thuộc giá trị sử dụng của chúng. Thực vật nổi chỉ được sử dụng tốt khi trong thành phần có nhiều tảo giáp, tảo lục, tảo khuê có kích thước vừa phải, dễ ăn, không tiết chất độc. Ngoài ra còn có mật độ vừa phải, không quá dày đặc làm cản trở hoạt động của bộ máy lọc ở nhiều động vật ăn bằng cách lọc. Thực vật tươi và ở dạng rửa nát là thành phần thức ăn tốt nhất của nhiều động vật đáy. Sự phát triển của thực vật lớn phụ thuộc vào địa hình của thuỷ vực. Vi khuẩn cũng là thành phần thức ăn quan trọng của nhiều nhóm thuỷ sinh vật: luân trùng, động vật nguyên sinh, giáp xác nhỏ, trai, giun... Sự phát triển của vi khuẩn trong thuỷ vực phụ thuộc vào nhiều nhân tố vô sinh và hữu sinh, trước hết là vào hiệu thế ô xy hóa khử trong nước, vào hàm lượng chất hữu cơ hòa tan và vào chế độ nhiệt độ. Các nghiên cứu gần đây cũng xác nhận giá trị thức ăn của chất vụn (detritus) đối với nhiều động vật ở tầng nước và ở đáy (bọ ăn lắng như san hô, trai) từ các loài giáp xác nhỏ tới cá. Các động vật là thức ăn bao gồm nhiều nhóm: ấu trùng, côn trùng, giun, giáp xác nhỏ, trai, ốc nhỏ. Chúng là thành phần thức ăn có khối lượng lớn do kích thước lớn, có sản lượng lớn. Giá trị thức ăn của động vật không những phụ thuộc vào số lượng và chất lượng của chúng mà còn phụ thuộc vào đặc tính sinh học và sinh thái học của chúng, quyết định đặc tính sử dụng của chúng. Ấu trùng Chironomidae chỉ được cá sử dụng nhiều trong thời gian hóa nhộng, rời khỏi đáy bùn lên tầng nước. Các động vật có kích thước lớn, có vỏ cứng, vỏ gai, bám chặt vào đá, chui sâu vào bùn và khe đá, lặn trốn nhanh đều khó bị sử dụng, do đó giá trị thức ăn cũng giảm đi, tuy số lượng có khi rất nhiều. Giá trị thức ăn của động vật cũng còn phụ thuộc vào các chuỗi thức ăn hình

thành trong thủy vực, điều này phụ thuộc vào thành phần loài của khu hệ thủy sinh vật trong thủy vực.

4.3. Đặc điểm thành phần loài và quan hệ quần loại trong thủy vực

Thủy vực có đặc điểm lý hóa học và địa hình thuận lợi, có cơ sở chất dinh dưỡng phong phú, nhưng muốn có năng suất sinh học cao còn cần có thành phần loài và quan hệ quần loại thích hợp. Ý nghĩa của thành phần loài đối với năng suất sinh học của thủy vực là ở chỗ: trong thành phần loài gồm nhiều loại có giá trị khai thác cao hay không, có tận dụng được hết khả năng về thức ăn của thủy vực hay không, có sản lượng sinh vật cao hay không. Mặt khác, trong thành phần loài phải hạn chế tới mức tối đa các loại gây hại cho các thủy sinh vật khai thác (các loài ký sinh, các cá dữ v.v...). Trong quan hệ quần loại, quan hệ thức ăn trong thủy vực là quan trọng nhất. Thủy vực có năng suất sinh học cao phải có những chuỗi thức ăn có lợi nhất về mặt chuyển hóa vật chất thường là những chuỗi thức ăn ngắn, phải khai thác được hết các khả năng thức ăn tự nhiên, không để một khâu thức ăn nào bị bỏ phí.

4.4. Các biện pháp khai thác và các tác nhân ảnh hưởng tới đặc tính của thủy vực

Việc khai thác bừa bãi, quá mức một loại đối tượng khai thác nào đó sẽ dẫn tới tình trạng làm giảm sút trữ lượng của chúng; nhiều khi đi đến chỗ bị tiêu diệt hẳn trên một vùng lãnh thổ. Tình trạng giảm sút nghiêm trọng có nguy cơ bị tiêu diệt của cá voi xanh ở vùng cực do khai thác quá mức là một ví dụ. Tập quán vớt cá bột trên sông nhất định có ảnh hưởng tới trữ lượng cá nước ngọt các sông. Trong các nguyên nhân nhân tác, hiện tượng ô nhiễm thủy vực do nước thải công nghiệp có ảnh hưởng nghiêm trọng đối với năng suất sinh học của các thủy vực trên thế giới, trước hết là các sông và cả ở các vùng biển. Việc xây dựng các công trình thủy nông, một mặt mang lợi cho nông nghiệp, nhưng do làm thay đổi chế độ thủy học của mạng lưới thủy văn trong cả một vùng lãnh thổ, nên có khi cũng gây những ảnh hưởng xấu tới năng suất sinh học của các thủy vực, đặc biệt đối với các loài cá di cư đẻ đẻ, các thủy sản nước mặn di nhập vào nước ngọt nội địa, ngăn trở đường cá đi đẻ, thu hẹp diện tích khai thác.

5. Các biện pháp nhằm nâng cao năng suất sinh học thủy vực

Việc nâng cao năng suất sinh học của thủy vực phải dựa trên sự hiểu biết về chu trình vật chất trong thủy vực, đặc tính các quá trình sinh học diễn biến trong thủy vực, đặc tính sinh học, sinh thái học của khu hệ thủy sinh vật sống trong đó. Trên cơ sở đó, phát huy những yếu tố tích cực, hạn chế những yếu tố tiêu cực, nhằm biến năng suất sinh học khả năng thành hiện thực. Do đó, những phương hướng và biện pháp đề ra cho từng loại thủy vực rất khác nhau, tùy thuộc vào đặc tính của mỗi loại thủy vực. Nghiên cứu nâng cao năng suất sinh học của một thủy vực thường tiến hành ở hai mức độ. Trước hết, cần có những biện pháp nhằm tận dụng khai thác khả năng tự nhiên của thủy vực và bảo vệ sản lượng tự nhiên đó. Những biện pháp này chủ yếu dựa trên việc nghiên cứu điều tra cơ bản đặc tính của thủy vực và khu hệ thủy sinh vật. Ở mức độ cao hơn, cần tiến hành nghiên cứu nhằm cải tạo điều kiện tự nhiên của thủy vực bao gồm cả thủy sinh vật, nhằm nâng cao hơn một bước và tiếp tục nâng cao không ngừng năng suất sinh học của thủy vực. Để giải quyết yêu cầu này, các dẫn liệu nghiên cứu điều tra cơ bản không đủ nữa, mà cần tiến hành những nghiên cứu thực nghiệm để tìm ra những biện pháp có hiệu quả nhất.

Trong việc nâng cao năng suất sinh học của thủy vực, có thể nêu lên hai loại biện pháp: các biện pháp nhằm nâng cao sản lượng sơ cấp và các biện pháp nâng cao sản lượng thứ cấp. Trên thực tế, hai loại biện pháp này không hoàn toàn tách biệt nhau, ví dụ các biện pháp nhằm nâng cao sản lượng sơ cấp, cũng sẽ ảnh hưởng tới sản lượng thứ cấp hay ngược lại. Mục đích cuối cùng của các biện pháp này cũng đều nhằm tăng cường các đối tượng có giá trị khai thác, tạo mọi điều kiện thuận lợi để các đối tượng này phát triển tốt nhất. Có thể nêu những biện pháp chủ yếu, đã được sử dụng phổ biến và có hiệu quả trong việc nâng cao năng suất sinh học thủy vực. Các biện pháp này đều có tác dụng làm thay đổi theo chiều hướng có lợi các nhân tố quyết định năng suất sinh học thủy vực đã phân tích ở phần trên.

5.1. *Cải tạo địa hình và chế độ thủy lý hóa học của thủy vực*

Nhằm tạo điều kiện sống tốt cho sinh vật và tạo điều kiện để phát huy tốt các nhân tố tích cực sẵn có hoặc sẽ có của thủy vực. Các

biện pháp này thường chỉ được sử dụng đối với các thủy vực nội địa nhỏ, còn đối với biển và hải dương rất khó sử dụng. Cải tạo điều kiện tự nhiên của thủy vực trước hết nhằm tạo cho thủy vực (hồ, ao) có một độ sâu thích hợp, một nền đáy phẳng, một chế độ ô xy ánh sáng, nhiệt độ pH thuận lợi cho đời sống sinh vật. Các biện pháp thường được sử dụng là:

1. Nạo vét bùn đáy để tăng độ sâu và tăng hàm lượng ô xy ở tầng đáy, đồng thời tăng độ sâu của khối nước cũng có tác dụng điều hoà nhiệt độ nước.
2. San nền đáy để có nền đáy phẳng, thuận lợi cho sự phát triển sinh vật đáy, việc kiếm thức ăn ở đáy của động vật, thuận lợi cho việc khai thác thủy sản ở đáy.
3. Dùng vôi để trung hòa đất và nước, giảm độ chua của thủy vực.
4. Tạo ra những bãi thực vật lớn ở ven bờ để vừa tăng khối lượng thức ăn vừa tạo điều kiện cho cá đẻ.
5. Xáo trộn nước trong thủy vực hay tạo nên chu chuyển nước nhân tạo thường xuyên trong thủy vực để đưa khối lượng chất dinh dưỡng từ đáy lên tầng mặt.

Việc cải tạo điều kiện tự nhiên của thủy vực thường đặt ra với những thủy vực lâu đời, địa hình và đặc điểm thủy lý hóa học đã biến đổi xa với tình trạng ban đầu theo hướng xấu đi, hoặc với các thủy vực nhân tạo mới hình thành, chưa có kế hoạch tạo nên địa hình tốt trong thời gian xây dựng lúc đầu (hồ chứa nước nhân tạo).

5.2. Tăng cường cơ sở thức ăn trong thủy vực

Đây là những biện pháp cơ bản nhất, có hiệu quả rõ rệt nhất trong việc nâng cao năng suất sinh học thủy vực. Để tăng cường các thành phần thức ăn trong thủy vực, trong thủy sinh vật học và khai thác thủy sản có rất nhiều biện pháp.

a. Bón phân cho thủy vực. Biện pháp này được sử dụng phổ biến ở các ao nuôi cá ở các hồ nhỏ, ít khi dùng cho hồ lớn và đang trong thời kỳ nghiên cứu để áp dụng cho các vùng biển ven bờ. Tác dụng trực tiếp của việc bón phân là tăng cường hàm lượng muối dinh dưỡng, tăng cường số lượng vi khuẩn và chất hữu cơ hòa tan của nước trong thủy vực. Nhờ đó, thực vật nổi sẽ phát triển mạnh, cơ sở

để động vật nổi phát triển. Chất phân hủy của thực vật sẽ là nguồn thức ăn phong phú cho động vật đáy phát triển. Phân bón cũng đồng thời là thức ăn trực tiếp cho nhiều thủy sinh vật khác.

Phân bón có thể là phân vô cơ (đạm, lân) hay phân hữu cơ (phân chuồng, phân xanh). Thường hay dùng công thức hỗn hợp phân hữu cơ trộn lẫn phân vô cơ. Thời gian gần đây còn đặt vấn đề bón vi khuẩn (*Azotobacter*) và nguyên tố vi lượng cho thủy vực. Thủy vực được bón phân hợp lý sẽ có thực vật nổi, động vật nổi (luân trùng, giáp xác nhỏ), vi khuẩn tăng cao rõ rệt, do đó cũng làm năng suất sinh học chung được nâng cao. Nhưng khi bón phân quá mức, có thể gây nên những tác dụng tiêu cực: hàm lượng ô xy giảm, thực vật nổi phát triển quá mức, nhất là tảo lam, làm nhiễm bẩn thủy vực.

b. Thuần hóa sinh vật làm thức ăn vào thủy vực.

Thuần hóa là đưa những sinh vật từ ngoài thủy vực vào gây nuôi trong thủy vực, biến chúng trở thành các sinh vật phát triển bình thường trong thủy vực. Mục đích của việc thuần hóa là đưa một hoặc một số loại sinh vật vào thủy vực để tận dụng những thành phần thức ăn còn chưa được sử dụng hết (ví dụ: chất mùn đáy, chất vẩn v.v...) và để sử dụng loại sinh vật được thuần hóa đó, nếu chúng phát triển tốt, như một thành phần thức ăn mới trong thủy vực. Việc thuần hóa các sinh vật làm thức ăn cho cá vào các thủy vực chỉ mới tiến hành trên thế giới từ vài chục năm nay. Muốn thực hiện, cần phải giải quyết nhiều vấn đề về lý luận cũng như kỹ thuật: nghiên cứu xem trong thủy vực muốn thuần hóa có thành phần thức ăn nào còn chưa được sử dụng hay không. Nói một cách khác, xem trong thủy vực có còn “nơi trống” hay không, nghiên cứu xem đối tượng định thuần hóa có thích hợp với thủy vực hay không về các tiêu chuẩn: phân bố địa lý, sinh thái học, sinh học, giá trị kinh tế, nghiên cứu kỹ thuật vận chuyển vật giống thuần hóa, nơi thả và các biện pháp xử lý trước khi thả, để vật thuần hóa có thể thích ứng với môi trường mới. Thuần hóa sinh vật làm thức ăn cho cá đã được tiến hành với động vật (giáp xác, giun, thân mềm) với thực vật (tảo), với các thủy vực nội địa và cả với các vùng biển. Liên Xô cũ là nước có nhiều thành tích trong lĩnh vực này. Trong khoảng 20 năm trở lại đây, ở Liên Xô đã tiến hành thuần hóa thành công 49 loài động vật không xương sống làm thức ăn cho cá vào 51

hồ chứa nước lớn nhỏ, 19 loài đã trở thành nguồn thức ăn phong phú của cá. Ngoài ra, còn có những thành công về thuần hóa sinh vật làm thức ăn vào các thủy vực nước mặn. Một công trình nổi tiếng là việc thuần hóa giun nhiều tơ *Nereis diversicolor* và loài thân mềm *Syndesma* từ biển Adốp vào biển Catpiên, tiến hành từ 1939 - 1940 dưới sự chỉ đạo của Viện sĩ L.A.Zenkevitch. Người ta đã thả 61 ngàn con giun *Nereis* và 60 ngàn con trai *Syndesma* thuần hóa vào biển Catpiên. Tới 1948, khối lượng giun *Nereis* ở biển Catpiên đã tới 2 triệu tạ và phân bố rộng trên 30 nghìn km². Trai *Syndesma* tới 1960 cũng đã chiếm tới 27% khối lượng sinh vật đáy ở vùng Bắc biển Catpiên. Các loài môi thuần hóa này trở thành thức ăn quan trọng cho cá tầm là nguồn lợi thủy sản quan trọng của vùng biển Catpiên và sông Vonga.

Biện pháp thuần hóa đặc biệt có ý nghĩa đối với các thủy vực như hồ chứa nước nhân tạo. Đây là những thủy vực lớn, mới hình thành, khu hệ thủy sinh vật chưa ổn định, cơ sở thức ăn còn đang cần phải tăng cường. Đặc điểm của hồ chứa nước nhân tạo là giàu về thành phần mùn bã thực vật chết vụn, nhưng nghèo về thức ăn động vật, nhất là động vật đáy. Vì vậy có thể nghiên cứu dùng biện pháp thuần hóa để tăng cường cơ sở thức ăn cũng như đối tượng khai thác có giá trị cho các thủy vực loài này.

c. Gây nuôi nhân tạo thức ăn sinh vật.

Biện pháp này thường được dùng ở những cơ sở ương nuôi cá giống, để bảo đảm nhu cầu thức ăn động vật cho cá con. Đối tượng gây nuôi phổ biến là ấu trùng *Chironomus*, giun ít tơ *Enchytraeus* và giáp xác nhỏ *Daphnia*, *Moina*, trùng bánh xe. Vật được nuôi trong các bể nuôi hay ngăn nuôi, cho ăn bằng thức ăn thích hợp (bột, khoai, cỏ, men, phân hữu cơ, phân xanh)... Qua từng thời gian có thể thu hoạch và đem cho cá ăn.

d. Cải tạo thành phần loài.

Mục đích của biện pháp này là để tăng cường các đối tượng có giá trị kinh tế cao, có sản lượng cao trong thủy vực và loại trừ các loài gây hại hoặc không có lợi. Biện pháp này cũng nhằm cải tạo quan hệ thức ăn trong thủy vực để sử dụng hợp lý cơ sở thức ăn tự nhiên trong thủy vực. Để tăng cường thành phần loài tốt, biện pháp

thường dùng là thuần hóa các đối tượng tốt từ các vùng khác trong nước hoặc ngoài nước vào thủy vực cải tạo. Trên thế giới, biện pháp này đã được sử dụng nhiều và có hiệu quả. Các đối tượng thuần hóa bao gồm rất nhiều thành phần: cá, tôm, cua, hàu, trai và cả động vật có vú. Phạm vi thuần hóa cũng rất rộng, có khi từ lục địa này qua lục địa khác, từ vùng biển này qua vùng biển khác. Cá chép đã được thuần hóa từ Trung Quốc sang Hy Lạp và Ý bởi người La Mã từ thế kỷ XV - XVI đã được nuôi rộng ở khắp vùng Trung Âu. Hàu đã được đưa từ Hà Lan sang Mỹ, từ Nhật sang Bắc Mỹ và sang Úc. Cá rô phi đã được đưa từ vùng Châu Phi sang vùng Đông Dương và hiện nay đã được nuôi cả ở Nam Trung Quốc. Cá mè hoa, cá trắm cỏ đã được đưa từ Trung Quốc, các rô hu, Mrigan, Cát la từ Ấn Độ sang nước ta và trở thành các loài cá nuôi quan trọng ở vùng này. Việc đưa các đối tượng khai thác mới vào thủy vực cần phải dựa trên việc nghiên cứu đầy đủ cơ sở thức ăn của thủy vực, đặc tính sinh học của đối tượng thuần hóa và giá trị kinh tế của chúng và nhất là ảnh hưởng của chúng đối với sự phát triển của các loài bản địa.

Trong số các loài gây hại, quan trọng nhất là các động vật ăn hại cá con (côn trùng ở nước, giáp xác nhỏ) các loài giun sán, giáp xác, động vật nguyên sinh ký sinh, các loài ăn thịt như chim, động vật có vú, rùa, sao biển v.v... Một đối tượng quan trọng nữa cần tiêu diệt trong thủy vực là các loài cỏ dại và cá dại. Cả hai đối tượng này khi có số lượng lớn; thường sử dụng mất một khối lượng rất lớn thức ăn trong thủy vực, cạnh tranh với các đối tượng khai thác. Biện pháp thường dùng để tiêu diệt các đối tượng gây hại là dùng bẫy, dùng chất diệt cỏ hay dùng cách săn bắt trực tiếp.

5.3. Khai thác hợp lý và bảo vệ nguồn lợi sinh vật thủy vực

Muốn bảo đảm cho năng suất sinh học của thủy vực không bị giảm sút và tạo điều kiện để nâng cao thêm, cần tiến hành những biện pháp khai thác hợp lý và bảo vệ nguồn lợi sinh vật thủy vực theo đúng những quy định được ban hành. Những quy định về kích thước khai thác, mùa vụ khai thác, kỹ thuật khai thác cần được nghiêm chỉnh thực hiện. Cần có những biện pháp bảo vệ các thủy vực khỏi ô nhiễm bởi nước thải công nghiệp, ảnh hưởng xấu tới khu hệ thủy sinh vật. Khi tiến hành xây dựng

các công trình thủy nông, cần kết hợp chặt chẽ với việc khai thác các nguồn lợi sinh vật thủy vực.

II. DẪN LIỆU VỀ NĂNG SUẤT SINH HỌC THỦY VỰC

1. Dẫn liệu về năng suất sinh học sơ cấp

Những công trình nghiên cứu về năng suất sinh học sơ cấp đã được bắt đầu từ đầu thế kỷ này và được đẩy mạnh từ những năm 50 của thế kỷ XX sau khi phương pháp đồng vị phóng xạ C^{14} ra đời.

1.1. Năng suất sinh học sơ cấp trong các ao

Năng suất sinh học sơ cấp trong các ao được nghiên cứu từ cuối những năm 30 của thế kỷ XX bằng phương pháp bình sáng - tối. Những năm gần đây, một số tác giả sử dụng phương pháp đồng vị phóng xạ C^{14} và clorophin để xác định năng suất sơ cấp trong các ao. Kết quả thu được chỉ ra rằng sinh khối thực vật, năng suất sinh học sơ cấp và hô hấp của sinh vật trong các ao rất cao, nhất là các ao nuôi cá có bón phân.

Vinberg nghiên cứu năng suất sinh học sơ cấp trong các ao nuôi cá vùng ngoại ô Matxcova có diện tích mặt nước 0,1ha, sâu trung bình 0,5m, năng suất cá nuôi đạt trung bình 2 tạ/ha, nhận thấy: giá trị năng suất sinh học sơ cấp dao động lớn theo các ao (từ 0,39 tới 1,32g $O_2/m^2/ngày$, và trung bình đạt 0,87g $O_2/m^2/ngày$ (hoặc 1,58mg $O_2/l/ngày$). Lượng tiêu hao O_2 (hô hấp) trong ao đạt 0,45g $O_2/m^2/ngày$ (dao động trong khoảng 0,23 - 0,59g $O_2/m^2/ngày$). Tỷ số năng suất sinh học sơ cấp (P_1) và lượng tiêu hao O_2 (Q): $P_1/Q = 1/9$.

Khi nghiên cứu tại các ao vùng Matxcova với diện tích 350 - 533m², độ sâu 0,6-0,8m cũng đi đến kết luận: năng suất sinh học sơ cấp trong các ao dao động rất lớn, từ 0,62 tới 2,22g $O_2/m^2/ngày$. Giá trị P_1 trung bình đạt 1,1g $O_2/m^2/ngày$ (hoặc 1,57mg $O_2/l/ngày$).

Các nghiên cứu của Baranov (1948), Vinberg, Vineska (1956) ở vùng Leningrat, Beloruxia, lưu vực sông Vonga cũng chỉ ra rằng: giá trị năng suất sinh học sơ cấp trong các ao dao động trong

khoảng 0,30-8,92 O₂/l/ ngày, và giá trị hô hấp 0,36-6,65mg O₂/l/ ngày. Nếu tính P₁ và Q trên 1m², thì giá trị P₁ dao động từ 0,71 tới 4g O₂/m²/ ngày, và giá trị Q từ 0,45 tới 2,6g O₂/m²/ ngày.

Vineska (Vinberg, 1960), nghiên cứu ở một đầm nuôi cá vùng lưu vực sông Vônga (có diện tích 120ha, độ sâu 0,74m, thực vật đáy ở đó phát triển mạnh, và đầm luôn nhận được mùn, xác hữu cơ từ ngoài đưa vào) đã thu được giá trị năng suất sinh học sơ cấp là 1,49, và giá trị hô hấp là 2,60g O₂/m²/ ngày. Tỷ số P₁/Q = 0,57. Tỷ số P₁/Q < 1, chứng tỏ sự phân huỷ chất hữu cơ trong đầm lớn hơn quang hợp của thực vật nổi; đồng thời cũng nói lên vai trò của thực vật đáy trong quá trình tạo ra chất hữu cơ trong đầm.

Theo Sroenivasan (1978), năng suất sinh học sơ cấp trong các ao ở Ấn Độ có giá trị cao hơn ở Liên Xô. Các ao lớn có diện tích 0,25-6,0 ha phân bố rải rác trong các vùng đông dân cư, là nơi nhân dân Ấn Độ dùng hằng ngày, có giá trị P₁ trong khoảng 9,1-24,0g O₂/m²/ngày. Các ao này có P₁ cao vì giàu muối dinh dưỡng, nhiệt độ nước cao (23,5-34,2°C), O₂ tự do đạt rất cao, mức bão hoà O₂ tới 300% trong những ngày nắng, và biên độ thay đổi hàm lượng O₂ rất lớn, tới 24,0mg/l. Nguồn nước thải dân dụng cung cấp cho ao không thường xuyên, nhưng hàm lượng cacbon hữu cơ cao (80mg/l) và nitơ cũng cao (7,6mgN/l). Cá nuôi (*Chanos*) ở đây sinh trưởng tốt, đạt năng suất 3,5t/ha, nhưng cá thường nổi đầu vì thiếu ô xy.

Trong các ao nhỏ và các ruộng dẫn nước có nguồn nước thải bổ sung thường xuyên, mức bão hoà O₂ đạt tới 360% và giá trị P₁ lớn nhất vào khoảng 8,9-42,3g O₂/m²/ ngày. Cũng ở trong các ao trên, tảo *Microcystis aeruginosa* phát triển mạnh và chiếm ưu thế. Năng suất cá đạt 10 t/ha/ năm.

Các ao có nước thải nhiệt độ 25 - 36°C, pH = 7,3-9,3, tiêu hao O₂ 0,8-11,4; nitrat - 1,8-6,0; NH₃ - 5,04-11,2; đạm tổng số (Kjeldhal) - 30,8-53,2mg/l, tảo *Scenedesmus*, *Microcystis*, *Oscillatoria* phát triển mạnh, giá trị P₁ đạt rất cao 30,6-43,3g O₂/m²/ngày. Trong các ao có nước thải này, người ta thường nuôi các loài cá ăn thực vật, đạt năng suất 6-12t/ha.

I. Ito tiến hành nghiên cứu năng suất sinh học sơ cấp trong các ao nuôi cá vàng của Nhật Bản. Các ao này có diện tích khoảng 200m², độ sâu 30-40cm, và năng suất cá nuôi đạt 364kg/ha. Về mùa hè,

nước ao thường bị nở rộ do sự phát triển mạnh của tảo lam và tảo lục, sinh khối thực vật nổi đạt 10mg/l. Năng suất sinh học sơ cấp xác định vào tháng VIII đạt trung bình 100mg O₂/l/ ngày hoặc 30-40 O₂/m²/ngày).

Những nghiên cứu đầu tiên về năng suất sinh học sơ cấp trong các ao nuôi cá gắn liền với việc nghiên cứu ảnh hưởng của phân bón tới năng suất cá nuôi. Có thể xem năng suất sinh học sơ cấp là chỉ số thể hiện ảnh hưởng của phân bón tới sự phát triển thực vật nổi, và qua đó ảnh hưởng tới tốc độ sinh trưởng của cá nuôi. Baslavska (Vinberg, 1960) nghiên cứu năng suất sinh học sơ cấp trong các ao vùng Vongagrat (Liên Xô) thấy rằng nhờ bón phân vào ao mà thực vật nổi luôn phát triển ở mức độ cao.

Baslavska bón phân cho ao có diện tích gần 4ha, độ sâu lớn nhất là 5m. Nước ao thường đục, độ trong của nước dao động trong khoảng 43 - 67cm ở đầu ao, và 37-55cm ở cuối ao. Giá trị P₁ ở lớp nước tầng mặt (cách mặt nước 25-30cm) đạt 3,33mg O₂/l/ ngày; giá trị hô hấp 1,06mgO₂/l/ ngày, và tỷ số P₁/Q = 3,1.

Để nghiên cứu ảnh hưởng của phân bón tới sự phát triển của thực vật nổi trong ao, Vinberg tiến hành thí nghiệm trong hai ao: một ao có bón phân và một ao đối chứng không bón phân. Kết quả thí nghiệm được trình bày ở bảng 6.8.

Bảng 6.8 chỉ rõ ao có bón phân không những có năng suất sinh học sơ cấp cao mà tỷ số P₁/Q cũng cao, nguồn năng lượng dự trữ trong ao nhiều, bảo đảm cho cá sinh trưởng nhanh.

Bảng 6.8. Năng suất sinh học sơ cấp trong ao bón phân và không bón phân, g O₂/m²/ngày

Giá trị	Ao có bón phân	Ao không bón phân
Quang hợp, P ₁	1.80	0.85
Hô hấp, Q	0.88	0.67
Tỷ số: P ₁ /Q	2.04	1.27

Nguồn: Vinberg, 1960.

Độ trong của nước trong ao thường thấp, giá trị năng suất sinh học sơ cấp thay đổi rất lớn theo độ sâu. Ở tầng nước mặt cường độ

quang hợp lớn nhất, ở độ sâu 50-100cm cường độ quang hợp đã yếu đi nhiều, dưới 1.5m hầu như không còn quá trình quang hợp. Vì vậy khi đổi giá trị năng suất sinh học sơ cấp từ đơn vị thể tích sang đơn vị diện tích chúng ta cần chú ý điều này.

1.2. Năng suất sinh học sơ cấp trong các hồ

Năng suất sinh học sơ cấp trong các hồ được nghiên cứu kỹ hơn so với các thủy vực nước ngọt khác. Năng suất sinh học sơ cấp trong các hồ phụ thuộc vào hoạt động quang hợp thực vật nổi và thực vật đáy. Trong các hồ giàu dinh dưỡng, độ trong của nước nhỏ, thực vật đáy ít phát triển, năng suất sinh học chủ yếu là do hoạt động quang hợp của thực vật nổi. Ở các hồ lớn (kể cả hồ chứa nước) năng suất sinh học vùng xa bờ cũng do thực vật nổi quyết định. Trong các hồ nhỏ, nghèo dinh dưỡng, và vùng ven bờ của hồ lớn, thực vật đáy thường phát triển mạnh, lượng chất hữu cơ do thực vật lớn tạo thành ở đây cũng có ý nghĩa nhất định.

Vinberg, Serbakov, Lipin, Xoroklin, Dakharenkov, v.v..., nghiên cứu năng suất sinh học sơ cấp trong các hồ ở Liên Xô đã nhận thấy giá trị P_1 thay đổi rất lớn tùy theo mức độ dinh dưỡng của từng loại hồ.

Ở các hồ giàu dinh dưỡng ở vùng thuộc vĩ độ cao giá trị năng suất sinh học P_1 của thực vật đạt tới $400\text{g O}_2/\text{m}^2/\text{năm}$, trong khi ở các hồ nghèo dinh dưỡng và các hồ năng suất sinh học sơ cấp P_1 kém chỉ vào khoảng $10\text{-}30\text{g O}_2/\text{m}^2/\text{năm}$.

Các công trình nghiên cứu về năng suất sinh học sơ cấp ở Thụy Điển, Anh, Mỹ, Đức đều thu được giá trị P_1 phù hợp với những giá trị P_1 trong giới hạn của bảng 7.

Ở Nhật Bản, năng suất sinh học sơ cấp trong các hồ cũng được chú ý nghiên cứu: như hồ Biva, một hồ lớn nhất (diện tích 690km^2 , chỗ sâu nhất 104m và đã đo được giá trị P_1 là $750\text{kcalo}/\text{m}^2/\text{năm}$ (Miura). Hồ Lunoko, một hồ giàu dinh dưỡng, có diện tích không lớn (diện tích $0,353\text{km}^2$, độ sâu trung bình 7,5m), gần Tokyo và là một dạng hồ nước chảy đã được nghiên cứu trong những năm 1968 - 1969. Năng suất sinh học sơ cấp của hồ này được xác định theo phương pháp đồng vị phóng xạ C^{14} . Giá trị P_1 thô là $372\text{mgC}/\text{m}^2/\text{ngày}$. Giá trị hô hấp của thực vật nổi chiếm trung bình 15% năng suất thô và vào khoảng 11,5% cường độ hô hấp của quần xã sinh

vật nổi nói chung. Hàm lượng clorophin trong thực vật nổi cũng thấp - 4,5 - 33,8mg/m³. Giá trị về năng suất thực vật nổi ở hồ Lunoko thấp so với giá trị về năng suất của một hồ giàu dinh dưỡng vùng ôn đới, nên năng suất cá nuôi ở đây cũng thấp. Trong hồ Lunoko nuôi 3 loài cá: *Oncorhynchus nerka*, *Salmo gradineri* và *Salvelinus fontinalis*. Năng suất cá bình quân trong các năm 1967 - 1971 là 181 kg/ha.

Hồ Suva (diện tích 14,45km², sâu trung bình 4,45m, sâu nhất 6,5m) là hồ rất giàu dinh dưỡng ở Nhật Bản. Nước hồ thường bị nở rộ do tảo *Microcystis* phát triển mạnh. Năng suất sinh học sơ cấp được xác định theo phương pháp bình sáng - tối và phương pháp đồng vị phóng xạ C¹⁴. Năng suất thực vật nổi đạt rất cao 4330kcalo/m² trong những năm 1969-1970 và 1971-1972. Theo các tác giả Nhật Bản thì hồ Suva đang được “hóa giàu”.

Hồ Kozuma cũng là hồ rất giàu dinh dưỡng, nhưng khác với hồ Suva, hồ Kozuma là hồ nước lợ (S‰ = 0,1 - 3‰), thường xuyên nhận nước thải sinh hoạt và nước thải công nghiệp, hồ có diện tích tương đối lớn 8,2km² (nếu kể cả các ao xung quanh hồ thì diện tích hồ vào khoảng 10,7km²), độ sâu nhỏ (trung bình 1,6m, sâu nhất 9m), nước trong hồ luôn trao đổi với bên ngoài (thời gian trao đổi nước hoàn toàn là 17 ngày tính theo lý thuyết). Hồ mới được đắp năm 1956. Hiện nay hồ đang được “trẻ hóa”. Trong thực vật nổi tảo lam chiếm tới 93 - 95% số lượng tế bào. Trùng bánh xe là ưu thế trong thành phần động vật nổi. Năng suất sinh học sơ cấp được xác định theo phương pháp bình sáng - tối. Giá trị P₁ trung bình trong hai năm nghiên cứu (1969-1971) là 4360 kcalo/m²/ năm.

Ở Ấn Độ, một số dẫn liệu về năng suất sinh học sơ cấp trong các hồ chứa nước cho thấy giá trị P₁ dao động trong khoảng 1,1-6,0g O₂/m²/ ngày. Trong các hồ nhỏ có diện tích ngập nước thay đổi theo mùa với chế độ nhiệt độ trong khoảng 23,4-34,2°C, và oxi trên tầng nước mặt dao động ở biên độ rộng vào khoảng 3,8-11,8 O₂/m²/ ngày thì giá trị năng suất thực vật nổi thường thấp: 1,12-4,5g O₂/m²/ngày, năng suất cá cũng thấp (khoảng 100kg/ha/năm). Ở một số hồ chứa nước lớn vùng Bhavanisaga chế độ nhiệt độ thay đổi: tầng mặt 24,2-31,6 °C; tầng đáy 23,0-30,0 °C; nhiệt độ tầng nước mặt và tầng nước đáy chênh nhau khoảng 3,6 °C, không có sự phân tầng nhiệt độ theo mùa; pH trên tầng nước mặt 8,7-6,98. Các hồ này

có giá trị P_1 trung bình là $6,0\text{g O}_2/\text{m}^2/\text{ngày}$, và năng suất cá đạt 200kg/ha/năm .

Ở Việt Nam, những dẫn liệu đầu tiên về năng suất sinh học sơ cấp được nghiên cứu ở Hồ Tây (Hà Nội) năm 1976. Thí nghiệm tiến hành hàng tháng theo phương pháp bình sáng - tối.

Bình thí nghiệm được đặt ở các tầng nước mặt 50 - 60cm và 150-160cm. Giá trị P_1 dao động trong khoảng 0,83-4,62 ở tầng mặt, 0,07-1,19 ở tầng giữa và 0,06-1,13mg C/l/ngày ở tầng sát đáy. Nếu tính trên 1m^2 thì giá trị P_1 đạt 3319-4369 kcal/ $\text{m}^2/\text{năm}$. Tỷ số $\frac{P_1 \text{ thực}}{P_1 \text{ thô}}$ ở tầng mặt thay đổi từ 0,47 tới 0,80 theo các tháng, và trung bình là 0,75. So với các hồ vùng ôn đới thì Hồ Tây thuộc hồ rất giàu dinh dưỡng. Năng suất cá nuôi ở đây cũng cao, đạt 1t/ha/năm (năng suất khai thác). Tuy nhiên do Hồ Tây nông, có nguồn nước thải bổ sung nên lượng tiêu hao O_2 (tổng lượng hô hấp) cao hơn các hồ vùng ôn đới. Lượng tiêu hao O_2 chiếm 25-50% năng suất sinh học bậc nhất thô tại lớp nước tầng mặt. Theo Sumitra (Đặng Ngọc Thanh, 1974) ở các hồ nhiệt đới, do nhiệt độ nước thường xuyên cao, không có mùa đông và cường độ chiếu sáng mạnh, năng suất sinh học sơ cấp có thể đạt tới $1000\text{-}2000\text{gC}/\text{m}^2 \text{ năm}$.

Gần đây một số công trình nghiên cứu về năng suất sinh học tập trung vào việc giải quyết vấn đề cơ sở khoa học của các biện pháp kỹ thuật “làm giàu” các hồ, và đưa năng suất cá nuôi ở các hồ nghèo dinh dưỡng lên cao hơn. Năng suất sinh học sơ cấp được coi là một chỉ tiêu quan trọng trong hướng nghiên cứu mới, nhiều triển vọng và nhiều ý nghĩa thực tiễn.

1.3. Năng suất sinh học sơ cấp ở biển và đại dương

Năng suất sinh học sơ cấp ở biển và đại dương chủ yếu do hoạt động quang hợp của thực vật nổi, thực vật đáy có năng suất nhỏ, vì chúng chỉ phát triển ở vùng ven bờ. Năng suất của thực vật nổi được xác định theo các phương pháp khác nhau; phương pháp bình sáng - tối, phương pháp đồng vị phóng xạ C^{14} , phương pháp clorophin. Dẫn liệu về năng suất sinh học sơ cấp ở biển và đại dương rất phong phú và có đủ cơ sở để xây dựng bản đồ phân bố năng suất sinh học sơ cấp ở đại dương trong một ngày.

Năm 1973, Sorokin đã tổng kết các dẫn liệu về năng suất sinh học sơ cấp trong các biển nội địa Liên Xô. Theo tác giả này, trong các vịnh giàu dinh dưỡng vùng ôn đới thuộc biển Kaxpia và biển Trắng, năng suất thực vật nổi đạt tới $200-800 \text{ gC/m}^2/\text{năm}$, tương đương với các hồ nước ngọt giàu dinh dưỡng. Hàm lượng clorophin trong nước của các vịnh này là $20-80 \text{ mg/m}^3$, cường độ quang hợp $1-7 \text{ g C/m}^2/\text{ngày}$, và số đồng hóa là 4 mgC/kg clorophin. Vùng nước ven bờ thuộc các biển nội địa cận nhiệt đới có cường độ quang hợp trong lớp nước tầng mặt là $10-100 \text{ mg C/m}^2/\text{ngày}$, hoặc $0,5-4 \text{ g C/m}^2/\text{năm}$. Từ đó suy ra năng suất sinh học là $200-500 \text{ g C/m}^2/\text{năm}$, số đồng hóa đạt gần 6 mgC/mg clorophin/h, và hệ số P/B là 1,7. Ở vùng khơi thuộc biển ôn đới năng suất thực vật nổi đạt gần $100 \text{ g C/m}^2/\text{năm}$ hoặc $1-2 \text{ gC/m}^2/\text{ngày}$. Về mùa xuân thực vật nổi đạt năng suất cao nhất (54% năng suất năm). Ở vùng khơi các biển cận nhiệt đới (biển Đen, Địa Trung Hải, biển Carip, biển Aravi) năng suất sinh học sơ cấp rất thấp $40-50 \text{ gC/m}^2/\text{năm}$. Năng suất chỉ đạt $0,05-0,15 \text{ g C/m}^2/\text{ngày}$. Vùng khơi biển Azov (một biển nông của Liên Xô) năng suất thực vật nổi đạt rất cao, ngang với hồ giàu dinh dưỡng $0,8-2 \text{ gC/m}^2/\text{ngày}$.

Các công trình nghiên cứu năng suất sinh học sơ cấp ở đại dương tập trung vào các dẫn liệu theo các vùng địa lý và các vùng năng suất. Đại dương có thể chia thành 3 vùng địa lý: i/ vùng cực và cận cực; ii/ vùng ôn đới; iii/ vùng nhiệt đới. Giá trị năng suất thực vật ở các vùng này có khác nhau.

Nước ở vùng cực và cận cực thường có nhiệt độ thấp, cường độ chiếu sáng về mùa đông rất yếu, điều đó hạn chế mức độ sinh sản của thực vật sống ở đây. Song, ở những nơi không có băng phủ, nước được xáo trộn mạnh, muối dinh dưỡng luôn được bổ sung, năng suất sinh học sơ cấp tương đối lớn. Tại vùng thềm lục địa Bắc cực và Nam cực, quanh các đảo Nam Orenhei, các đảo Nam Georgia và Nam Sandwich cường độ quang hợp ở lớp nước tầng mặt là $60 \text{ mgC/m}^3/\text{ngày}$. Trong vịnh Dreika thuộc bờ biển Achentina giá trị P_1 đạt tới $70 \text{ mgC/m}^3/\text{ngày}$. Ở vùng khơi cường độ quang hợp thấp hơn $5-10 \text{ mg C/m}^3/\text{ngày}$.

Ở Nam cực, tầng quang hợp không sâu, khoảng 20-30m, do ánh sáng yếu và do thực vật nổi phát triển mạnh làm giảm độ trong của nước, nên năng suất sinh học sơ cấp ở vùng Nam cực không cao:

0,3-0,7gC/m²/ngày, hoặc 50-180gC/m²/năm. Sinh khối thực vật nổi ở đây cao, đạt tới 1000g/m². Hàm lượng clorophin trong lớp nước tầng mặt bằng 2-3mg/m³. Những nghiên cứu gần đây (Koblentz-Mishke, 1977) cho thấy giá trị P₁ ở vùng Nam cực thấp hơn. Theo các dẫn liệu mới, giá trị P₁ là 5-10mgC/m³/ ngày thuộc lớp nước tầng mặt trong các vùng nước ven bờ và vùng nước phân kỳ Nam cực. Gần phía Bắc và phía Nam vùng này giá trị P₁ là từ 2 tới 5mgC/m³/ ngày.

Ở Bắc cực, trên mặt nước luôn luôn có lớp băng dày bao phủ, năng suất thực vật nổi rất thấp ngay cả trong mùa hè (0,1-1mgC/m³/ ngày). Ở đây, tảo khuê có vai trò quan trọng trong việc tạo thành chất hữu cơ.

Năng suất sinh học sơ cấp vùng ôn đới đại dương thường cao hơn vùng cực. Năng suất của thực vật nổi vùng ôn đới Thái Bình Dương trung bình đạt 150-3001gC/m³/năm, và 0,3-2gC/m²/ ngày, hàm lượng clorophin 20-50mg/m². Số đồng hóa ở vùng này dao động trong một giới hạn lớn 0,5-8mgC/mg clorophin/h phụ thuộc vào điều kiện chiếu sáng.

Dẫn liệu về năng suất sinh học sơ cấp vùng ôn đới đại dương còn thể hiện tính chu kỳ năm. Ở vùng cực và cận cực, thực vật nổi phát triển nhất vào mùa xuân. Ở vùng ôn đới, giá trị năng suất thực vật nổi và nồng độ clorophin có 2 đỉnh cao vào thời gian từ giữa mùa đông - xuân và vào mùa thu, khi cường độ chiếu sáng tăng lên và lớp nước tầng mặt được bổ sung thêm muối dinh dưỡng. Về mùa hè, hàm lượng mỗi dinh dưỡng ở lớp nước tầng mặt bị giảm sút, thực vật nổi phát triển ít và tập trung ở lớp nước tầng dưới.

Ở vùng nước nhiệt đới đại dương, năng suất sinh học sơ cấp giảm dần từ bờ ra khơi. Vùng thềm lục địa có giá trị P₁ cao hơn vùng khơi tới 10-15 lần. Năng suất thực vật nổi ở đây là 20-100mgC/m³/ ngày, và số đồng hóa là 3-7mg C/mg clorophin/h. Ở vùng cửa sông, hàm lượng muối dinh dưỡng do sông mang tới nhiều, giá trị P₁ có thể đạt tới 600mgC/m³/ ngày. Tuy nhiên, vùng nước thềm lục địa nhiệt đới đại dương thường có độ trong thấp, nên giá trị P₁ tính theo đơn vị m² không cao. Hơn nữa, do ảnh hưởng của nước sông và các dòng chảy ven bờ, nên giá trị năng suất sinh học sơ cấp thể hiện tính chu kỳ mùa rất rõ rệt. Hiệu ứng sử dụng

năng lượng mặt trời ở lớp nước tầng mặt vùng thềm lục địa có thể đạt tới 0,4%.

Ngoài khơi đại dương nhiệt đới có giá trị năng suất sinh học sơ cấp thay đổi rất lớn, từ 0,02-0,1 đến 0,5-5g C/m³/ ngày. Tại các vùng nước trời và giao lưu của các dòng chảy, giá trị P₁ đạt tới 100-300gC/m³/ năm. Cường độ quang hợp cao nhất ở lớp nước tầng mặt tại các vùng này là 600mgC/m³/ ngày, hàm lượng clorophin 5-12mg/m³, và số đồng hóa 5-10mgC/mg clorophin/h. Tuy nhiên diện tích các vùng này không lớn, khoảng 8% diện tích đại dương nhiệt đới. Phần lớn diện tích còn lại của đại dương có năng suất sinh học sơ cấp không lớn lắm (40-90gC/m²/năm), ngang với năng suất sơ cấp của các hồ nghèo dinh dưỡng.

Theo “vùng năng suất”, đại dương được chia thành các vùng: nghèo dinh dưỡng, dinh dưỡng trung bình và giàu dinh dưỡng.

Vùng nước giàu dinh dưỡng đặc trưng cho vùng ven bờ, vùng thềm lục địa nơi có ánh sáng và muối dinh dưỡng đầy đủ cho quang hợp: ở Thái Bình Dương, có các vùng nằm gần bờ Trung và Nam Mỹ, Nhật Bản, Canada, Kamtsatka; ở Đại Tây Dương, có các vùng nằm ở phía Tây Châu Phi, phía Đông Bắc Brazil và phía Đông Nam bờ Nam Phi; ở Ấn Độ Dương, có các vùng có gió mùa ở biển Aravi, vịnh Bengan và trong các biển thuộc Indonexia... Vùng nước nghèo dinh dưỡng đặc trưng cho các vùng cực có băng phủ, phần trung tâm của vùng nước tĩnh cận nhiệt đới...

So sánh hai vùng nước giàu dinh dưỡng và nghèo dinh dưỡng, ta có thể thấy tính quy luật của giá trị P₁: giá trị năng suất sơ cấp (P₁) thấp được đặc trưng cho các vùng cực và vùng nước tĩnh cận nhiệt đới, còn giá trị P₁ cao đặc trưng cho vùng ôn đới và xích đạo.

Giá trị trung bình của năng suất sinh học sơ cấp vùng nước giàu dinh dưỡng và nghèo dinh dưỡng cách nhau rất lớn (tới 50 lần). Sự cách biệt càng lớn nếu ta so sánh giá trị sinh khối của hai vùng nước này (tới 5 vạn lần). Từ đó dẫn đến hệ số P/B ngày (năng suất sinh học riêng) ở vùng nước nghèo dinh dưỡng có thể tới 1000 lần so với vùng nước giàu dinh dưỡng.

Như trong phần phương pháp nghiên cứu đã phân tích, năng suất sinh học thực vật ở nước, được xác định chủ yếu theo cường

độ quang hợp. Trong các cách xác định đó, một lượng chất hữu cơ hoà tan được thải vào môi trường do hoạt động sống của thực vật chưa được tính đến. Gần đây, khi nghiên cứu năng suất sinh học sơ cấp các vùng nước nhiệt đới, nhiều tác giả đã cố gắng đánh giá lượng chất hữu cơ này, Những dẫn liệu ban đầu cho thấy lượng chất hữu cơ mới được tạo nên in vivo do tảo thải ra ngoài chiếm khoảng 30- 40% năng suất sơ cấp tính trên đơn vị m^2 hoặc tới $2mgC/m^3/$ ngày trong các vùng nước nghèo dinh dưỡng. Trong các vùng nước giàu dinh dưỡng, lượng chất hữu cơ in vivo do tảo thải vào môi trường chỉ chiếm khoảng 20% năng suất chung tính trên đơn vị m^2 , nhưng giá trị tuyệt đối lại lớn tới $40C/m^3/ngày$. Cần chú ý tới lượng chất hữu cơ này trong quá trình khảo sát năng suất sinh học các vực nước.

Những dẫn liệu nghiên cứu thu được trong những năm gần đây cho thấy tổng năng suất sinh học năm của thực vật đại dương đạt tới $25-30.10^9tC$ (năng suất toàn phần) hoặc $20-25.10^9tC$ (năng suất thực tế). Nếu tính theo khối lượng (tươi) thì có các giá trị tương ứng là $500-600.10^9t$ và $400-500.10^9t$ (năng suất thực tế). Hệ số P/B trung bình của thực vật đại dương là 300-350.

1.4. Năng suất sinh học sơ cấp ở vùng biển Việt Nam

1.4.1. Năng suất sinh học sơ cấp của thực vật phù du

Vùng biển ngoài khơi Việt Nam có năng suất sinh học không cao, dao động trong khoảng $0,12-12,20mgC/m^3/ngày$. Ở các khu vực phía bắc vĩ tuyến $15^{\circ}-16^{\circ}B$, do chịu ảnh hưởng của các nhánh dòng Kuroshio nên sức sản xuất sơ cấp có cao hơn, trung bình đạt $3,7-4,8mgC/m^3/ngày$. Tại các vùng nước giữa Biển Đông, giới hạn bởi vĩ tuyến $11-16^{\circ}$ và phía đông kinh tuyến 112° cho đến vùng Philippin, sức sản sinh sơ cấp thấp, trung bình không quá $0,5-1,4mgC/m^3/ngày$, điển hình cho vùng biển nghèo dinh dưỡng nhiệt đới. Nguyên nhân chủ yếu là do các cấu trúc thẳng đứng nhiệt muối của các khối nước bền vững làm cho quá trình vận động trao đổi giữa các lớp nước rất yếu, hầu như không xảy ra, ngăn cản sự bồi tảo, bổ sung dinh dưỡng cho quá trình quang hợp. Cũng do cấu trúc nhiệt muối của khối nước bền vững và ổn định, quá trình sản sinh sơ cấp hầu như không

thay đổi quanh năm. Tuy vậy, cũng có những dao động nhỏ do tác động của mùa mưa hay sự cường tập của các khối nước vùng tây Thái Bình Dương dưới tác động của mùa gió đông bắc. Chính vì vậy mà sức sản sinh sơ cấp trong mùa gió đông bắc cao hơn chút ít so với mùa gió tây nam, từ tháng 4 đến tháng 9.

Bảng 6.9. Năng suất sinh học sơ cấp ở vùng biển Việt Nam

Vùng nước	Diện tích ước tính 10^3km^2	%	Năng suất sinh học sơ cấp bình quân			%
			$\text{mgC}/\text{m}^3/\text{ngày}$	$\text{mgC}/\text{m}^2/\text{ngày}$	10^3 tấn	
Đầm phá ven biển	3.0	0.34	410 ± 224	570 ± 316	624	0.35
Vũng vịnh ven bờ	3.6	0.41	190 ± 112	530 ± 331	695	0.39
Rừng ngập mặn	2.0	0.23	558 ± 354	670 ± 481	490	0.27
Rạn san hô	0.4	0.05	36 ± 25	326 ± 177	48	0.03
Vùng biển hở ven bờ (<20m)	78.0	8.96	97 ± 32	838 ± 274	23634	13.21
Vùng biển gần bờ trên thềm lục địa (<200m)	420.0	48.22	46 ± 16	776 ± 20	118860	66.43
Vùng nước trời	4.7	0.55	60 ± 45	1980 ± 1969	5840	3.40

Nam Trung Bộ						
Vùng biển khơi	364.0	41.79	3 ± 3		36536	19.33

Nguồn: Nguyễn Tác An, 1995.

Tiến dần về phía bờ biển Việt Nam, về vùng vịnh Bắc Bộ đặc biệt là phía bờ đông và nam Việt Nam, nơi có địa hình bờ và đáy phức tạp gồm cả dải lục địa kéo dài từ miền Trung đến vùng vịnh Thái Lan, do tác động tổng hợp của nhiều điều kiện địa lý, thủy văn, động lực các cấu trúc thẳng đứng của khối nước thay đổi rõ rệt, không còn bền vững và ổn định như ở ngoài khơi, nên quá trình sản sinh sơ cấp ở vùng thềm lục địa Việt Nam lớn hơn, đạt $46 \pm 16 \text{ mgC/m}^3/\text{ngày}$, dao động trong khoảng $10\text{-}100 \text{ mgC/m}^3/\text{ngày}$.

Sự biến động theo mùa của năng suất sinh học ở vùng thềm lục địa tương đối phức tạp về mặt định tính và không lớn lắm về mặt định lượng, trong một năm, sức sản xuất sơ cấp có thể đạt một hai đỉnh cực đại, nhưng thường có giá trị lớn nhất vào mùa đông (tháng giêng, hai), là thời kỳ có lượng chất dinh dưỡng phong phú. Điều này hoàn toàn khác quá trình sản sinh sinh học sơ cấp ở vùng ôn đới, nơi mà cường độ chiếu sáng dồi dào, thích hợp cho thực vật phù du phát triển. So sánh với các vùng biển khác trong cùng một đợt nghiên cứu của cùng một tác giả, một thiết bị đo đạc và hóa chất sử dụng, ta thấy sức sản xuất sơ cấp ở vùng biển Việt Nam lớn hơn 2-4 lần so với các vùng biển Địa Trung Hải và Ấn Độ Dương.

Việc xuất hiện và tồn tại các xoáy phân kỳ tạo ra hiện tượng trôi nước từ các lớp nước sâu lên tầng mặt ở những vùng rộng lớn ngoài khơi miền Trung và ở thềm lục địa Việt Nam, là một trong những điều kiện sinh thái thuận lợi thúc đẩy thực vật phù du phát triển mạnh. Mối liên hệ hữu cơ giữa quá trình sản sinh sơ cấp và quá trình động lực học ở vùng thềm lục địa đã được nghiên cứu và khẳng định. Kết quả tính toán cho thấy, với các điều kiện sinh thái đã xác định được tại một số trạm liên tục ở thềm lục địa nam Việt Nam như tốc độ chuyển động thẳng đứng khoảng $(11,9\text{-}20,6) \cdot 10^{-3} \text{ cm/giây}$, hàm lượng dinh dưỡng được bổ sung với tốc độ $(1\text{-}3) \cdot 10^{-3} \text{ mkgP/cm}^2/\text{giây}$, năng suất sinh học sơ cấp dao động trong giới hạn $250\text{-}2520 \text{ mgC/m}^2/\text{ngày}$. Thực tế

do trực tiếp cho thấy, năng suất sơ cấp ở các trạm liên tục dao động trong khoảng $100-1600\text{mgC/m}^2/\text{ngày}$. Theo đánh giá của Wyrski K. (1961) năng suất sinh học sơ cấp ở vùng biển phía nam Trung Quốc thường thấp hơn $500\text{mgC/m}^2/\text{ngày}$, nhưng ở thềm lục địa có thể đạt 1.000. Ở một vài khu vực có hiện tượng trôi nước, năng suất sơ cấp có thể đạt $1.200-1.800\text{mgC/m}^2/\text{ngày}$. Tổng hợp, phân tích toàn bộ các tài liệu hiện có, có thể đánh giá được trị số tích phân trung bình của năng suất sinh học sơ cấp ở vùng thềm lục địa Việt Nam vào khoảng $776-206\text{mgC/m}^2/\text{ngày}$.

Khác với các vùng biển khơi và vùng thềm lục địa, quá trình sản xuất sơ cấp ở các vùng biển nông ven bờ, bao gồm các vùng cửa sông, vũng vịnh, đầm phá... các độ sâu không quá 20-25m, chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của các quá trình động lực thủy văn, sinh địa hóa... và các hoạt động xã hội con người.

Nét nổi bật đầu tiên là các vùng biển nông ven bờ, năng suất sinh học sơ cấp đều có giá trị cao, thường dao động trong khoảng $100-1.500\text{mgC/m}^2/\text{ngày}$, trung bình là $190-410\text{mgC/m}^2/\text{ngày}$. Đặc biệt ở một số đầm phá như đầm Ô Loan (Phú Yên), có năng suất sinh học đạt cỡ $1.000-1.600\text{mgC/m}^2/\text{ngày}$. Đó là những giá trị “kỷ lục” của quá trình sản xuất sơ cấp trong các thủy vực tự nhiên. Năng suất sinh học ven bờ thường cao hơn 3-10 lần so với vùng thềm lục địa và biển khơi.

Đặc điểm thứ hai là ở các đầm phá, năng suất sinh học sơ cấp có giá trị phổ biến trong khoảng $400-600\text{mgC/m}^2/\text{ngày}$, với tần suất xuất hiện P là 0,30 ở các vùng vịnh: 150-300 với P là 0,40, còn ở các trạm ven bờ thường thấp hơn $100\text{mgC/m}^2/\text{ngày}$ với tần suất xuất hiện là 0,80.

Kết quả nghiên cứu năng suất sinh học sơ cấp ở các rạn san hô cho thấy, các vùng rạn ven bờ có năng suất sinh học sơ cấp khá hơn, trung bình đạt $30-80\text{mgC/m}^2/\text{ngày}$. Đặc biệt các rạn san hô ở vùng vịnh Thái Lan như Phú Quốc, Thổ Chu, Nam Du... có năng suất sơ cấp lớn, trung bình đến $70-160\text{mgC/m}^2/\text{ngày}$, đó là những vùng nước giàu dinh dưỡng. Giá trị cực đại của sản xuất sơ cấp ở các trạm cạnh rạn thường đạt đến $300\text{mgC/m}^2/\text{ngày}$. Thậm chí có trường hợp đo được $1000\text{mgC/m}^2/\text{ngày}$.

Năng suất sinh học sơ cấp của các rạn san hô ở vùng biển ngoài khơi như Trường Sa, Sinh Tồn... có giá trị trung bình cỡ 20-30 mgC/m²/ngày, lớn hơn độ 2-3 lần so với vùng biển khơi mà giá trị quang hợp của thực vật phù du, như đã trình bày ở trên, không quá 10-15mgC/m²/ngày. Theo kết quả nghiên cứu của Sorokin (1990) thì năng suất sinh học sơ cấp của các rạn san hô ở vùng biển Việt Nam thường lớn hơn độ 2 lần so với các vùng nước ven đảo phía tây Thái Bình Dương.

Ở rừng ngập mặn có năng suất sinh học sơ cấp dao động trong khoảng 140-1.600mgC/m³/ngày, trung bình đạt 559 ± 353 mgC/m³/ngày. Đó là những vùng nước có năng suất sinh học cao trong tự nhiên.

Năng suất sinh học sơ cấp vùng rừng ngập mặn ở Việt Nam tương đương với các vùng rừng ngập mặn ở Brazil, Malaysia và Thái Lan. Mặc dầu có năng suất sinh học sơ cấp cao, nhưng do sự bồi tải của dòng lợ địa, lượng vật chất lơ lửng - trầm tích, thường dao động trong khoảng 1-1,6g/l, độ trong suốt của vực nước thường không quá 20-30cm nên giá trị tích phân trên 1m² không lớn, trung bình là 670 ± 481 mgC/m²/ngày. Giá trị năng suất sinh học trong năm được đánh giá khoảng 150-500mgC/m²/ngày, tương đương với rừng ngập mặn của Malaysia - cỡ 90-350mgC/m²/năm, nhưng thấp hơn so với năng suất sơ cấp của vùng rừng ngập mặn ở Florida - cỡ 1280gC/m²/ngày. Ở đây cần nhấn mạnh là năng suất sinh học sơ cấp của chính bản thân các loài thực vật ngập mặn dao động trong khoảng 1,27-8,27g, trung bình 5,65gC/m²/ngày, lớn hơn 10 lần so với năng suất sinh học sơ cấp của thực vật phù du. Điều đó khẳng định vai trò của chính các loài thực vật ngập mặn trong quá trình hình thành và phát triển các nguồn lợi sinh vật ở vùng biển ven bờ.

Một cách tổng quát, vùng biển ven bờ Việt Nam là vùng dinh dưỡng có năng suất sinh học sơ cấp tích phân trung bình $0,8 \pm 0,2$ gC/m²/ngày. Khả năng sản xuất sơ cấp của các thủy vực nông ven bờ như đầm phá, vũng vịnh, rừng ngập mặn, các rạn san hô... có thể lớn hơn 3-5 lần so với vùng biển. Cũng như những vùng biển nhiệt đới khác, các vực nước ven bờ Việt Nam có năng suất sinh học sơ cấp biến động phức tạp theo thời gian trong năm, nhưng giá trị cực đại và cực tiểu không chênh lệch lớn như ở vùng ôn đới. Ở đây, sức sản xuất sơ cấp trong mùa xuân hè (cực đại) có thể lớn hơn 50 lần

so với mùa đông (cực tiểu). Còn ở vùng biển Việt Nam sự chênh lệch tối đa giữa các giá trị cực đại cực đại và cực tiểu cũng chỉ đến 10-15 lần.

1.4.2. Năng suất sinh học sơ cấp của thực vật đáy

Ở vùng thềm lục địa nhiệt đới, theo đánh giá của Sorokin (1983), thì các quần xã thực vật đáy sản xuất hơn 90% tổng lượng hữu cơ trong toàn hệ. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mặc dầu có cường độ khác nhau, quá trình sản sinh sơ cấp đã phát hiện thấy ở tất cả các loại chất đáy khác nhau, từ tầng mặt cho đến độ sâu 45-50m. Ở các đầm nông, năng suất sinh học sơ cấp trong trầm tích bùn dao động trong khoảng 89-1445mgC/m²/ngày. Kết quả nghiên cứu còn cho thấy, khi mới cải tạo đầm, các quá trình quang hợp của thực vật đường như không xảy ra trong các lớp trầm tích. Năng suất sơ cấp trong trầm tích bùn cát ở vịnh Nha Trang có giá trị trung bình 84,5, ở các trầm tích rạn san hô Nam Du (vịnh Thái Lan) - 108,9, còn ở vịnh Văn Phong (Khánh Hòa) - 48mgC/m²/ngày. Năng suất sinh học sơ cấp ở các lớp trầm tích khác nhau, ở các độ sâu khác nhau hoàn toàn không giống nhau, dao động trong khoảng 0,2 - 4g mgC/m²/ngày. Năng suất sinh học sơ cấp ở trầm tích bùn và cát bùn thường nhỏ hơn 1g mgC/m²/ngày, ở trầm tích cát hạt lớn hơn, ở các mảnh vỡ san hô chết, hoặc các loài hai mảnh vỏ chết: 1,5-3,0g mgC/m²/ngày. Năng suất sinh học sơ cấp của thực vật đáy không phụ thuộc vào giá trị sức sản xuất của các vực nước xung quanh. Nó chỉ thay đổi phụ thuộc vào bản chất và tính chất của các loại chất đáy cùng độ sâu thực tế.

Năng suất sinh học sơ cấp của các loài rong đa bào mới được bắt đầu nghiên cứu, chủ yếu là các loài rong mơ sống ở miền Trung Việt Nam, chúng thường phát triển mạnh vào tháng 3-4. Trong năm, rong tăng trưởng 105-150cm, thậm chí có vùng đến 250cm. Tốc độ tăng trưởng dao động trong khoảng 1-43%, trung bình là 10,76% tổng độ dài của rong. Sử dụng các phương pháp truyền thống tính thấy hệ số P/B dao động trong khoảng 1-15. Mặt khác, bằng phương pháp “bình trắng, bình đen” đo trong điều kiện In situ, sức sản xuất sơ cấp của rong mơ là 1,81-0,89mgC/g tươi/ngày. Thông thường lượng hữu cơ chiếm 50-70% trọng lượng khô của các loài rong, hệ

số P/B ngày có giá trị 0,01-0,02 còn P/B năm nằm trong khoảng 2-20, không sai khác lắm so với phương pháp tính trên.

Hàm lượng chlorophin “a” có giá trị $307 \pm 168 \mu\text{g/g}$ tươi, tức chiếm khoảng 0,01-0,03% trọng lượng tươi của rong. Chỉ số hấp thụ cacbon của rong mơ là $5,89\text{mgC/mg Chl.a/ngày}$, chứng tỏ khả năng quang hợp cao cỡ $100\text{-}400\text{mgC/kg/ngày}$, tức khoảng $2\text{-}3\text{gC/m}^2\text{/ngày}$, cường độ quang hợp của các loài tảo bám ở đáy bùn cát có giá trị $90\text{-}150\text{mgC/m}^2\text{/ngày}$, còn ở đáy cát thô khoảng 10 lần lớn hơn, đạt $900\text{-}1200\text{mgC/m}^2\text{/ngày}$. Những hoạt động hô hấp, phân rã hữu cơ ở các lớp đáy xảy ra rất mãnh liệt. Trung bình hàng ngày, tại các lớp trầm tích ở các rạn san hô phân rã cỡ $1,5\text{-}2,0\text{gC/m}^2$, hệ số P/D khoảng 1,3. Ở các vùng đáy bùn, bùn cát hệ số P/D có giá trị 0,3-0,5. Rõ ràng các quần xã đáy sống ở đây hoạt động phải nhờ các nguồn hữu cơ và năng lượng từ ngoài vào bổ sung. Đó là những vấn đề cần quan tâm nghiên cứu giải quyết khi thiết kế xây dựng các vực nước nuôi trồng hải sản trong khuôn khổ sinh thái học. Thêm vào đó, do sự hoạt động hô hấp và phân rã mạnh mẽ của các quần xã sinh vật đáy, tốc độ tiêu thụ ô xy khá lớn, trung bình đạt $1.000\text{-}1.500\text{ml O}_2\text{/m}^2\text{/ngày}$, có thể dẫn đến tình trạng thiếu khí ở các vực biển. Đặc biệt đối với các vực nước có độ sâu 20-30m, có hiện tượng phân rã và sự hoạt động mạnh mẽ của bọn vi sinh vật khử sunphát, làm đáy vực có hiện tượng yếm khí, phát sinh và tích lũy các chất độc hại... làm ảnh hưởng xấu đến các nguồn lợi sinh vật trong vùng biển.

2. Dẫn liệu về năng suất sinh học vi sinh vật ở nước

Năng suất sinh học vi sinh vật ở nước được đặc biệt chú ý nghiên cứu trong những năm gần đây. Các dẫn liệu tập hợp theo hai loại hình vực nước: nước ngọt và nước mặn. Trong nước ngọt thì ao và hồ là hai dạng vực nước được nghiên cứu tương đối kỹ. Ở đại dương việc nghiên cứu tiến hành theo các “vùng dinh dưỡng” và độ sâu.

2.1. Năng suất sinh học vi sinh vật trong các ao, hồ nước ngọt

Các dẫn liệu về năng suất sinh học vi sinh vật trong các ao hồ nước ngọt được dẫn trong bảng 10: vi sinh vật có sinh khối và năng suất sinh học rất lớn trong các ao có bón phân. Trong các ao bón phân vô

cơ, sinh khối (tươi) của vi sinh vật đạt tới $5\text{-}25\text{g/m}^3$, và năng suất sinh học $\text{-}3\text{-}30\text{g/m}^3/\text{ngày}$. Trong các ao bón phân hữu cơ, vi sinh vật còn phát triển mạnh hơn, sinh khối $\text{-}20\text{-}70\text{g/m}^3$, và năng suất sinh học $20\text{-}50\text{g/m}^3/\text{ngày}$. Trong các ao không bón phân, vi sinh vật phát triển ít hơn vài lần so với các ao có bón phân, năng suất sinh học chỉ đạt $1\text{-}8\text{g/m}^3/\text{ngày}$. Vi sinh vật phát triển mạnh trong các ao là nguồn thức ăn quan trọng cho nhiều nhóm động vật như Infusoria, Cladocera.v.v... sống ở đây.

Vi sinh vật phát triển mạnh trong các hồ giàu dinh dưỡng có giá trị P_1 cao ($1200\text{-}3000\text{kcalo/m}^2/\text{năm}$). Ở đây, vi sinh vật không những nhiều về số lượng ($2\text{-}3.10^6$ tế bào/ ml nước), mà kích thước tế bào cũng lớn ($1\text{-}1,7\mu^3$), và sinh khối đạt $1\text{-}3,5\text{g/m}^3$. Giá trị năng suất sinh học của vi sinh vật trong các hồ giàu dinh dưỡng là $0,5\text{-}2\text{g/m}^3/\text{ngày}$. Hệ số P/B bằng $0,3\text{-}2$. Năng suất đạt $700\text{ kcalo/m}^2/\text{năm}$. Sự phân huỷ vi sinh vật trong các hồ giàu dinh dưỡng thường nhỏ hơn hoặc ngang với năng suất sinh học sơ cấp, chứng tỏ chất hữu cơ từ bên ngoài đưa vào hồ không nhiều. Trong các hồ chứa giàu dinh dưỡng, sự phân huỷ vi sinh vật thường lớn hơn giá trị P_1 $2\text{-}3$ lần, vì hồ chứa nước luôn nhận được chất hữu cơ từ các nguồn nước lớn.

Trong các hồ giàu dinh dưỡng thuộc vùng ôn đới, năng suất sinh học vi sinh vật có đỉnh cao vào tháng VII, VIII trùng với đỉnh cao phát triển của thực vật nổi. Cần lưu ý là các chỉ tiêu về tổng số lượng vi sinh vật, sinh khối và năng suất sinh học của vi sinh vật được sử dụng để đánh giá tác dụng của phân bón, và của các biện pháp cải tạo ao, hồ liên quan tới năng suất cá nuôi.

Trong các hồ và hồ chứa nước vừa dinh dưỡng, số lượng vi sinh vật thường là $1\text{-}2.10^6$ tế bào/ml, sinh khối $0,3\text{-}1\text{g/m}^3$, năng suất sinh học $0,1\text{-}0,5\text{g/m}^3/\text{ngày}$, và thời gian của một thế hệ tăng gấp đôi $30\text{-}200\text{h}$. Năng suất sinh học của vi sinh vật đạt $200\text{-}500\text{kcalo/m}^2/\text{năm}$. Trong các vực nước vừa dinh dưỡng, năng suất sinh học vi sinh vật có vai trò đáng kể đối với cơ sở thức ăn của động vật ở nước.

Trong các hồ nghèo dinh dưỡng, số lượng vi sinh vật ít $0,2\text{-}0,6.10^6$ tế bào/ml, sinh khối $0,2\text{-}0,4\text{g/m}^3$, năng suất sinh học tính theo khối lượng tươi thường nhỏ hơn $1\text{ g/m}^3/\text{ngày}$. Thời gian của một thế hệ kéo dài tới $50\text{-}30\text{h}$. Hệ số P/B giảm xuống còn $0,1\text{-}0,15$. Với số lượng và năng suất sinh học nhỏ như vậy, vi sinh vật trong

các hồ nghèo dinh dưỡng ít có giá trị trực tiếp đối với cơ sở thức ăn của động vật ở nước.

Các nghiên cứu về năng suất sinh học của vi sinh vật ở đáy hồ, ao còn rất ít, vì phương pháp nghiên cứu chưa hoàn chỉnh. Những dẫn liệu hiện có cho thấy trong các hồ giàu dinh dưỡng và trong ao, số lượng vi sinh vật là $8-10 \cdot 10^9$ tế bào/g chất đáy ướt, sinh khối 0,2-2mg/g chất đáy ướt.

Trên lớp nước tầng mặt, số lượng vi sinh vật thay đổi theo đặc tính dinh dưỡng của từng vùng:

Trong các vùng nước giàu dinh dưỡng (vùng biển nông ven bờ, các vịnh có sông đổ vào, các vịnh nhỏ, vùng nước trôi,...) nơi có năng suất sinh học sơ cấp cao hơn $1 \text{ g C/m}^2/\text{ngày}$, số lượng vi sinh vật khoảng $1,5-5 \cdot 10^6$ tế bào/ml, sinh khối $0,5-3 \text{ g/m}^3$, năng suất trung bình $0,2-2 \text{ g/m}^3/\text{ngày}$, thời gian của một thế hệ 15-40h. Hệ số P/B bằng 5-1. Kích thước tế bào ở đây cũng lớn hơn vùng nghèo dinh dưỡng tới 2 - 4 lần, trung bình khoảng 0,8-1,5.

Trong các vùng nước dinh dưỡng trung bình (vùng ôn đới, cận nhiệt đới...), số lượng vi sinh vật dao động trong khoảng $0,3-1,5 \cdot 10^6$ tế bào/ml, sinh khối $0,05-0,5 \text{ g/m}^3$, năng suất ngoài khơi vào mùa hè 0,1-0,3, năng suất trong vùng biển nông $0,3-1 \text{ g/m}^3/\text{ngày}$. Hệ số P/B bằng 0,3-0,6.

Trong các vùng nước nghèo dinh dưỡng, số lượng vi sinh vật chỉ có $50-150 \cdot 10^3$ tế bào/ml, sinh khối $5-50 \text{ mg/m}^3$, năng suất $5-30 \text{ mg/m}^3/\text{ngày}$. Hệ số P/B cao -1-2. Các kết quả nghiên cứu cho thấy năng suất sinh học vi sinh vật có hai đỉnh cao: trong lớp nước gần tầng mặt, phía trên lớp nước có nhiệt độ thay đổi, và trong giới hạn trên của lớp nước Nam cực tầng giữa ở độ sâu 450-555m. Trong các lớp nước này, sinh khối và năng suất sinh học của vi sinh vật nổi cao hơn các giá trị vừa nêu trên vài lần.

Trong các hồ dinh dưỡng trung bình, số lượng vi sinh vật là $0,5-3 \cdot 10^9$ tế bào/g. Năng suất dao động trong một ngày vào khoảng 0,06-0,5mg/g chất đáy ướt.

2.2. Năng suất sinh học vi sinh vật trong biển và đại dương

Năng suất sinh học vi sinh vật trong biển và đại dương thay đổi theo khoảng cách xa bờ, theo độ sâu và theo đặc tính dinh dưỡng của từng vùng đại dương.

Năng suất sinh học của vi sinh vật giảm dần khi tính từ bờ ra khơi. Ở gần bờ giá trị năng suất sinh học (khối lượng tươi) là $300-400\text{mg/m}^3/\text{ngày}$; cách bờ 3km, giá trị này chỉ còn gần $100\text{mg/m}^3/\text{ngày}$, xa bờ hơn 10-12km, giá trị này ít thay đổi.

Vi sinh vật ở đáy đại dương được nghiên cứu ở lớp nước sát đáy. Sinh khối và năng suất sinh học của vi sinh vật thay đổi lớn theo các vùng đáy. Trong lớp đáy giàu dinh dưỡng vùng thềm lục địa, vi sinh vật chiếm tới 4-6% lượng chất hữu cơ trong chất lắng. Trong 1ml chất lắng có $1-9.10^9$ tế bào vi sinh vật. Giá trị năng suất vi sinh vật ở các vùng này là 0,2 - 0,4. Trong đáy sâu các biển nội địa và vùng thềm dốc đại dương nhiệt đới và ôn đới, lượng vi sinh trên mặt đáy là $0,2-1.10^9$ tế bào/ml, sinh khối 0,1-0,4g/l, năng suất 5-50mg/l/ngày. Trong chất lắng của các vùng đáy sâu đại dương, số lượng vi sinh vật là $10-50.10^6$ tế bào/ml, sinh khối 3-30m/l, năng suất 0,1-1mg/l/ngày. Hệ số P/B rất thấp 0,01-0,1.

Tổng năng suất vi sinh vật ở đại dương hằng năm tới $2,43.10.10^9\text{t C}$. (sinh khối vật là $0,23.10^9/\text{t C}$). Hệ số P/B tính theo ngày đạt 0,35. Đáng chú ý là có tới 60% giá trị năng suất sinh học của vi sinh vật được tạo ra ở vùng nhiệt đới, nơi có nhiệt độ nước 20-28°C.

2.3. Năng suất sinh học của vi sinh vật biển Việt Nam

Số lượng trung bình của vi sinh vật trong nước biển dao động khoảng $0,1-4,72.10^6$ tb/ml. Sinh khối của chúng: $0,05-3,71\text{g/m}^3$, phụ thuộc vào điều kiện sinh thái của từng vực nước. Ở đầm Nha Phu (Khánh Hòa), số lượng vi sinh vật trung bình là $2,9.10^6$ tb/ml (trong khoảng $1,41-4,72.10^6$), sinh khối $2,4\text{g/m}^3$ (1,19-3,71), phản ánh tính chất giàu dinh dưỡng của vực nước. Ở vùng vịnh Văn Phong - Bến Gỏi (Khánh Hòa), số lượng và sinh khối vi sinh có thấp hơn, trung bình là $2,7.10^6$ (0,5-3,05) và 2g (0,04-2,40) nhưng cùng là vực nước giàu dinh dưỡng. Nguyên nhân chủ yếu của sự sai khác này là do sự

bồi tải hữu cơ từ lục địa. Ở thềm lục địa, số lượng và sinh khối của chúng dao động trong khoảng $0,5-1,5.10^6$ và $0,02-0,40\text{g/m}^3$.

Đi vào chi tiết, sự phân bố địa lý của vi sinh vật rất phức tạp. Ngay trong đầm có diện tích không lớn như đầm Nha Phu rộng chỉ $3,2\text{km}^2$. Nhưng số lượng và sinh khối vi sinh vật ở phía bắc đầm, nơi có sông suối chảy vào, có rừng ngập mặn phát triển... lớn hơn so với cửa đầm.

Số lượng vi sinh vật và sinh khối của chúng biến động trong ngày tương đối lớn, độ 2-3 lần. Thậm chí có những đầm biến đổi thủy triều lớn, chúng có thể thay đổi tới 5 lần. Trong năm, vi sinh vật thường có số lượng cực đại vào tháng 6-7 và cực tiểu vào tháng 1-2, gắn liền vào đặc trưng biến động của thực vật phù du tại đó. Nghiên cứu sự biến động của vi sinh vật tại đầm Nha Phu trong ba năm liền, thấy số lượng và khối lượng trung bình tương đối ổn định, có giá trị khoảng $2,5-3,0.10^6$ tb/ml. Như vậy, có khả năng sự biến động của vi sinh vật thường có chu kỳ ngắn, trong vòng một năm trở lại.

Tốc độ phân chia sinh vật tương đối lớn, trung bình là 35-37 giờ, trong thời điểm cực đại vào tháng 6-7, chỉ còn 29-30 giờ. Sức sản xuất vi sinh vật dao động trong khoảng $0,90-1,2.10^6$ tb/ml/ ngày, tương đương với $74-100\text{mgC/m}^3/\text{ngày}$. Ở vùng biển ven bờ, sức sản xuất vi khuẩn sinh vật dao động trong khoảng $90-500\text{mg/m}^3/\text{ngày}$ (tương đương $9-10\text{mgC/m}^3/\text{ngày}$) tức là thấp hơn 1,5-2 lần so với sản xuất vi sinh vật tương đương với sức sản xuất sơ cấp của thực vật phù du.

Hệ số P/B ngày của vi sinh vật dao động trong khoảng 0,01-0,70 $\text{mlO}_2/\text{l}/\text{ngày}$, là chỉ số đặc trưng cho các vực nước giàu vi sinh vật. Cường độ hô hấp lớn có giá trị lớn thường đo được ở lớp nước đột biến nhiệt muối, ở trong ao, đầm và các vực nước ở rừng ngập mặn hoặc ở các rạn san hô phát triển. Kết quả thực nghiệm cho thấy vi sinh vật sử dụng đến 80 - 90% lượng ô xy trong quá trình hô hấp của mẫu.

Giá trị tích phân của khối vi sinh trên cột nước 1m^3 ở vùng thềm lục địa và ven bờ (độ sâu 0-50m) là 3,4-8,1 g tươi/ m^2 . Sức sản xuất là $2-4\text{g/m}^2/\text{ngày}$, còn cường độ hô hấp là $0,57-1,2\text{gC/m}^2/\text{ngày}$.

Nghiên cứu đặc trưng sản xuất vi sinh vật ở trong các lớp trầm tích, ta thấy chúng thường có trị số lớn ở các trầm tích bùn cỡ 9-

10.10^9 tb/g bùn và 3-7mgC/g. Cường độ hô hấp của các mẫu trầm tích đo được trong điều kiện In situ là 10-40mgC/g trầm tích/ngày. Nếu tính ra diện tích $1m^2$, ta có 0,7-2,65gC/ m^2 /ngày. Sử dụng phương pháp sinh lý xác định năng suất.

$$P = \frac{DK_2}{1 - K_2}$$

Ở đây, ta có D cỡ 2,5gC/ m^2 /ngày, K_2 có giá trị đối với vi sinh là 0,3 ta có P cỡ 1,07gC/ m^2 hoặc 11g tươi/ m^2 ngày. Đó là năng suất không nhỏ, mặt khác, theo hệ số P/B đối với vi sinh vật trong các trầm tích ở ven biển Việt Nam là 0,1, sinh khối vi sinh vật trong trầm tích cỡ 110g tươi/ m^2 . Như vậy, trong các loại trầm tích lắng đọng ở đáy vịnh, sinh khối vi sinh vật nhiều hơn 10-15 lần so với vi sinh vật trong nước.

3. Dẫn liệu về năng suất sinh học động vật trong thủy vực (năng suất thứ cấp)

3.1. Năng suất sinh học động vật trong thủy vực nước ngọt

Trong các thủy vực nước ngọt, năng suất sinh học động vật thay đổi lớn theo các dạng và các loại thủy vực. Giá trị năng suất sinh học động vật trong thủy vực lớn hoặc nhỏ phụ thuộc vào cơ chế thức ăn của chúng, có thể nói thủy vực nào có năng suất sinh học sơ cấp và năng suất sinh học lớn thì năng suất động vật cũng lớn.

Vladimirava (1974) tổng kết các dẫn liệu về năng suất động vật nổi ở hồ chứa nước Rubin trong 12 năm (1956-1967) chỉ ra rằng năng suất động vật ăn thịt chiếm khoảng 20% năng suất động vật ăn lọc, Năng suất (từ tháng V đến tháng X) của nhóm lọc là 11,79g/ m^3 /năm (dao động 4,56-17,42g/ m^3 /năm) và nhóm ăn thịt là 1,56g/ m^3 /năm (dao động 0,31-3,49g/ m^3 /năm).

Điều thú vị là khẩu phần thức ăn cho nhóm ăn thịt chiếm tới 63,1% (33,4-96,1%) so với năng suất sinh học của nhóm ăn lọc.

Trong hồ ở Beloruxia, năng suất sinh học của động vật đáy trong khoảng $4,5-7,6\text{g/m}^2/\text{năm}$, và năng suất cá $0,3-0,5\text{g/m}^2/\text{năm}$ chất khô (Vinberg, 1962).

Năng suất sinh học động vật nổi, động vật đáy và cá trong các hồ ở Nhật Bản giàu dinh dưỡng (hồ Kozuma) là $314\text{ kcal/m}^2/\text{năm}$ đối với động vật nổi, $8\text{ kcal/m}^2/\text{năm}$ - động vật đáy và $157\text{ kcal/m}^2/\text{năm}$ - cá.

Trong các ao, năng suất sinh học động vật thường cao hơn trong các hồ cùng mức dinh dưỡng. Nhưng nghiên cứu về quan hệ số lượng dinh dưỡng trong các vực nước chỉ ra rằng trong các ao và hồ nhỏ, động vật nổi và động vật đáy sử dụng khoảng 10% (dao động 8,7 - 16,0%) năng lượng (tính theo kcal) lấy từ thực vật. Các động vật ở bậc dinh dưỡng tiếp theo (cá ăn động vật nổi) sử dụng từ 5,5 tới 22,3% năng lượng trong thức ăn động vật nổi để tạo thành chất sống trong cơ thể. Ở các hồ vùng nhiệt đới, năng suất cá hàng năm chỉ tương đương với khoảng 0,5 - 3,0% năng suất sơ cấp thô (tính theo kcal) đối với cá ăn thực vật nổi, và chỉ 0,1% năng suất sơ cấp thô đối với cá ăn thịt. Như vậy quan hệ số lượng giữa thực vật và động vật là quan hệ tương đối chặt chẽ.

Ở Việt Nam, năng suất động vật ở nước ngọt mới được nghiên cứu trong những năm gần đây. Các nghiên cứu tập trung theo hai hướng: xác định sinh khối động vật ở nước; và thu thập các dẫn liệu về sinh trưởng và phát triển của động vật ở nước trong các điều kiện sinh thái của các vực nước cụ thể.

Đặng Ngọc Thanh (1960) đã tổng kết và công bố các dẫn liệu về sinh khối động vật nổi và động vật đáy ở các hồ, sông, ruộng, ao Bắc Việt Nam. Căn cứ vào số lượng và sinh khối của động vật nổi và động vật đáy ở các loại vực nước, tác giả chia các vực nước ở Bắc Việt Nam thành ba bậc số lượng (bảng 6.10).

Bảng 6.10. Bậc số lượng sinh khối của động vật nổi và động vật đáy

Bậc số lượng	Động vật nổi	Động vật đáy
I	$100 - 500.10^3$ cá thể/ m^3 $1 - 4\text{g/m}^3$	$1000 - 5000$ cá thể/ m^2 $10 - 40\text{g/m}^2$

II	100 - 200.10 ³ cá thể/m ³ 0,5 - 2g/m ³	500 - 1000 cá thể/m ² 1 - 10g/m ²
III	< 100.10 ³ cá thể/m ³ <1g/m ³	< 500.10 ³ cá thể/m ² <1g/m ²

Nguồn: Đặng Ngọc Thanh, 1980.

Nhìn chung, số lượng động vật nổi trong các vực nước ở miền Bắc Việt Nam tương đối cao, bậc I đạt tới 10-50.10³ cá thể/m³, nhưng sinh khối lại không cao lắm, cao nhất đạt 4g/m³. Ngược lại số lượng động vật không nhiều, nhưng sinh khối lại lớn (lớn nhất tới 40g/m²).

Các nghiên cứu về đặc tính sinh học động vật nổi chỉ ra rằng chúng phát triển quanh năm với tốc độ sinh trưởng nhanh, sinh sản lớn (Nguyễn Hữu Dụng, 1974; Shirota và Trần Đình An, 1966; Nguyễn Trọng Nho, 1978, 1980). Như vậy mặc dù sinh khối không lớn, năng suất sinh học động vật nổi trong vực ở Việt Nam vẫn cao. Dẫn liệu về năng suất sinh học của một số loài động vật nổi ở Hồ Tây Hà Nội trung bình trong hai năm 1976 - 1977 được chỉ ra trong bảng 6.11.

Bảng 6.11. Năng suất sinh học ở hồ Tây Hà Nội (1976 - 1977)

Loài	P (g/m³/tháng)	P/B (tháng)
<i>Brachionus calyciflorus</i>	2,62	29,3
<i>Moina dubia</i>	4,52	20,2
<i>Copepoda</i>	0,255	13,6

Tại bảng trên, *Brachionus calyciflorus* có hệ số P/B tháng trung bình trong hai năm nghiên cứu là 29,3, Từ đó suy ra P/B ngày gần bằng 1. *Moina dubia* có hệ số P/B tháng là 20,2. *Copepoda* có hệ số P/B ngày đạt 0,45 và P/B của vùng ôn đới.

Năng suất sinh học động vật nổi Hồ Tây và các ao hồ trong Hà Nội còn do thành phần số lượng các nhóm động vật nổi ở đây:

Trùng bánh xe là nhóm có khối lượng nhỏ và hệ số P/B lớn, lại chiếm ưu thế về số lượng và sinh khối (50-80%) không nhiều. Trong các thủy vực nước ngọt vùng nhiệt đới, động vật nổi phát triển quanh năm với tốc độ sinh trưởng nhanh, sinh sản lớn, hệ số P/B cao nên năng suất sinh học của chúng cao, là cơ sở thức ăn tốt cho đàn cá nuôi. Cần phát huy thuận lợi khi sinh vật có vòng đời ngắn thì hệ số P/B lớn, và ngược lại sinh vật có vòng đời dài thì P/B nhỏ.

3.2. Năng suất sinh học động vật biển và đại dương

Cũng như trong thủy vực nước ngọt, năng suất sinh học động vật biển và đại dương được nghiên cứu theo loài và nhóm loài trong các điều kiện sống nhất định. Bogorov (1968) và Zenkevits (1971) đã xây dựng các bản đồ phân bố sinh khối chung của động vật nổi và động vật đáy ở đại dương. Các bản đồ này chỉ rõ, ở các vùng đại dương khác nhau; từ đó năng suất sinh học của động vật ở các vùng đó cũng khác nhau.

Xu thế chung của các công trình nghiên cứu về năng suất sinh học động vật là xác định hệ số P/B (theo ngày, tháng, mùa hoặc năm) của các quần thể riêng biệt, các nhóm động vật theo hệ thống phân loại theo bậc dinh dưỡng, các quần xã động vật nổi hoặc động vật đáy nói chung.

Trong những năm gần đây, Malavitskaya (1971, 1973), Shuskina (1968, 1971, 1977) đã sử dụng phương pháp sinh lý và đồng vị phóng xạ để tính năng suất sinh học và hệ số P/B của động vật nổi ở vùng biển xích đạo Đông Thái Bình dương, trong lớp nước 0-150m.

Kết quả cho thấy năng suất sinh học ở các bậc dinh dưỡng thấp (thực vật nổi và vi sinh vật) giảm nhanh theo mức độ dinh dưỡng của vùng nước. Tại 97° kinh tây, vùng có nước trời mạnh, giàu dinh dưỡng, giá trị P của thực vật nổi và vi sinh vật cao hơn nhiều so với vùng thuộc 140° kinh tây là nơi nghèo dinh dưỡng. Giá trị P/B ngày của thực vật nổi và vi sinh vật tăng theo mức độ dinh dưỡng giảm sút, ngược lại giá trị này lại giảm ở động vật nguyên sinh và động vật nổi cỡ trung bình.

Năng suất sinh học động vật đáy biển và đại dương được nghiên cứu ít hơn, vì chúng sinh trưởng chậm, thời gian sống kéo dài. Chỉ có các nhóm động vật đáy là giáp xác và thân mềm được nghiên

cứu kỷ. Năm 1973, Greze đã tổng kết các kết quả nghiên cứu về hệ số P/B này ở 30 loài động vật đáy ở các biển và các vùng đại dương khác nhau. Nhìn chung, đối với các nhóm động vật đáy biển (theo nhóm phân loại) hệ số P/B ngày dao động trong các khoảng sau.

Bảng 6.12. Giá trị P/B của một số nhóm sinh vật đại dương

Nhóm động vật	P/B
<i>Polychaeta</i>	0,005 - 0,013
<i>Priaplida</i>	0,002
<i>Chaetognatha</i>	0,21 - 0,31
<i>Crustacea</i>	0,003 - 0,188
<i>trong đó:</i>	
<i>Copepoda</i>	0,004 - 0,159
<i>Cladocera</i>	0,188
<i>Amphipoda</i>	0,0088 - 0,050
<i>Mysidacea</i>	0,005 - 0,170
<i>Cumacea</i>	0,003
<i>Mollusca (lamellibranchia)</i>	0,004 - 0,016
<i>Echinodermata</i>	0,002 - 0,023
<i>Appendicularia</i>	0,32 - 0,35

Trong cùng một nhóm phân loại, kích thước và thời gian sống của từng loài khác nhau rất xa, nên hệ số P/B của chúng cũng khác nhau rất nhiều. Cần có những nghiên cứu về từng loại, trong từng điều kiện sống cụ thể.

Hệ số P/B năm chung cho tất cả động vật ở đại dương là 1,76 và P/B ngày bằng 0,0048.

Các dẫn liệu về năng suất sinh học động vật ở nước tuy nhiều, song vẫn chưa khái quát cho từng loại thủy vực, vì chúng có nhiều lối dinh dưỡng khác nhau: tự dinh dưỡng, dinh dưỡng cộng sinh, dinh dưỡng thâm thấu, bắt mồi (ăn mùn hữu cơ, ăn thịt...). Vì vậy các công trình nghiên cứu về năng suất sinh học thủy vực vẫn còn ít so với yêu cầu lý luận và thực tiễn đang đặt ra cho các nhà nghiên cứu về thủy sinh học.

Nghiên cứu sinh khối và năng lượng sinh học động vật ở đại dương, Bogorov (1971) thu được giá trị tính theo 10^9 t chất tươi (bảng 6.13)

Bảng 6.13. Sinh khối và năng suất sinh học động vật ở đại dương

Nhóm động vật	Khối lượng	Năng suất sinh học
Động vật nổi	22,0	55,0
Động vật đáy	10,0	3,0
Động vật bơi lội	1,0	0,2
Tổng cộng	33,0	58,2

Nguồn: Bogorov, 1971.

III. NGUỒN LỢI SINH VẬT THỦY VỰC

Môi trường nước chiếm tới 3/4 diện tích trên trái đất. Ngoài ý nghĩa là nguồn cung cấp nước cho đời sống con người, trong các thủy vực còn có một nguồn lợi sinh vật to lớn, giữ vai trò chuyển hóa vật chất trong tự nhiên, đồng thời là nguồn cung cấp các nhu yếu phẩm, trước hết là thực phẩm protein động vật cho đời sống con người. Khai thác và sử dụng hợp lý, phát triển bền vững nguồn lợi này ở các thủy vực là vấn đề có ý nghĩa chiến lược đối với con người, hiện nay cũng như trong tương lai.

1. Vai trò của thủy sinh vật trong đời sống con người

Trong đời sống con người, thủy sản trước hết là nguồn thực phẩm protein động vật không thể thiếu và ngày càng quan trọng đối với hầu hết các quốc gia trên thế giới. Theo số liệu của FAO, cho tới nay, bình quân thủy sản cung cấp cho con người từ 13.8-16.5% nhu cầu thực phẩm protein và khoảng 3-4% lipid động vật, tỷ lệ này có xu hướng ngày càng tăng. So với năm 1960, tiêu thụ thức ăn thủy sản bình quân trên thế giới mới là 9kg/người/năm thì tới năm 2000 đã lên tới 15.9kg/người/năm. Mức độ tiêu thụ thủy sản cho nhu cầu thực phẩm rất khác nhau ở từng nước, tùy theo tiềm năng nguồn lợi thủy sản, khả năng khai thác và tập quán dân tộc. Theo thống kê, hiện có 13 nước trên thế giới sử dụng thủy sản

100% cho nhu cầu protein động vật, 54 nước sử dụng từ 50-99%. Có những nước do đặc điểm thiên nhiên và tập quán hầu như không sử dụng thủy sản, như Mông Cổ. Các nước ở khu vực Nam Á, Trung Đông sử dụng ở mức độ thấp, chỉ từ 1-2kg/người/năm. Các nước Châu Mỹ, Châu Âu và Úc sử dụng ở mức độ trung bình từ 4-10 kg/người/năm. Mức độ sử dụng cao nhất là ở các nước có công nghiệp nghề cá phát triển như Thụy Điển, Nhật, Na Uy, Đan Mạch, sử dụng tới 16-27 kg/người. Tuy nhiên, cũng đáng lưu ý là, tuy có tỷ lệ diện tích lớn tới 71% diện tích bề mặt trái đất, song thủy sản mới chỉ chiếm khoảng 1% nhu cầu thực phẩm nói chung cho con người, trong khi đó, tuy chỉ chiếm khoảng 30% diện tích, song phần lục địa lại cung cấp cho con người tới 99% nhu cầu thực phẩm hàng ngày. Điều này có nguyên nhân, do nguồn lợi thủy sản, ngay cả ở biển và đại dương cũng chỉ có hạn, mặt khác, do con người còn chưa có đủ khả năng kỹ thuật để khai thác hết tiềm năng tài nguyên các thủy vực trên trái đất.

Bên cạnh giá trị về thực phẩm, sinh vật biển còn cung cấp cho con người nhiều loại nguyên liệu có giá trị đặc biệt. Cho tới nay, đã có đến 14.000 hợp chất được phân lập từ sinh vật biển, trong đó, đã phát hiện nhiều hợp chất có hoạt tính sinh học cao có giá trị dược liệu, đặc biệt là các độc chất (biotoxin), các lipoid. Từ đó, dược liệu biển trở thành một lĩnh vực rất quan trọng trong dược học. Mỡ cá voi còn có thể dùng để chế xà phòng, glycerin, dầu xoa. Các động vật không xương sống như trai ngọc, san hô, là nguyên liệu làm mỹ phẩm có giá trị xuất khẩu cao. Các động vật tạp (sao biển, cầu gai, cá tạp...) được làm thức ăn cho gia súc hay phân bón. Ngoài động vật, các loài rong biển, tảo nước ngọt cũng là nguồn lợi thủy sản quan trọng đang được chú ý khai thác. Rong biển là nguồn thực phẩm quan trọng ở nhiều nước như ở Nhật...

Các nghiên cứu về tiềm năng sử dụng các chất có hoạt tính sinh học từ sinh vật biển ở Việt Nam bước đầu đã cho một số kết quả: rất nhiều các sản phẩm chiết xuất từ sinh vật biển có hoạt tính kháng khuẩn, kháng virus được nghiên cứu ứng dụng rộng rãi trong y tế. Một số chế phẩm có hoạt chất sinh học cao như chế phẩm amoebocyte lysate được chiết từ máu con sam biển, được sử dụng để thử nghiệm phát hiện nội độc tố của một số chế phẩm sinh học (Lâm Ngọc Trâm và cộng sự, 1999). Các hợp chất quý như Holothurin A và Holothurin B được chiết từ các loài Hải sâm

(*Holothuria vagabunda*, *H. martensi*) đã được xây dựng thành quy trình tách chiết và được cấp bằng độc quyền sáng chế (Châu Văn Minh và cộng sự, 2006). Ngoài ra, nhiều hợp chất quý khác với các tính năng được liệu khác nhau được tách chiết từ các loài sinh vật biển cũng đã được các nhà khoa học của Việt Nam thực hiện.

Các loài tảo nước ngọt như *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Spirulina* đang được chú trọng nuôi trồng, nhất là *Chlorella* vì có đặc tính dinh dưỡng cao (50% protein với 10 axit amin không thay thế, 30% glucit, 10% lipid, nhiều loại vitamin). Tảo *Chlorella* còn đang được nghiên cứu để dùng trong du hành vũ trụ, vừa làm thức ăn, vừa để cung cấp ô xy và hút CO₂ nhờ quang hợp. Ngoài giá trị dùng làm thực phẩm, rong biển còn là nguyên liệu để chế nhiều chất dùng trong y học và công nghiệp như: aga, caragenan (thạch), acid alginic, iốt, kali, vitamin, xenluloza để làm giấy, làm phân bón, làm thức ăn cho gia súc (rong biển và thực vật lớn nước ngọt).

Sau các thủy sinh vật là đối tượng khai thác, phải kể đến các thủy sinh vật làm thức ăn cho chúng. Khối lượng thủy sinh vật này cũng rất lớn gồm các thành phần: động vật và thực vật nổi, động vật và thực vật đáy, thực vật lớn ven bờ, động vật sống quanh bụi cây thủy sinh, động vật tự bơi, vi khuẩn, quan trọng nhất là các nhóm: tảo giáp, tảo silic, tảo lục, luân trùng, giáp xác nhỏ, động vật nguyên sinh, ấu trùng côn trùng và côn trùng trưởng thành ở nước, giun ít tơ và giun nhiều tơ, trai ốc nhỏ.

Thuộc vào nhóm thủy sinh vật có lợi còn phải kể các động vật có khả năng lọc sạch nước. Nhờ lối ăn lọc và lắng, chúng chuyển hóa các chất hữu cơ và vô cơ, tích tụ trong cơ thể hoặc chuyển xuống nền đáy, làm giảm độ bẩn của nước bị nhiễm bẩn trong thiên nhiên.

Bên cạnh mặt lợi ích trong đời sống con người, thủy sinh vật cũng gây ra những tác hại, nhiều khi rất nghiêm trọng. Nhiều thủy sinh vật là vật chủ trung gian của nhiều loại giun kí sinh nguy hiểm ở con người và gia súc như ốc Bithyniidae, ốc Planorbidae, giáp xác Copepoda, cua, truyền các bệnh giun sán như sán lá gan, sán dải, sán lá phổi. Một số loài đĩa ở các thủy vực nhiệt đới hút máu người và gia súc (*Hirudinaria*), ký sinh một thời gian trong lỗ mũi và phế quản của người và gia súc, có khi gây nguy hiểm cho tính mạng (*Dinoebdella*). Giai đoạn đầu của chu trình phát triển của các loài muỗi, trong đó có muỗi truyền bệnh sốt rét, sốt xuất huyết là ở trong

các thủy vực. Trong ngư nghiệp và nông nghiệp, cũng có những thủy sinh vật gây tác hại quan trọng cho thủy sản và cây trồng. Các ấu trùng chuồn chuồn, bọ gạo (côn trùng cánh nửa dưới nước), giáp xác chân chèo ăn hại cá con. Các loài thủy sinh vật ăn thịt (cá, sao biển) ăn hại cá và các đối tượng thủy sản khác. Các loài giun sán, động vật nguyên sinh, giáp xác kí sinh, nấm kí sinh có khi gây chết hàng loạt cá nuôi. Ở các ruộng cấy lúa nước, người ta đã xác minh tác hại của các loài giáp xác *Apus*, ấu trùng *Chironomidae* (*Cricotopus*), ốc bươu vàng, cắn lúa, phá hoại bèo hoa dâu.

Trong giao thông hàng hải, các loài hàu là những vật đục phá tàu thuyền, các công trình bên cảng, gây tác hại nghiêm trọng. Các sinh vật bám (rong, tảo, hà, giun...) bám ngoài các vỏ tàu, phá hoại vỏ tàu và làm nặng tàu, giảm tốc độ tới 50% và làm tốn tới 30% nhiên liệu, nhất là ở các vùng biển nhiệt đới. Các sinh vật phát quang ở biển, quan trọng nhất là trùng roi *Noctiluca niliaris* và các vi khuẩn phát quang, phát ra ánh sáng khi tàu di chuyển trên mặt biển ban đêm, làm lộ mục tiêu, gây khó khăn cho hoạt động quân sự của hải quân trên biển. Các sinh vật bám ở nước ngọt, có mật độ cao còn có thể gây bẩn, làm tắc các ống dẫn nước gây tác hại cho các thiết bị thủy điện.

Về mặt tác hại của thủy sinh vật, còn phải nói đến một tác nhân gây hại quan trọng khác rất được quan tâm gần đây là các loài tảo độc ở biển và cả ở nước ngọt. Tảo độc có trong các nhóm vi khuẩn lam, tảo giáp (tảo hai roi), tảo silic, tảo kim, song chủ yếu là trong nhóm Tảo hai roi (*Dinoflagellata*) và vi khuẩn lam. Các loài tảo độc khi phát triển mạnh ở biển gây nên hiện tượng "thủy triều đỏ" ở các vùng biển nhiệt đới ven bờ. Tác hại của tảo độc có thể ở hai mặt, các vi khuẩn lam như *Trichodesmium* ở biển, *Microcystis* ở nước ngọt khi phát triển nở rộ làm biến đổi tính chất môi trường, gây chết cho tôm, cá hàng loạt. Loại tác hại thứ hai thấy ở các loài tảo hai roi như *Prorocentrum*, *Alexandrium*, *Dinophysis*... có chứa các loại độc tố, khi vào cơ thể các loài tôm, cua, trai, hàu ở biển là thực phẩm, sẽ gây độc cho người ăn phải các thực phẩm đó.

2. Khai thác nguồn lợi sinh vật các thủy vực

Nguồn lợi sinh vật tự nhiên các thủy vực rất đa dạng. Nguồn lợi chủ yếu là thủy sản, bao gồm các hải sản ở biển và đại dương và thủy sản nước ngọt nội địa. Thành phần hải sản truyền thống là cá biển, tôm cua biển, trai ốc, mực, cá voi, các loại rong biển. Ngoài ra, còn có những loại đặc sản của từng địa phương như: rùa biển, chim biển, giun biển, hải sâm. Ngoài hải sản, nguồn lợi sinh vật biển còn có thể kể: thực vật ngập mặn ven bờ, cỏ biển, san hô... cũng được khai thác và sử dụng vào các mục đích khác nhau. Thủy sản nội địa chủ yếu bao gồm cá nước ngọt, nước lợ, tôm cua, trai ốc nước ngọt.

Theo tính toán của các nhà khoa học, hàng năm các đại dương sản sinh ra khoảng 300-320 triệu tấn cá và hải sản khác. Từ con số này, có thể cho phép khai thác khoảng 100-120 triệu tấn hải sản là hợp lý, không ảnh hưởng tới trữ lượng.

2.1. Khai thác nguồn lợi thủy sản thế giới

Theo thống kê của tổ chức FAO, tổng sản lượng thủy sản thế giới trong nửa thế kỉ qua kể cả khai thác và nuôi trồng, thủy sản biển và nội địa, đã tăng từ 19.8 triệu tấn năm 1950 tới 142.5 triệu tấn năm 2000 và 155.8 triệu tấn năm 2004. Trong số này, riêng sản lượng đánh bắt thủy sản tự nhiên, cả ở biển và nước ngọt nội địa, đã tăng từ 19.2 triệu tấn năm 1960 tới 96.8 triệu tấn năm 2000.

Trong tổng sản lượng thủy sản khai thác tự nhiên, bao giờ hải sản cũng chiếm tỷ lệ cao tuyệt đối, chiếm tới 90%, còn thủy sản nội địa chỉ 9-10%. Tuy nhiên, trong thập kỉ 90, tỷ lệ đã có nhiều thay đổi, sản lượng thủy sản nội địa đã tăng từ 16-23.1%, còn hải sản lại giảm từ 84-76.9% (năm 2000). Trong sản lượng hải sản, cá biển thường chiếm tỉ lệ cao nhất tới 85%, rồi tới các loại thân mềm (8.4%) và giáp xác biển (6.8%), sau mới tới rong biển và cá voi. Tỷ lệ này có xu hướng thay đổi, theo đó cá biển có xu hướng giảm, trong khi đó các hải sản khác lại tăng lên. Trong sản lượng thủy sản nội địa, cá nước ngọt chiếm tỉ lệ cao nhất, tới 86.3% năm 2000, tôm cua và trai ốc nước ngọt chỉ dưới 10%.

Theo số liệu về tình hình sản lượng khai thác thủy sản tự nhiên trên thế giới trong thập kỉ 90 của thế kỷ vừa qua, có thể thấy vào cuối thập kỉ này, sản lượng hải sản chỉ tăng rất ít, tuy kỹ thuật và

cường độ đánh bắt được cải tiến, tăng cường, chỉ đạt mức 85-96 triệu tấn (bảng 6.14). Đáng chú ý trong giai đoạn này, sản lượng hải sản ngoài cá (thân mềm, giáp xác) lại có chiều hướng tăng cao so với trước đây. Trong khi đó, sản lượng thủy sản nước ngọt nội địa lại có tăng trưởng rõ rệt và vững chắc từ 6.7 triệu tấn năm 1994 tới 8.8 triệu tấn năm 2000. Tình hình trên thể hiện tình trạng suy giảm nguồn lợi hải sản thế giới trong giai đoạn vừa qua.

Về phân bố sản lượng hải sản trên các đại dương, Thái Bình Dương vẫn là khu vực có sản lượng lớn nhất, rồi đến Đại Tây Dương và Ấn Độ Dương. Tuy nhiên, sản lượng khai thác hải sản ở cả 3 đại dương đều có hiện tượng giảm sút, trong thời gian cuối thập kỷ 90. Về các vùng nước trên đại dương thế giới, vùng nước phía bắc có sản lượng lớn nhất chiếm tới 46.8% sản lượng thế giới, vùng xích đạo đứng thứ hai 29% và vùng phía nam chỉ là 14%.

Về khai thác hải sản ở các quốc gia, theo công bố của tổ chức FAO năm 2000, có 20 nước dẫn đầu thế giới với sản lượng khai thác hải sản từ 1 triệu tấn/năm trở lên (bảng 6.15). Trong số này, đứng đầu là Trung Quốc với 16.98 triệu tấn. Có 6 nước có sản lượng từ 3-5 triệu tấn/năm, trong đó có Nhật, Mỹ, Nga, Ấn Độ, Indonesia. Các nước có sản lượng từ 1-3 triệu tấn/năm gồm 12 nước, trong đó có Việt Nam (1.44 triệu tấn). Số nước còn lại chỉ có sản lượng dưới 1 triệu tấn/năm.

Bảng 6.14. Sản lượng thủy sản trên thế giới qua các thập kỷ (1950-2004)

Đơn vị: nghìn tấn

Sản lượng	Năm						
	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2004
Tổng sản lượng	19.858	36.738	67.241	75.587	102.78	142.522	155.870
Sản lượng đánh bắt	19.220	34.709	63.716	68.240	85.954	96.864	96.462
Sản lượng nuôi	638	2.029	3525	7347	16.827	45657	59.408
SLnuôi/tổng SL (%)	3.2	5.5	5.2	9.7	16.4	32.0	38.1

Nguồn: Tạp chí Thủy Sản. 10/2006 (Lê Thanh Lựu)

Bảng 6.15. Tổng sản lượng thủy sản và sản lượng đánh bắt hải sản của nhóm các nước trên 1 triệu tấn (số liệu năm 2000)

Đơn vị: triệu tấn

T/T	Nước	Sản lượng năm 2000	T/T	Nước	Sản lượng năm 2000
1	Trung Quốc	41,5 (16.98)	11	Aixolen	1,98 (1.98)
2	Pêru	10,6 (10.56)	12	Philippin	2,3 (1.89)
3	Nhật	5,7 (4.99)	13	Hàn Quốc	2,1 (1.82)
4	Mỹ	5,2 (4.74)	14	Đan Mạch	1,5 (1.53)
5	ChiLê	4,7 (4.30)	15	Việt Nam	1,95 (1.44) (1)
6	Indônêxia	4,9 (4.14)	16	Mehicô	1,4 (1.31)
7	Nga	4,0 (3.97)	17	Malaixia	1,4 (1.29)
8	Ấn Độ	5,7 (3.59)	18	Đài Loan	1,2 (0.97)
9	Thái Lan	3,6 (2.92)	19	Miến Điện	1,1 (1.07)
10	Na Uy	3,2 (2.70)	20	Banglăđet	1,6 (1.00)

Nguồn: Thông tin KHCN Kinh tế thủy sản, 5-9/2002.

(1). Theo số liệu tổng kết của Bộ Thủy sản: Khai thác hải sản Việt Nam năm 2000 đạt 1,28 triệu tấn (Thông tin KH & CN Thủy sản, 1/2001).

2.2. Nuôi trồng thủy sản trên thế giới

Nuôi trồng thủy sản đã có từ lâu đời và ngày càng có vai trò quan trọng trong sản xuất thủy sản thế giới. Như ta biết, mức tiêu thụ thủy sản của thế giới ngày càng tăng, trong khi đó, sản lượng khai thác thì đã tới mức giới hạn, dự đoán trong vài thập kỷ tới, khai thác hải sản cũng chỉ đạt tới mức 100 triệu tấn/năm. Vì vậy, trong tương lai, sản lượng thủy sản cung cấp cho nhu cầu thực phẩm tăng cao phải trông vào nuôi trồng thủy sản.

Trong nửa cuối thế kỷ vừa qua, sản lượng nuôi trồng thủy sản không ngừng tăng lên, từ khoảng nửa triệu tấn vào năm 1950, chỉ

chiếm 3.2% tổng sản lượng thủy sản toàn thế giới, đến năm 2004 đã đạt tới gần 60 triệu tấn/năm, chiếm tới 38.1% tổng sản lượng. Dự báo trong tương lai, sản lượng nuôi trồng thủy sản sẽ ngang hoặc có thể vượt sản lượng khai thác. Các nước có sản lượng nuôi trồng thủy sản trên 500 nghìn tấn/năm là: Trung Quốc, Ấn Độ, Nhật, Indônêxia, Bangladesh, Thái Lan, Việt Nam. Riêng Trung Quốc có sản lượng nuôi trồng thủy sản chiếm tới 68% sản lượng nuôi trồng thủy sản toàn thế giới, năm 2000 đạt tới 20.8 triệu tấn, trong khi các nước còn lại chỉ từ 0.5-2 triệu tấn.

Nuôi trồng thủy sản bao gồm nuôi biển (nước mặn) và nuôi thủy sản nội địa (nước ngọt và nước lợ)

Nuôi biển

Nuôi hải sản thường chiếm trên dưới 50% tổng sản lượng nuôi thủy sản. Đối tượng nuôi biển trong 50 năm qua gồm: trai hàu, giáp xác, rong biển, song qua thời gian đã có những thay đổi về sản lượng. Vào những năm 500, sản lượng chủ yếu là trai hàu (89%), rong biển (11%), các đối tượng khác rất ít. Đến những năm 70, trai hàu giảm xuống còn 46%, rong biển tăng lên 51% và cá 3%. Cho tới những năm 90, tỷ lệ này là 43-46-9 và giáp xác là 2%.

Trong nhóm trai hàu, đối tượng quan trọng là hàu lớn Thái Bình Dương (*Crassostrea gigas*), sau đến ngao (*Meretrix*), sò (*Anadara granosa*), vẹm xanh (*Mytilus edulis*). Tôm nuôi quan trọng là tôm sú (*Penaeus monodon*), tôm he Nam Mỹ (*Penaeus vannamei*), tôm thẻ (*Penaeus mesguiensis*). Cá biển nuôi có hai nhóm: cá di cư và cá không di cư. Các đối tượng quan trọng là cá hồi (*Salmo*, *Oncorhynchus*), cá chình (*Anguilla*), cá măng biển (*Chanos*), cá chẽm (*Lates*), các loài cá mú (*Dicentrarchus*), cá cam (*Seriola*), cá song (*Epinephelus*), cá nóc (*Tetraodontidae*), cá đối (*Mugil*), cá bơn (*Psetta*), cá ngừ (*Thunus*), cá tuyết Đại Tây Dương (*Gadus morhua*). Nghề nuôi hải sản hiện nay phát triển mạnh nhất ở Châu Á, chiếm tới 87% sản lượng nuôi toàn thế giới.

Nuôi thủy sản nội địa

Nuôi thủy sản nội địa có từ lâu đời, có vai trò quan trọng trong đời sống hàng ngày của người dân. Sản lượng nuôi trồng thủy sản nội địa chiếm phần chủ yếu, tới 80.5 % trong sản lượng nuôi trồng thế giới (năm 1998). Xét về giá trị, thủy sản nuôi trồng nội

địa nhìn chung thấp hơn sản phẩm nuôi trồng biển, chủ yếu chỉ phục vụ tiêu dùng nội địa.

Đối tượng nuôi trồng thủy sản nội địa rất phong phú, trên toàn thế giới đã thống kê được 151 loài cá, 39 loài tôm cua, 72 loài thân mềm được nuôi. Về cá, các loài phổ biến là thuộc họ cá chép (chép, mè, trôi, trắm), cá rô phi, cá rô hu (*Labeo rohita*), cá migan (*Cirrhinus mrigala*), cá catla (*Catla catla*), cá hồi nước ngọt (*Onchorhynchus mykiss*), cá măng biển (*Chanos chanos*), cá chình Nhật (*Anguilla japonica*), tôm sú, tôm thẻ, tôm càng xanh, cua xanh.

Châu Á vẫn là nơi có sản lượng nuôi trồng cao nhất, 1998 chiếm tới 88.6% sản lượng nuôi trồng thế giới. Sau 10 năm (1969-1998) nuôi trồng Châu Á tăng tới 277%, trong đó chủ yếu là sản phẩm nuôi trồng nội địa. Trong Châu Á, Trung Quốc vẫn là nước đứng đầu về nuôi trồng thủy sản, năm 1998 chiếm tới 68% sản lượng nuôi trồng thế giới, trong đó 40% là thủy sản nước ngọt. Sản lượng nuôi trồng nước ngọt của Trung Quốc năm 1998 chiếm tới 71% sản lượng nuôi trồng nước ngọt thế giới (12.8 triệu tấn). Các đối tượng nuôi chủ yếu là cá họ cá chép, trai nước ngọt, tôm, rong biển.

Bảng 6.16. Sản lượng nuôi trồng thủy sản thế giới từ 1989-1998 của các nước trên 0.5 triệu tấn (không kể rong biển)

Đơn vị: tấn

T/T	Nước	1989	1991	1993	1995	1997	1998
1	Trung Quốc	6.045	6.881	10.356	15.855	19.315	20.795
2	Ấn Độ	1.012	1.220	1.426	1.686	1.862	2.029
3	Nhật Bản	804	803	833	820	806	766
4	Indônêxia	500	517	600	635	662	696
5	Banglăđet	194	203	282	380	512	583
6	Thái Lan	292	353	457	559	552	569
7	Việt Nam	163	165	183	452	494	522

Nguồn: Thông tin KHCN Kinh tế thủy sản, 5-9/2002.

2.3. Khai thác nguồn lợi thủy sản ở Việt Nam

Khai thác nguồn lợi hải sản

Kết quả điều tra, đánh giá nguồn lợi gần đây nhất cho biết biển Việt Nam có trữ lượng cá biển khoảng 3,1-4,2 triệu tấn, khả năng khai thác khoảng 1,4-1,6 triệu tấn. Ngoài ra còn có nguồn lợi tôm biển khoảng 58.000 tấn tôm và 123.000 tấn mực. Phân bố nguồn lợi như sau (Theo Viện Nghiên cứu Hải sản, 2006).

Bảng 6.17. Trữ lượng và khả năng khai thác hải sản tại một số vùng biển của Việt Nam

Vùng nước	Trữ lượng	Khả năng khai thác (tấn)
Ven bờ	694.700	331.050
Xa bờ	2.378.100	1.095.550
Tổng cộng	3.072.800	1.426.600

Vùng biển	Trữ lượng (tấn)	Khả năng khai thác (tấn)
Vịnh Bắc Bộ	542.730	256.092
Miền Trung	622.494	298.998
Đông Nam Bộ	908.879	514.952
Tây Nam Bộ	478.689	223.675
Giữa Biển Đông	510.000	230.000
Gò nổi	10.000	2.500
Toàn vùng biển	3.072.792	1.426.617

Nguồn: Viện Nghiên cứu Hải sản, 2006.

Ở vùng biển Trường Sa, trữ lượng tức thời được xác định là 181.584 tấn, khả năng khai thác 90.792 tấn.

Về đối tượng khai thác tự nhiên, vùng biển Việt Nam có khoảng 130 loài cá kinh tế, trong số này, chỉ có một số loài có tỷ lệ lớn trong các mẻ lưới. Trong nhóm cá tầng trên (cá nổi), có thể phân biệt 2 nhóm:

a) Cá nổi nhỏ ven bờ.

Các loài quan trọng như cá nục (*Decapterus*), cá đé (*Ilisha*), cá trích (*Sardinella*), cá khế (*Caranx*), cá cơm (*Stolephorus*), cá chỉ vàng (*Selaroides*), cá mòi (*Clupanodon*), cá hổ (*Trichiurus*), cá nhụ (*Polynemus*), cá chim đen (*Formio*), cá liệt (*Leiognathus*).

b) Cá nổi lớn vùng khơi.

Gồm một số loài trong họ cá thu ngừ Scombridae (*Scomber*, *Rastrelliger*, *Scomberomorus*), họ cá ngừ Thunnidae (*Auxis thazard*, *Euthynnus affinis*, *Katsuwonus pelamis*), họ cá chuồn Exocoetidae.

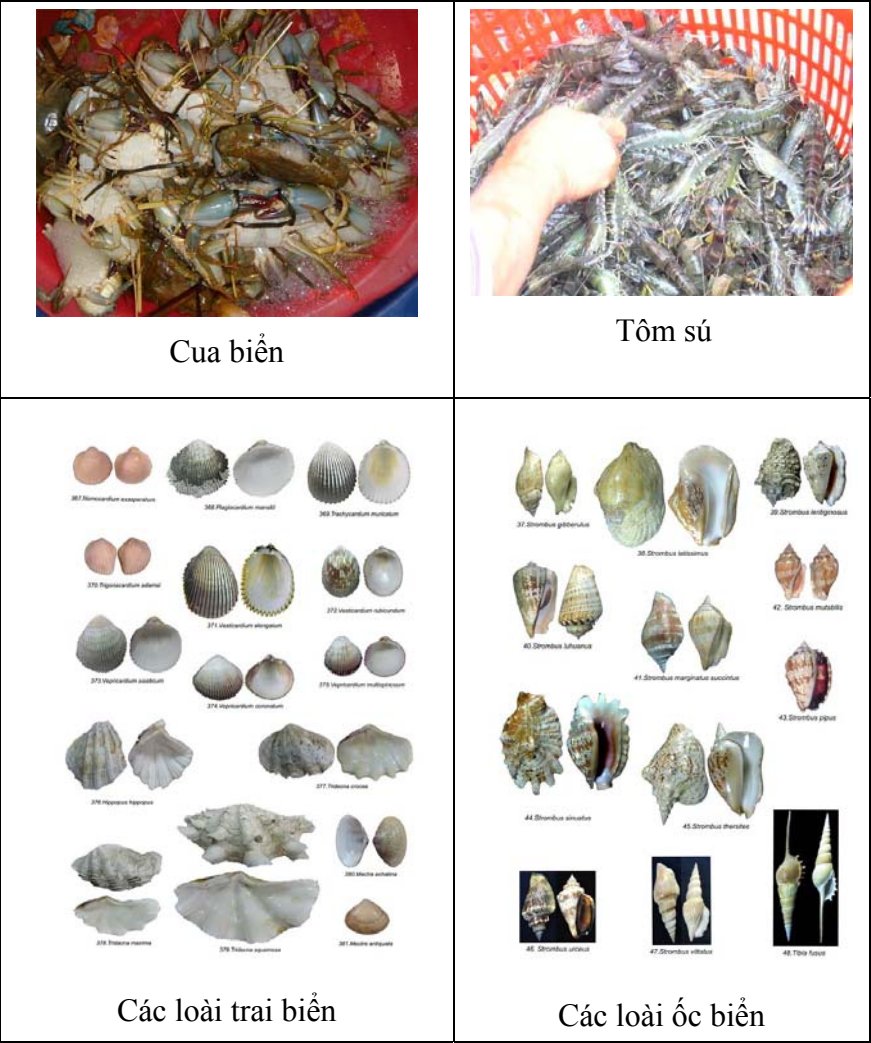
Trong nhóm cá tầng đáy, có các loài quan trọng như: cá hồng (*Lutianus*), cá lượng (*Nemipterus*), họ cá trác Priacanthidae (*Priacanthus*), cá phèn (*Upeneus*), cá sạo (*Pomadasys*), cá song (*Epinephelus*), cá đối (*Mugil*), cá bơn Cynoglossidae (*Cynoglossus*), cá mồi Synodidae (*Saurida*).

Nguồn lợi tôm biển, với các loài quan trọng như tôm he (*Penaeus*, *Metapenaeus*, *Parapenaeopsis*), tôm vồ (*Ibacus*, *Thenus*, *Scyllarus*), tôm hùm (*Panulirus*).

Ngoài ra còn phải kể đến nhóm cá san hô như cá bướm (*Chaetodon*), cá thia (*Pomacentrus*), cá bàng chài (*Halichoeres*) là các loài cá cảnh có giá trị. Nguồn lợi mực có các loài có giá trị cao là: mực nang (*Sepia*), mực ống (*Loligo*), mực đại dương (*Stenoteuthis*).

Nguồn lợi đặc sản biển Việt Nam có nhiều loài ốc, điệp, sò, ngao, hào, tu hài... phân bố ở vùng triều và dưới triều.

Nghề cá biển Việt Nam được coi là một ngành kinh tế phát triển nhanh chóng trong thời gian qua. Từ 1990 tới 2003, tổng sản lượng đánh bắt và nuôi trồng đạt 2.53 triệu tấn (tăng 2.6 lần), giá trị xuất khẩu tăng gần 10 lần. Sản lượng khai thác cá biển tăng từ 0.5 triệu tấn năm 1980 đến 1.44 triệu tấn năm 2003. Năm 2005, tổng sản lượng thủy sản đã đạt 3.432 triệu tấn, trong đó sản lượng khai thác đạt 1,995 triệu tấn (khai thác biển 1.809, khai thác nội địa 185 triệu tấn), sản lượng nuôi trồng 1,437 triệu tấn (Tạp chí Thủy sản, 1/2006).



Hình 6.7. Một số loài hải sản có giá trị kinh tế

Tuy nhiên, nghề cá biển Việt Nam vẫn là nghề cá quy mô nhỏ, hoạt động đánh bắt chủ yếu tập trung ở vùng nước ven bờ, tình hình này kéo dài trong thời gian dài đã ảnh hưởng xấu tới nguồn lợi cá ven bờ. Sản lượng khai thác bền vững của cá ven bờ theo đánh giá ước tính khoảng 600.000 tấn, nay sản lượng khai thác thực tế đã vượt quá xa mức cho phép đạt tới khoảng 1.1 triệu tấn.

Để giảm áp lực cho nguồn lợi cá ven bờ, từ giữa thập kỷ 90, nhà nước ta đã có Chương trình phát triển nghề cá xa bờ. Do nhiều nguyên nhân quản lý và kỹ thuật, kết quả của Chương trình này còn bị hạn chế, cho tới nay sản lượng khai thác ở vùng biển xa bờ mới đạt khoảng 600.000 tấn, trong khi khả năng khai thác cho phép ước tính 1.100.000 tấn.

Khai thác thủy sản nội địa

Sản lượng cá nước ngọt tự nhiên ở Việt Nam được khai thác từ sông, suối, cá hồ chứa nước và hồ tự nhiên không nuôi cá, ruộng lúa. Trong khoảng 15 năm, từ 1981-1994, sản lượng cá nước ngọt nội địa biến động trong khoảng 180.000-415.280 tấn/năm, chiếm khoảng 26-32% tổng sản lượng cá khai thác trong cả nước trong thời gian này.

Đối tượng khai thác ở các thủy vực nước ngọt nội địa chủ yếu là cá nước ngọt, nước lợ. Ngoài ra còn có nguồn lợi tôm, cua, trai, ốc nước ngọt chiếm sản lượng không lớn.

Thành phần loài cá nội địa khai thác ở Việt Nam khá đa dạng, bao gồm nhiều nhóm sinh thái. Ở miền Bắc Việt Nam (đồng bằng sông Hồng) gồm nhóm cá sông (các loài họ cá chép, cá chình, cá lăng; nhóm cá biển di cư vào sông (cá mè, cá chày); nhóm cá đồng (các loài cá quả *Channa*, cá rô (*Anabas*), cá trê (*Clarias*), lươn (*Fluta*). Sản lượng khai thác hàng năm đồng bằng sông Hồng khoảng 40.000 tấn thủy sản mặn lợ (Mai Đình Yên, 1994). Sản lượng cá tự nhiên này đang có xu hướng giảm dần.

Ở miền Nam Việt Nam (đồng bằng sông Cửu Long) có thành phần cá khai thác mang tính chất cá nhiệt đới điển hình, với các loài trong họ cá chép (74 loài), họ cá dĩa tron Siluriformes (51 loài), gồm các nhóm sinh thái khác nhau. Nhóm cá gốc biển di cư vào sông, như cá cơm, cá chày, cá thu sông, cá bơn, có thể di cư tới vùng Biên Hồ - Campuchia. Nhóm cá sông (cá trắng), đại diện là cá lạch, cá duồng, cá mè, cá vinh, cá tra, cá basa, cá thác lát. Nhóm cá đồng (cá đen) như cá lóc, cá rô, cá sặc, cá lươn. Nhóm cá nước lợ như cá trích, cá đối, cá bống. Ngoài ra còn phải kể nhóm tôm nước lợ, ngọt đại diện là tôm càng xanh, một số loài ngêu, sò. Có nhiều loài cá có kích thước lớn, như cá hô, cá tra dầu, cá trên dóc, cá leo, cá bông lau. Sản lượng cá nội địa tự nhiên khai thác ở vùng đồng bằng sông

Cửu Long năm 1998 là 97.774 tấn; chiếm 45% tổng sản lượng thủy sản nội địa vùng này (bao gồm cả cá mèi).

Nuôi trồng thủy sản ở Việt Nam

Việt Nam có nhiều điều kiện thiên nhiên thuận lợi cho phát triển nuôi trồng thủy sản. Diện tích có khả năng nuôi trồng thủy sản ước tính khoảng 1.700.000ha. Trên dải ven bờ bao gồm khoảng 660.000 ha vùng triều, 60.000ha đầm phá ven biển, hàng trăm nghìn ha vùng vịnh ven bờ và vùng cát ven biển có khả năng nuôi trồng. Trên đất liền, có khoảng 120.000ha ao hồ nhỏ, ruộng vườn, 340.000ha hồ chứa nước. Cho tới nay, diện tích được sử dụng vào nuôi trồng mới chỉ chiếm khoảng 50% diện tích khả năng.

Điều kiện khí hậu, thủy văn nhìn chung là thuận lợi cho đời sống các đối tượng nuôi trồng, nhất là ở miền Nam Việt Nam, với khí hậu nhiệt đới, không có mùa đông lạnh. Về kỹ thuật nuôi trồng và điều kiện thị trường, tiêu thụ sản phẩm, sau một thời gian dài trong chế độ bao cấp, nuôi trồng thủy sản còn ở trong trình độ thấp, sau khi đất nước thống nhất, nhất là sang thời kì đổi mới, nuôi trồng thủy sản đã phát triển mạnh mẽ, cả về diện tích, kỹ thuật và số lượng chất lượng sản phẩm.

Về nuôi trồng hải sản vùng ven biển đã có những bước phát triển mới về đối tượng và kỹ thuật. Đối tượng nuôi trồng hải sản trước thời kì đổi mới, trong những năm 60-80 còn hạn chế, ở miền Bắc chủ yếu chỉ gồm một số ít loài truyền thống: tôm bạc (*Penaeus mesguiensis*), tôm rảo (*Metapenaeus ensis*), cá đối (*Mugil cephalus*), rong câu (*Gracilaria asiatica*). Cho tới nay, đối tượng nuôi hải sản đã được mở rộng về thành phần, hội nhập với hoạt động nuôi trồng trong khu vực, bao gồm nhiều nhóm hải sản như: cá măng biển, cá song, cá chẽm, cá bống bóp, tôm càng xanh, tôm he, tôm sú, tôm he chân trắng, tôm hùm (*Palinurus*); cua xanh; trai hào (traí ngọc, sò huyết, hào sông, tu hài, vẹm xanh, điệp, ngao); ốc hương; rong câu, rong sụn. Ngoài ra còn có một số đặc sản có giá trị khác cũng được nuôi trồng ở qui mô nhỏ, như: cá ngựa (*Hippocampus*), hải sâm (*Stichopus*), bào ngư (*Haliotis*).

 Cá Măng ở thượng nguồn sông Bung (hệ thống sông Vu Gia-Thu Bồn) Quảng Nam	 Ba ba 
 Tảo lục bám đáy ở suối được sử dụng làm thực phẩm	 Cá trê vàng
 Cá Thác lát ở hồ Núi Một (Bình Định)	 Ốc biêu

Hình 6.8. Một số loài thủy sản nước ngọt nội địa có giá trị kinh tế

Về kĩ thuật nuôi tôm, đã có những tiến bộ từ nuôi quảng canh, với nguồn giống và thức ăn tự nhiên năng suất thấp dưới 0.5 tấn/ha chuyển sang nuôi bán thâm canh và thâm canh, với nguồn giống và thức ăn nhân tạo, với thiết bị sục khí, các chế phẩm làm sạch môi trường nuôi. Kĩ thuật nuôi thâm canh đã cho năng suất nuôi tôm sú đạt tới 2-4 tấn/ha.

Đặc biệt, trong thời gian 5 năm gần đây, phát triển về nuôi tôm trên cát ven biển, mở ra những hướng mới tận dụng diện tích bãi cát ven biển, vốn dễ hoang hóa từ lâu. Tuy nhiên, sự phát triển mạnh nuôi trồng hải sản vùng ven biển chủ yếu là nuôi tôm sú, một mặt mang lại nguồn lợi mới, mặt khác cũng nảy sinh những vấn đề suy thoái ô nhiễm môi trường, hậu quả của các biện pháp kĩ thuật nuôi chưa đảm bảo được an toàn sinh thái cho môi trường nuôi.

Về nuôi trồng thủy sản nước ngọt, lợ nội địa cho tới nay cũng đã có những đổi mới nghề nuôi truyền thống, đạt được những tiến bộ mới.

Về đối tượng nuôi, cùng với các loài truyền thống như: cá chép, cá mè trắng, cá trôi, cá trắm đen, cá diếc... ở miền Bắc, cá tra, cá ba sa, cá vồ, cá lóc bông, cá bống tượng... đã có thêm nhiều loài nhập nội như: cá rô phi đen (*Oriochromis moxambius*), rô phi vằn (*O. niloticus*), rê phi (*Clarias gariepinus*) từ Châu Phi, cá mè hoa (*Aristichthys nobilis*), trắm cỏ (*Ctenopharyngodon idellus*), mè trắng Hoa Nam (*Hypophthalmichthys molitrix*) từ Trung Quốc, cá chép kính Hung, cá Rohu (*Labeo rohita*), cá mrigan (*Cirrhinus mrigala*), cá catla (*Catla catla*) từ Ấn Độ. Nguồn giống cá, từ vớt nguồn giống tự nhiên ở các thượng lưu, trung lưu sông lớn, đã tiến tới tạo nguồn giống nhân tạo cho nhiều loài cá nuôi. Với kĩ thuật lai kinh tế cũng đã tạo được nhiều giống cá nuôi tốt, như lai cá chép trắng với cá chép kính Hungari; lai cá rô phi để tạo tỷ lệ cá đực cao, lai cá trê phi với cá trê nội địa; lai mè trắng Việt Trì với mè trắng Trung Quốc; lai mè trắng và mè hoa.

Về thành phần cá nuôi nội địa, còn phải kể nhiều loài cá cảnh nội địa và nhập nội có giá trị kinh tế cao.

 Ao nuôi tôm sú công nghiệp	 Nuôi trai cấy ngọc ở vịnh Bái Tử Long
 Thuyền đánh cá ở hồ Yaly	 Cào tôm
 Cào động vật đáy tại bãi triều	 Quăng chài
 Thu hoạch tôm sú tại đầm nuôi	 Sinh sản nhân tạo giống hải sản

Hình 6.9. Khai thác và nuôi trồng thủy - hải sản

Tổng sản lượng thủy sản nuôi trồng trong khoảng thời gian gần 25 năm từ 1986-2000 thường chiếm khoảng 30-35% tổng sản lượng, và khoảng 45-50% sản lượng khai thác, điều này nói lên vị trí quan trọng của nuôi trồng trong sản xuất và thủy sản ở Việt Nam và cũng là xu thế hiện nay của thế giới. Xu thế này càng có ý nghĩa trong tình hình sản lượng khai thác thủy sản tự nhiên nội địa ngày càng có xu hướng giảm sút.

Bảng 6.18. Sản lượng khai thác và nuôi trồng thủy sản ở Việt Nam trong giai đoạn 1986-2003 (tấn)

Năm	Tổng sản lượng	Sản lượng khai thác tự nhiên	Sản lượng nuôi trồng
1986	840.583		242.866
1990	1.019.000	709.000	310.000
1995	1.344.140	928.860	415.280
2000	2.003.700	1.280.590	723.110
2005	3.422.800	1.995.400	1.437.400

Nguồn: Bộ Thủy Sản, 1986-2003.

3. Khai thác hợp lý và phát triển bền vững nguồn lợi sinh vật thủy vực

Nhu cầu tiêu thụ thủy sản, đặc biệt là hải sản đang ngày một tăng nhanh theo tốc độ tăng dân số cũng như thị hiếu tiêu dùng của con người. Mức tiêu thụ bình quân là 12.4kg/người/năm, song rất khác nhau ở mỗi nước. Ở các quốc gia đảo, ít dân như đảo S Helene (Châu Phi), quần đảo Fare Iceland (Châu Âu), Greenland (Bắc Mỹ) mức độ tiêu thụ có thể tới 80-100kg/người/năm. Ở Châu Á, Nhật là nước có mức độ tiêu thụ cao, tới 69kg/người/năm. Các nước Đông Nam Á, Nam Á tiêu thụ khoảng 10-15kg/người/năm. Các nước có số dân lớn, hoặc không có biển, ít thủy vực mức tiêu thụ ít, chỉ 1-10kg.

Trong khi đó, nguồn lợi thủy sản tự nhiên cả ở biển và nước ngọt lại đang có nguy cơ giảm sút thể hiện ở năng suất đánh bắt, sản

lượng thu hoạch hàng năm có chiều hướng giảm dần, tuy rằng phương tiện tàu thuyền, trang bị kỹ thuật ngày càng tăng và hiện đại hơn. Một số đối tượng hải sản có giá trị cao có số lượng giảm đi nhanh chóng, thậm chí có nguy cơ tuyệt chủng. Tình hình này do nhiều nguyên nhân.

1. Về nhu cầu, lợi nhuận, cường độ khai thác thủy sản đã tăng lên quá nhanh, vượt quá khả năng sản sinh, tái tạo của nguồn lợi.

Theo đánh giá của các nhà khoa học, sản lượng đánh bắt hải sản ở các đại dương toàn cầu hiện nay đã tới mức cho phép, trong những năm cuối của thập kỉ 90 đã đạt tới gần 95 triệu tấn, rất ít tăng lên. Nhiều loài hải sản như cá voi, rùa biển, cá song, cá hồi, cá nhám đã thấy giảm sút số lượng rõ rệt.

Cường độ khai thác tăng quá nhanh có nguyên nhân vì nhu cầu, lợi nhuận, song còn do nguyên nhân kỹ thuật. Hạm đội tàu khai thác hải sản phát triển quá nhanh, năm 1970 toàn thế giới mới có khoảng 500 nghìn chiếc, trọng tải 13 triệu tấn thì năm 2000, qua 30 năm đã tăng lên tới 1.3 triệu chiếc, tổng trọng tải 28 triệu tấn, tăng gấp 2.15 lần, vượt xa mức tăng của nguồn lợi. Các trang thiết bị phục vụ đánh bắt cũng được đổi mới, hiện đại hóa nhanh chóng, cũng làm tăng nhanh khả năng tìm kiếm, đánh bắt, nâng cao năng suất khai thác.

2. Môi trường sống trong các thủy vực bị suy thoái, do các tác nhân gây ô nhiễm từ các chất thải công nghiệp, chất dư thừa nông nghiệp, từ phương tiện giao thông vận tải... đã làm cho thủy sản không phát triển được, dẫn tới cạn kiệt nguồn lợi. Tình hình này đặc biệt nghiêm trọng đối với các biển nội địa, các vùng nuôi trồng hải sản ven biển, sông, hồ nội địa và vùng biển ven bờ. Các hệ sinh thái biển như rừng ngập mặn, rạn san hô... bị tàn phá trên diện rộng, cũng làm mất đi nơi sinh sản, cư trú của hải sản, làm giảm sút sản lượng thủy sản.

3. Việc xây dựng các công trình thủy lợi, các đập chắn dòng sông, đê ngăn mặn, làm thay đổi dòng chảy, gây trở ngại cho việc di cư của cá, thay đổi diện tích các vùng ngập nước ở hạ lưu, gây hiện tượng xâm nhập mặn xa hơn về phía thượng lưu, là tác nhân ảnh hưởng tới sự phát triển bình thường của thủy sản.

4. Việc quản lý khai thác nguồn lợi chưa tốt, sử dụng phổ biến các biện pháp kỹ thuật khai thác hủy diệt (thuốc nổ, điện, lưới mắt nhỏ, lưới quét...) cũng là tác nhân làm giảm trữ lượng thủy sản.

Trước tình hình sản lượng thủy sản giảm sút có nguy cơ không đáp ứng được nhu cầu ngày càng cao, khai thác thủy sản thế giới đã có những biện pháp, chính sách nhằm ngăn chặn sự giảm sút cạn kiệt nguồn lợi, đảm bảo phát triển bền vững.

1. Khai thác toàn diện nguồn lợi sinh vật đại dương, chú trọng các hải sản ngoài cá, như thân mềm, giáp xác, rong biển... trước đây còn ít khai thác. Cơ cấu sản phẩm khai thác thế giới trong thời kỳ 1994-2000 đã có thay đổi theo hướng này, sản lượng thân mềm đã tăng lên 18% đạt 7.2 triệu tấn năm 2000. Sản lượng giáp xác đã tăng lên 31.1% đạt mức tăng kỷ lục 5.9 triệu tấn năm 2000. Rong biển cũng đạt sản lượng cao, sau 10 năm đã tăng 102%, năm 2000 đạt 11.2 triệu tấn.

Bảng 6.19. Cơ cấu sản lượng hải sản thế giới năm 2000

Các nhóm sản phẩm	% trong tổng sản lượng hải sản
Cá biển	84.1
Thân mềm	8.4
Giáp xác	6.8
Các nhóm khác	0.7

Một hướng phát triển nhằm nâng cao chất lượng, giá trị sản phẩm khai thác, là khai thác nguồn hợp chất thiên nhiên có giá trị nguyên liệu, dược liệu ở các sinh vật biển, qua công nghệ chiết xuất, phân tích, tổng hợp lý hóa học; sử dụng các phương pháp công nghệ sinh học. Hướng khai thác này tận dụng một khối lượng lớn sinh vật biển không phải là các đối tượng hải sản truyền thống, cho tới nay còn chưa được sử dụng như hải miên, san hô, giun biển, trai ốc biển, cá biển có chất độc. Từ các sinh vật biển này, đã khai thác được những nguyên liệu có giá trị đặc biệt như agar, Caragenan, Chitosan... và nhất là các dược liệu quý có tác dụng chống ung thư, chữa bệnh tim mạch, các độc tố (biotoxin) có giá trị dược liệu, các

chất kháng sinh mới, đưa tới sự hình thành ngành Dược liệu biển (Marine Pharmacology) rất có triển vọng.

2. Tạm thời giảm bớt cường độ khai thác, giảm bớt sản lượng khai thác đối với một số đối tượng, một số vùng biển đang có nguy cơ cạn kiệt nguồn lợi.

Phương hướng này được nhiều nước thực hiện bằng nhiều biện pháp thích hợp. Một số nước, như Việt Nam đã giảm khai thác hải sản ven bờ, phát triển khai thác cá xa bờ để phục hồi lại nguồn lợi ven bờ đã bị giảm sút nghiêm trọng. Canada đã ngừng khai thác cá tuyết trong 3 năm 1993-1995 để khôi phục nguồn lợi này. Nhiều nước Tây Âu đã ngưng khai thác cá thu vào thời kì sinh sản. Các nước Trung Quốc, Peru, Chilê, Thái Lan cũng ngừng khai thác cá vào thời kì sinh sản rộ trong từng vùng biển.

Giảm bớt số lượng hạm đội tàu khai thác cũng là một biện pháp để giảm sản lượng trong từng thời gian cũng được thực hiện ở một số nước như Trung Quốc, EU, Mỹ, Nhật.

3. Nghiêm cấm sử dụng các biện pháp kĩ thuật khai thác mang tính huỷ diệt nguồn lợi, cải tiến công cụ khai thác để bảo vệ nguồn lợi.

Năm 1995 Liên Hợp Quốc đã yêu cầu cấm hẳn lưới rê đại dương trên toàn thế giới để bảo vệ rùa biển, thú biển, chim biển. EU cũng sẽ bỏ lưới rê từ năm 2005. Indônêxia đã bỏ nghề lưới kéo sát bờ trên phạm vi toàn quốc và sau đó là Trung Quốc và Thái Lan.

Ở nước ta cũng có chủ trương cấm các nghề thủ công ven bờ mang tính huỷ diệt như vó, xэм, te. Nghiêm cấm sử dụng chất độc, chất nổ, điện vào khai thác thủy sản. Các nước Tây Âu, Bắc Mỹ chế tạo ra các thiết bị giải phóng cá con ra khỏi lưới kéo.

4. Phát triển nuôi trồng thủy sản bền vững

Đây là biện pháp rất cơ bản, tích cực để mau chóng, vững chắc tạo ra sản lượng thủy sản mới, giảm áp lực cho khai thác tự nhiên, bù lại cho sự thiếu hụt do giảm sút nguồn lợi tự nhiên. Phát triển nuôi trồng hải sản và thủy sản nước ngọt nội địa đã được toàn thế giới thực hiện, đặc biệt mạnh mẽ từ thập kỉ 90 của thế kỷ trước của thế

kỷ trước và đã mang lại kết quả to lớn. Từ chỗ tỷ lệ sản lượng nuôi trồng trước những năm 90 chỉ chiếm khoảng 10-14% tổng sản lượng, tới nay (2004) đã chiếm tới 38.1% tổng sản lượng thủy sản thế giới. Trung Quốc, Nhật, Na Uy, Hy Lạp là những nước có thành công lớn trong phát triển nuôi trồng hải sản với các đối tượng có giá trị như cá cam, cá chình, cá hồi, cá vược. Các nước Đông Nam Á phát triển nuôi cá măng biển (*Chanos*), tôm he. Trung Quốc có sản lượng nuôi trồng nước ngọt cao hơn nuôi trồng hải sản, là nước đứng đầu thế giới hiện nay về nuôi trồng.

Nuôi trồng thủy sản thường được thực hiện ở các đầm ao nước ngọt nội địa, nước lợ ven biển, các vũng vịnh biển. Một số nước còn nuôi dưới biển, như Nhật, Canada, Mỹ sản xuất ra giống cá hồi và thả ngay trực tiếp xuống biển để nâng cao sản lượng khai thác. Trung Quốc cũng đã nuôi tôm he theo phương thức này.

Nuôi trồng có thể theo phương thức nuôi quảng canh với con giống, thức ăn tự nhiên, hoặc bán thâm canh và thâm canh với con giống và thức ăn nhân tạo đạt năng suất cao.

Tuy nhiên, phát triển nuôi trồng, nhất là theo phương thức thâm canh, thường nảy sinh vấn đề gây ô nhiễm môi trường do chất thải của vật nuôi, cần rất được lưu ý để phòng tránh.

5. Xây dựng khu bảo tồn thiên nhiên, lưu giữ nguồn gen quý hiếm

Các khu bảo tồn thiên nhiên biển đã được xây dựng từ hàng trăm năm nay trên thế giới. Cho tới nay, đã có 4526 khu bảo tồn biển, trong đó, loại hình công viên biển và khu bảo tồn loài/nơi cư trú là nhiều hơn cả. Khu bảo tồn biển được thành lập nhằm mục đích bảo vệ nguyên vị những đối tượng sinh vật quý hiếm, hệ sinh thái, cảnh quan nguyên sơ, cần được bảo vệ. Khu bảo tồn biển lớn nhất là khu bảo tồn rạn san hô Great Barrier ở Australia, diện tích tới 83km². Các khu bảo tồn vùng nước nội địa còn ít được xây dựng. Ở Đông Nam Á, khu bảo tồn vùng nước nội địa tiêu biểu là Biển Hồ Tonle Sap ở Campuchia.

Khu bảo tồn thiên nhiên có chức năng, nhiệm vụ của từng loại hình và có chế độ quản lý riêng. Loại hình khu bảo tồn nghiêm ngặt nhất là khu dự trữ thiên nhiên (Nature Reserve). Cùng với khu bảo

tồn, còn có Sách Đỏ, được soạn thảo ở mỗi nước cũng tham gia vào nhiệm vụ bảo tồn các loài thủy sản cần được bảo vệ.

5.1. Quy hoạch các khu bảo tồn thiên nhiên biển và thủy vực nội địa ở Việt Nam

Do vị trí địa lý, Việt Nam có sự đa dạng rất lớn về điều kiện địa hình, khí hậu, thủy văn, kiểu đất và kiểu thảm thực vật che phủ. Việt Nam cũng được đánh giá là một trong 16 quốc gia có mức đa dạng sinh vật (ĐDSV) cao trên thế giới. Giá trị ĐDSV của Việt Nam bên cạnh sự đa dạng các kiểu hệ sinh thái còn được thể hiện bởi sự phong phú thành phần loài sinh vật, trong đó có các HST thủy vực và khu hệ thủy sinh vật.

Để bảo tồn ĐDSV nói chung, Chính phủ Việt Nam đã xây dựng rất nhiều loại hình bảo tồn như hệ thống các vườn quốc gia và khu bảo tồn thiên nhiên, các khu bảo tồn đất ngập nước Ramsar, các khu bảo tồn biển. Một số các khu Dự trữ sinh quyển, các khu Di sản thế giới của Việt Nam được tổ chức quốc tế UNESCO công nhận.

Chính phủ Việt Nam đã thực hiện nhiều công tác nhằm bảo tồn đa dạng sinh vật của quốc gia, thể hiện ở việc đã xây dựng được một hệ thống các khu bảo tồn thiên nhiên trên đất liền cũng như ở biển bao gồm cả vùng đất ngập nước.

Trong thời gian qua, 15 khu bảo tồn biển, 68 khu bảo tồn đất ngập nước đang lập hồ sơ trình Chính phủ phê duyệt. Năm 2006, trên cơ sở thu thập và phân tích các dẫn liệu và kinh nghiệm bảo tồn các thủy vực nội địa trên thế giới, phân tích điều kiện thực tế của Việt Nam (yếu tố pháp lý, hiện trạng đa dạng thủy sinh vật và sử dụng thủy sản, các yếu tố đe dọa suy giảm nguồn lợi và tiềm năng bảo tồn thủy vực nội địa) đã xây dựng 9 tiêu chí cơ bản để lựa chọn khu bảo tồn thủy sản nội địa (BTTSND) thích hợp với thực tế ở nước ta. Trên cơ sở các tiêu chí và cách phân hạng đồng thời thông qua các kết quả điều tra, các dẫn liệu nghiên cứu về hiện trạng ĐDSH và nguồn lợi thủy sinh vật trong các thủy vực nội địa, đã đề xuất hệ thống 45 khu BTTSND ở nước ta. Các khu BTTSND dự kiến nằm trong hầu hết các vùng địa lý tự nhiên bao gồm các loại hình thủy vực nội địa tiêu biểu như sông, sông ngầm trong núi các tơ, hồ chứa, hồ tự nhiên, đầm phá, đầm lầy, cửa sông và ven biển

hiện đang lưu giữ các giá trị về đa dạng thủy sinh vật và tài nguyên thủy sản quý hiếm có ý nghĩa kinh tế.

5.2. Phương hướng khai thác hợp lý, phát triển bền vững nguồn lợi thủy sản ở Việt Nam

Tình hình khai thác, bảo vệ tài nguyên môi trường thủy sản ở nước ta, qua trình bày ở phần trên, một mặt đã có những bước phát triển so với giai đoạn trước đây, đồng thời cũng đang đứng trước những thách thức lớn, cần được đánh giá đầy đủ để có phương hướng, giải pháp đúng, kịp thời, bảo đảm phát triển bền vững nguồn lợi sinh vật biển và thủy vực nội địa ở nước ta trong giai đoạn tới. Những vấn đề chủ yếu đặt ra hiện nay là:

1. Về mặt khai thác, đã có tình hình khai thác quá mức nguồn lợi hải sản ven bờ, dẫn tới giảm sút trữ lượng, chất lượng sản phẩm, trong khi nguồn lợi hải sản xa bờ còn chưa được khai thác hết tiềm năng. Nhìn chung, khai thác hải sản còn mang tính tự nhiên, ở mức độ khai thác sản phẩm nguyên sơ, chưa khai thác được nhiều các sản phẩm thứ cấp, có giá trị cao với sự đầu tư công nghệ chiết xuất, tinh chế. Khai thác nguồn lợi thủy sản tự nhiên nội địa còn chưa được hợp lý, cũng đã dẫn tới nguồn lợi mau chóng cạn kiệt.

2. Về mặt kỹ thuật, còn chưa quản lý, ngăn chặn được triệt để các phương tiện kỹ thuật đánh bắt hủy diệt, gây hại nghiêm trọng cho nguồn lợi, cả trong các thủy vực nội địa và ở biển. Còn chưa tiếp cận, ứng dụng được các công nghệ cao vào khai thác nguồn lợi.

3. Về mặt môi trường sống của thủy sản, thách thức lớn là tình trạng ô nhiễm môi trường đang ngày càng gia tăng, không chỉ ở các thủy vực nội địa, mà cả ở ven biển và bắt đầu tới các vùng vịnh biển. Ô nhiễm môi trường sống của thủy sản do nhiều nguyên nhân, song nhìn chung cho tới nay, vẫn chưa có được những giải pháp cơ bản hữu hiệu, chủ động trong việc xử lý, phòng chống ô nhiễm, bảo đảm an toàn cho môi trường sống của thủy sản.

Trên cơ sở những nhận định trên đây về tình hình khai thác và phát triển nguồn lợi thủy sản ở nước ta hiện nay, có thể đề xuất một

số ý kiến về phương hướng, giải pháp nhằm nâng cao giá trị hiệu quả khai thác nguồn lợi, bảo đảm phát triển bền vững.

1. Về mặt chiến lược, cần tạo một sự cân đối vững chắc trong khai thác nguồn lợi hải sản nước ta, giảm bớt cường độ khai thác nguồn lợi vùng ven bờ, mở rộng khai thác vùng xa bờ, tạo điều kiện phục hồi nguồn lợi ven bờ. Chuẩn bị điều kiện khoa học, kỹ thuật, đầu tư để tiến tới mở rộng khai thác ra ngoài vùng biển nước ta, hội nhập quốc tế khai thác nguồn lợi sinh vật đại dương.

2. Ứng dụng thành tựu công nghệ cao, hiện đại nâng cao trình độ khai thác nguồn lợi sinh vật biển theo hướng khai thác theo chiều sâu nhằm nâng cao chất lượng giá trị sản phẩm khai thác, tiến tới khai thác toàn diện, tối đa tiềm năng nguồn lợi thủy sản nước ta.

3. Nuôi trồng cần được coi như một hướng phát triển chiến lược trong thời khai thác nguồn lợi thủy sản ở nước ta. Khai thác đầy đủ tiềm năng nuôi trồng thủy sản biển và nội địa, ứng dụng công nghệ cao vào công tác giống, kỹ thuật nuôi nhằm nâng cao hiệu quả nuôi trồng.

4. Tăng cường công tác dự báo nguồn lợi và môi trường, tạo thế chủ động trong phòng chống, xử lý có hiệu quả, kịp thời các vấn đề về môi trường sống của thủy sản, đảm bảo an toàn cho môi trường sống của thủy sản.

5. Xây dựng hoàn chỉnh và đưa vào hoạt động có hiệu quả các khu bảo tồn thiên nhiên biển.

Để có thể thực hiện các chủ trương, biện pháp trên đây nhằm đưa khai thác nguồn lợi sinh vật biển và nội địa nước ta lên bước phát triển mới, điều kiện cơ bản là phải có một cơ sở khoa học công nghệ vững chắc, một tổ chức quản lý chặt chẽ, hiệu quả cũng như một chính sách đầu tư hợp lý trong khai thác, bảo đảm phát triển bền vững nguồn lợi sinh vật các thủy vực nước ta.

IV. VẤN ĐỀ LOẠI HÌNH HỌC THỦY VỰC

Nguồn lợi nhiều mặt của các thủy vực phụ thuộc vào các đặc điểm của quá trình chuyển hóa vật chất và năng lượng trong thủy vực, đặc tính số lượng và chất lượng của khối nước cấu tạo

nền đáy. Những đặc điểm này lại phụ thuộc vào đặc tính cảnh quan của từng vùng khác nhau trên trái đất. Đối với các thủy vực nội địa, tính chất đa dạng của cảnh quan tự nhiên đã tạo nên tình hình hết sức phức tạp về địa hình cũng như đặc điểm thủy lý hóa sinh học của chúng và cũng vì vậy, nguồn lợi tự nhiên của từng loại thủy vực trên từng vùng lãnh thổ cũng không đồng nhất giống nhau.

Do đó, muốn khai thác được đúng hướng và có hiệu quả các nguồn lợi kinh tế của các thủy vực, cần phải tiến hành nghiên cứu xác định chính xác các đặc tính loại hình học của từng loại thủy vực và sắp xếp chúng vào những đơn vị phân loại thể hiện được những sai khác cơ bản của từng loại thủy vực và các vùng thủy vực khác nhau, quyết định tính chất khác nhau về mặt nguồn lợi và về xu hướng phát triển của chúng trong tương lai. Việc phân loại, phân vùng chính xác của thủy vực, đặc biệt quan trọng đối với các thủy vực nội địa, làm cơ sở cho xây dựng quy hoạch khai thác và phát triển khai thác trên quy mô lớn đối với từng loại thủy vực, từng vùng thủy vực, góp phần vào công tác phân vùng tự nhiên và phân vùng kinh tế của mỗi nước. Trong giai đoạn đầu tiên, việc phân loại thủy vực có thể chỉ nhằm tạo cơ sở cho việc khai thác đúng hướng nguồn lợi từng mặt của thủy vực, phục vụ kịp thời cho nguồn lợi kinh tế trước mắt. Xét về lâu dài, đó cũng là cơ sở để xây dựng phương hướng khai thác nguồn lợi toàn diện của từng thủy vực, bảo vệ các nguồn lợi và tiến hành cải tạo chúng, phát triển theo hướng có lợi nhất cho con người.

1. Lý thuyết Thienemann - Naumann về phân loại thủy vực dạng hồ

Vào thế kỷ XX, trong khoảng những năm 20 và 30, trong những công trình nghiên cứu liên tiếp ở các hồ thuộc vùng băng hà Âu Châu, Thienemann và Naumann đã nêu lên nhiều luận điểm về vấn đề nguyên tắc và phương pháp của loại hình học (Typology) và phân loại thủy vực dạng hồ, đánh dấu một giai đoạn phát triển của lĩnh vực khoa học này trong thủy sinh học và hồ ao học thế giới. Từ khi ra đời, lý thuyết Thienemann - Naumann đã được sử dụng để nghiên cứu loại hình học và phân loại thủy vực nhiều vùng trên thế giới.

Hệ thống phân loại của Thienemann - Naumann dựa vào các đặc điểm thể hiện độ dinh dưỡng của thủy vực, tức là nhân tố sinh thái học quyết định hoặc thể hiện điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của sinh vật trong thủy vực. Các đặc điểm nêu lên trong phương pháp phân loại có nhiều, nhưng có ba tiêu chuẩn chủ yếu là: hàm lượng muối dinh dưỡng, chế độ phân bố ô xy và các sinh vật chỉ thị trong hồ.

a. Hàm lượng muối dinh dưỡng trong nước: Theo quan điểm trên, hàm lượng muối dinh dưỡng, cơ sở của sự phát triển sinh vật nổi trong thủy vực, được coi là nhân tố quyết định độ dinh dưỡng của thủy vực. Các tác giả đã đưa ra một thang bậc về hàm lượng muối dinh dưỡng trong nước ở ba mức độ: nghèo, trung bình, giàu căn cứ vào giới hạn hàm lượng muối, các muối dinh dưỡng như: Ca, Na, N, P, Si, Mg..... Tùy theo mức độ của muối dinh dưỡng mà có thể sắp xếp các hồ vào các loại: giàu dinh dưỡng (eutrophe), nghèo dinh dưỡng (oligotrophe), mất dinh dưỡng (diotrophe). Naumann (1932) còn bổ xung thêm vào hệ thống phân loại các loại hồ: giàu Ca (alkalitrophe), giàu muối Fe (siderotrophe).

b. Chế độ ôxy: Trong các hồ nghèo dinh dưỡng, lượng chất hữu cơ sản sinh ra trong tầng quang hợp không nhiều, vì vậy chất lắng đọng hữu cơ ở đáy hồ cũng ít và rất mau bị phân huỷ hoàn toàn. Hàm lượng ô xy ở đáy do đó luôn luôn còn nhiều, không bị các chất hữu cơ phân huỷ hấp thụ hết. Tình hình này tạo nên hiện tượng phân bố ô xy đều từ tầng mặt tới tầng đáy, ngay cả trong các thời kỳ nước đứng mùa hạ và đông. Trong các hồ giàu dinh dưỡng, lượng chất hữu cơ tích tụ ở đáy luôn luôn có nhiều và liên tục được phân huỷ, do đó ô xy ở tầng đáy luôn luôn bị hấp thụ và giảm tới độ thấp nhất, có khi hết hẳn, trong các thời kỳ nước đứng mùa hạ. Như vậy, căn cứ vào đặc điểm của hàm lượng ô xy ở tầng đáy mà có thể sắp xếp các hồ vào từng loại nghèo hay giàu dinh dưỡng.

Ở các hồ ôn đới, các hồ sâu hàng trăm mét thường có tầng sản sinh hữu cơ tương đối nhỏ so với khối lượng nước hồ. Do đó, khối lượng chất hữu cơ sản sinh ra và được tích tụ ở đáy không nhiều, hồ có tính chất nghèo dinh dưỡng. Riêng ở các hồ nhiệt đới, do nhiệt độ nước cao thường xuyên ngay cả ở các tầng đáy (trên 20°C), quá trình sản sinh chất hữu cơ trong tầng nước và phân huỷ chất hữu cơ ở đáy xảy ra mạnh và liên tục. Vì vậy, ngay cả trong những hồ sâu

450m (hồ Toba - Indôn-nê-xia), là những hồ nghèo dinh dưỡng về hình thức nhưng do trong hồ, chất hữu cơ liên tục bị phân huỷ nên ô xy ở dưới đáy hồ cũng luôn bị hấp thụ hết, thể hiện đặc tính về chế độ ô xy của các hồ giàu dinh dưỡng. Trên cơ sở này, Thienemann nhận định rằng: đối với các hồ nhiệt đới, không có dạng hồ nghèo dinh dưỡng. Quá trình chuyển biến từ dạng nghèo dinh dưỡng sang dạng giàu dinh dưỡng diễn ra rất nhanh trong các hồ vùng nhiệt đới do điều kiện nhiệt độ cao.

c. Các sinh vật chỉ thị: Dựa trên cơ sở lý luận, các điều kiện sinh thái học có ảnh hưởng quyết định đối với thành phần loài sinh vật trong thủy vực, sự có mặt của từng nhóm sinh vật là tương ứng với những điều kiện sinh thái học nhất định, Thienemann (1939) nêu ý kiến có thể căn cứ vào một số sinh vật chỉ thị để xác định tính dinh dưỡng của thủy vực. Sự phát triển của ấu trùng *Chironomus*, thích ứng với điều kiện ít ô xy ở đáy thể hiện đặc tính giàu dinh dưỡng của hồ, còn sự phát triển của ấu trùng *Tanytarsus* ưa ô xy lại thấy ở các hồ nghèo dinh dưỡng. Naumann lại chọn các sinh vật chỉ thị là nhóm thực vật nổi. Các nhà ngư học lại lấy một số loài cá ưu thế trong hồ làm các sinh vật chỉ thị.

Ba loại hồ giàu, nghèo và mất dinh dưỡng được Thienemann coi là nhóm hồ điều hòa. Đây là giai đoạn tất yếu của một hồ: từ nghèo dinh dưỡng khi mới hình thành chuyển sang giai đoạn giàu dinh dưỡng rồi đến giai đoạn mất dinh dưỡng khi đã già cỗi. Ở vùng nhiệt đới, các hồ thường từ tính chất giàu dinh dưỡng chuyển sang giai đoạn mất dinh dưỡng.

Lý thuyết Thienemann - Naumann có những đóng góp đáng kể cho sự phát triển loại hình học và phân loại thủy vực, hệ thống phân loại ba thang bậc của các tác giả này cho tới nay vẫn còn được sử dụng tuy rằng với những nội dung có phần đổi khác. Đồng thời, lý thuyết này cũng bị phê phán nhiều mặt, như quan niệm đơn giản về mối quan hệ giữa muối dinh dưỡng và độ dinh dưỡng của thủy vực, hệ thống phân loại ba thang bậc quá tổng quát không phù hợp với thực tế, tính chất tương đối của các tiêu chuẩn về phân bố ô xy trong thủy vực và các sinh vật chỉ thị, tính chất địa phương của nguyên tắc phân loại Thienemann - Naumann không được áp dụng một cách phổ biến cho mọi vùng trên toàn thế giới.... Nhưng nhược điểm cơ bản nhất của lý thuyết này, như nhiều tác giả đã nhận định,

là chưa thể hiện trong hệ thống phân loại đặc tính của quá trình chuyển hóa vật chất và năng lượng, đặc điểm cơ bản nhất của các thủy vực, mà mới chỉ dừng lại ở các hiện tượng, chưa đi vào bản chất của vấn đề.

2. Phân loại thủy vực dựa trên đặc tính của năng suất sinh học thủy vực

Khác với lý thuyết Thienemann - Naumann, các tác giả theo xu hướng này quan niệm rằng độ dinh dưỡng thủy vực không thể dựa trên thành phần loài sinh vật mà xác định được, mà cần phải căn cứ vào đặc tính chu trình vật chất, cụ thể là khả năng sản sinh ra vật chất hữu cơ trong thủy vực (Ohle, 1955). Nguyên tắc phân loại hồ do đó phải dựa trên năng suất sinh học của thủy vực. Đặc điểm loại hình học cơ bản nhất phải chính là khả năng sản sinh vật chất hữu cơ của thủy vực chứ không phải là những điều kiện của môi trường trong thủy vực.

Các ý kiến sau này (Elster, 1958), đề nghị lấy sản lượng sinh vật sơ cấp của thủy vực làm cơ sở để phân loại các thủy vực dạng hồ, coi nó là trục chính của hệ thống phân loại, sản lượng sinh vật sơ cấp của thủy vực do hoạt động quang hợp của thực vật là khâu chuyển hóa vật chất đầu tiên và là cơ bản của thủy vực quyết định các khâu tiếp sau, thể hiện một phần quan trọng của chu trình vật chất trong thủy vực, sản lượng sinh vật sơ cấp là quá trình vận động xảy ra ở mọi vùng, mọi thủy vực, không phụ thuộc vào tính địa phương của thủy vực và có thể xác định chính xác bằng phương pháp định lượng, do đó nó có những ưu điểm để trở thành một nguyên tắc chung cho hệ thống phân loại. Các thủy vực sai khác nhau ở sản lượng sinh vật sơ cấp cũng như các phân bố sai khác nhau ở tử số nhưng có cùng một mẫu số chung.

Xu hướng phân loại thủy vực dạng hồ dựa trên đặc tính của cường độ sản sinh ra sản phẩm sơ cấp của thủy vực được coi như một bước phát triển quan trọng của phân loại học thủy vực, mở ra phương hướng giải quyết mới cho việc xây dựng các hệ thống phân loại tự nhiên cho các thủy vực dạng hồ, đi gần tới những sai khác có tính chất bản chất hơn của chúng. Cho tới nay, nguyên tắc phân loại này còn đang trong thời kỳ phát triển, ít nhiều đã được sử dụng có

kết quả các công trình nghiên cứu của Vinberg (1960) cho thấy các hồ vùng Blenoruxi, sai khác nhau về độ dinh dưỡng, từ nghèo dinh dưỡng cho tới rất giàu dinh dưỡng cũng rất sai khác nhau về sản lượng sinh vật sơ cấp.

3. Phân loại thủy vực theo nhu cầu sử dụng

Trong những thập kỷ gần đây, khi hiện tượng phú dưỡng hồ, đặc biệt phú dưỡng hồ do tác động của con người (cultural eutrophication) trong thời kỳ kinh tế phát triển được các nhà nghiên cứu đầm hồ học cũng như các nhà quản lý rất quan tâm bởi những thực tế sau:

- Ở góc độ toàn cầu, sự phú dưỡng hồ và hồ chứa được xem là một dạng ô nhiễm rộng rãi nhất và đang có xu hướng phát triển nếu không có biện pháp kiểm soát.
- Các hồ tự nhiên và hồ chứa nhân tạo được xem là các thủy vực nước đứng đa mục đích: nước cấp sinh hoạt, phát điện, thủy lợi, điều hoà, du lịch, thể thao, nuôi trồng thủy sản... Mỗi một mục đích đều có các chỉ tiêu chất lượng nước tương ứng được đề xuất để đáp ứng cho nhu cầu sử dụng.

Từ đó, phân loại thủy vực theo nhu cầu sử dụng ra đời và đang được áp dụng rộng rãi. Thực tế, phân loại thủy vực theo nhu cầu sử dụng là phát triển lý thuyết phân loại thủy vực của Thienemann - Naumann theo cả chiều rộng cũng như chiều sâu. Theo chiều rộng bởi hiện nay, kỹ thuật phân tích các yếu tố thủy lý hóa học và trắc đặc hình thái học hồ, hồ chứa đã phát triển với các dụng cụ phân tích, đo đạc hiện đại và dễ sử dụng cho nên nhiều nhóm tiêu chí chất lượng nước được đưa ra xem xét và đánh giá có thể chính xác hơn và mang tính khách quan. Theo chiều sâu bởi việc nhìn nhận chất lượng nước hồ, hồ chứa dưới góc độ tồn tại mối quan hệ giữa thủy vực và vùng lưu vực. Sự phát triển kinh tế - xã hội vùng lưu vực như số lượng dân cư, kiểu đất và tình trạng sử dụng đất đai liên quan tới các mức độ canh tác nông, lâm nghiệp sẽ có những tác động tới chất lượng nước của thủy vực. Từ đó, các yếu tố vùng lưu vực được xem là những tiêu chí quan trọng để phân loại chất lượng nước của thủy vực.

Sự phân loại hồ, hồ chứa theo nhu cầu sử dụng được phát triển như là một hợp phần nghiên cứu sự phú dưỡng hồ và hồ chứa quốc tế trong Chương trình hợp tác giám sát các thủy vực nội địa của các nước trong tổ chức hợp tác và phát triển kinh tế (OECD) thực hiện (OECD, 1982). Theo OECD, dựa trên các kiểu số liệu (của cả hệ thống phân loại giản đơn và chi tiết), sự phân loại thủy vực nội địa sẽ tổ hợp các mục sau:

1. Thủy vực được xem là một phần của vùng lưu vực;
2. Mỗi tương tác giữa hình thái thủy vực và chất lượng nước được xem là một vấn đề phải quan tâm;
3. Chất lượng nước được thể hiện tích hợp của các thuộc tính vật lý, thành phần hóa học và các chỉ tiêu sinh học;
4. Sự phân loại sẽ rất nhạy cảm tới những thay đổi chất lượng nước bởi tải lượng dinh dưỡng và khả năng hồi phục của thủy vực;
5. Sự phân loại bao gồm các thông tin về sự thích hợp của thủy vực cho các yêu cầu sử dụng khác nhau. Nếu có thể, sự phân loại sẽ cung cấp các thông tin liên quan về những tác động tiềm tàng của những việc sử dụng tới chất lượng nước;
6. Hệ thống phân loại sẽ cung cấp các thông tin có ích và những hiểu biết cho các nhà hoạch định chính sách có trách nhiệm quản lý nguồn nước.

Theo tiêu chuẩn kỹ thuật được thực hiện ở Đông Đức (Technical standard, 1982), hệ thống phân loại chi tiết chất lượng nước về cơ bản có các nhóm tiêu chí như sau:

1. Tiêu chí thủy văn và vùng lưu vực;
 2. Tiêu chí dinh dưỡng;
 3. Các tiêu chí đặc biệt và vệ sinh.
- *Tiêu chí thủy văn và vùng lưu vực* được phân chia thành ba nhóm đặc trưng:
 1. Hình thái thủy vực như độ sâu, thể tích khối nước tầng mặt, tầng đáy, thời gian tồn lưu nước (water retention), đặc biệt quan trọng là tính chất phân tầng của thủy vực...

2. Mối quan hệ thủy văn giữa vùng lưu vực và thủy vực như diện tích vùng lưu vực, biến động lượng mưa, các loại hình đất và phương thức sử dụng đất...
 3. Lượng chất dinh dưỡng nhân tạo liên quan tới số lượng dân cư, gia súc, gia cầm, mức sống.
- *Tiêu chí dinh dưỡng* được quan tâm với sự cân bằng vật chất trong các thủy vực nước đứng và được phân chia thành các nhóm đặc trưng sau:
 1. Cân bằng ô xy mà trong đó, biến động nồng độ ô xy trong ngày ở khối nước tầng mặt là đặc biệt quan trọng cho nghề cá.
 2. Cân bằng dinh dưỡng mà chủ yếu là biến động hàm lượng các muối có nguồn gốc phốt pho và ni tơ.
 3. Năng xuất sinh học được thể hiện bởi năng xuất sơ cấp thực vật nổi, sinh khối thực vật nổi, Clorophin a, sinh khối động vật nổi, độ sâu theo đĩa Secchi.
 - *Các tiêu chí đặc biệt và vệ sinh* bao gồm các đặc trưng được xem là quan trọng cho việc sử dụng nước và được phân biệt thành các nhóm đặc trưng sau:
 1. Các chất rắn hoà tan;
 2. Các chỉ tiêu đặc biệt như các ion Na, Ca, Cl, sun phat, tổng độ khoáng hóa.
 3. Các chỉ tiêu vệ sinh như các ion kim loại và kim loại nặng, mật độ coliform...

Việc xác định các bậc phân loại: có 5 bậc phân hạng chất lượng nước theo thứ tự từ 1 (tốt nhất) đến 5 (xấu nhất) (riêng bậc 3 có hai bậc phụ 3a và 3b). Mỗi chỉ tiêu có các khoảng giá trị (đo được hoặc phân tích được) tương ứng với mỗi bậc phân hạng. Với mỗi bậc phân hạng, tùy theo mỗi nhóm tiêu chí sẽ xác định chất lượng nước phù hợp cho mỗi nhu cầu sử dụng nước (nước uống, nước cho thủy lợi, công nghiệp, nuôi cá, bơi lội...).

4. Nhận định chung và phương hướng phân loại thủy vực ở nước ta

Tình hình có nhiều xu hướng, quan điểm về vấn đề loại hình học và phân loại thủy vực chứng tỏ cho tới nay, hồ ao học và thủy sinh vật học còn đang ở giai đoạn tìm tòi, nghiên cứu một nguyên tắc cơ bản khả dĩ có thể làm cơ sở cho việc xây dựng một hệ thống phân loại tự nhiên của thủy vực dạng hồ, như một số tác giả đã nhận định (Vinberg, 1959). Từ những nguyên tắc phân loại dựa trên những đặc điểm có tính chất cá biệt, chủ quan phụ thuộc vào mục đích thực tiễn và ý định chủ quan của người nghiên cứu, dần dần đang đi tới những nguyên tắc phân loại dựa trên những tiêu chuẩn tổng quát hơn, cơ sở hơn, thể hiện được bản chất của đời sống thủy vực. Từ những đặc điểm chỉ thể hiện từng mặt, từng khâu của đời sống thủy vực, mang tính chất địa phương, phân loại thủy vực đang đi tới những đặc điểm thể hiện tổng quát chu trình chuyển hóa vật chất và năng lượng thủy vực, không phụ thuộc vào tính chất địa phương của thủy vực. Từ những đặc điểm có tính chất định tính và những hiện tượng tĩnh (chế độ ô xy, sinh vật chỉ thị trong một thời điểm), đang dần đi tới trạng thái động của đời sống thủy vực, thể hiện bằng các dẫn liệu định lượng được xác định bằng các phương pháp phân tích chính xác. Các nguyên tắc này đang cố gắng phản ánh được những sai khác loại hình học của quá trình chuyển hóa vật chất và năng lượng trong các thủy vực với sự tham gia của sinh vật. Thủy vực là yếu tố cảnh quan tự nhiên, đồng thời là môi trường sống của thủy sinh vật. Thủy sinh vật và thủy vực tạo thành một hệ sinh thái thống nhất. Do đó, các tiêu chuẩn phân loại tự nhiên thủy vực phải bao hàm được những sai khác cả về mặt cảnh quan tự nhiên và về mặt môi trường sống của sinh vật, chính là hai nhân tố này quyết định nguồn lợi tự nhiên nhiều mặt của thủy vực. Mặt khác, phân loại thủy vực cũng phải là phân loại các hệ sinh thái dựa vào đặc điểm của hệ thống, không thể dựa vào một hay một số nhân tố sinh thái học riêng biệt dù là vô sinh hay hữu sinh.

Việc xây dựng các hệ thống phân loại tự nhiên cho các thủy vực nội địa ở nước ta cần thể hiện được trình độ phát triển chung của lĩnh vực khoa học này trên thế giới, mặt khác phải thích ứng với các đặc điểm riêng của các thủy vực nước ta, đáp ứng với

được các nhiệm vụ kinh tế đặt ra cho thủy vực nội địa. Đây là một quá trình nghiên cứu lâu dài với sự tham gia của nhiều ngành chuyên môn. Trong gian đoạn hiện nay, để phục vụ kịp thời các yêu cầu khôi phục và phát triển kinh tế trước mắt, cần nghiên cứu xây dựng bước đầu hệ thống nhân tạo, đưa vào một số đặc điểm quan trọng, liên quan tới yêu cầu khai thác nguồn lợi từng mặt, thủy học hay thủy sản, là hai vấn đề đặt ra hiện nay cho các thủy vực nội địa. Các hệ thống phân loại nhân tạo này có thể coi là phát triển tất yếu giai đoạn mở đầu, cần phải có để làm cơ sở cho việc tiến tới xây dựng hệ thống phân loại tự nhiên sau này. Về mặt nguồn lợi thủy sản, các tiêu chuẩn phân loại cần chú trọng tới các nhân tố có ảnh hưởng tới sự phát triển của đối tượng, có tầm quan trọng trong khai thác, giúp ít cho việc đánh giá khả năng và phương hướng phát triển thủy sản ở các thủy vực, chú trọng tới thủy vực dạng hồ (hồ tự nhiên, hồ nhân tạo, ao...) đang được xây dựng ngày càng nhiều ở nước ta. Có thể nêu một số nhân tố chủ yếu nhất. *Vị trí cảnh quan* của thủy vực là nhân tố cơ bản đầu tiên có ảnh hưởng tới khả năng và phương hướng khai thác. Các hồ ao vùng núi và đồng bằng của ta, do có chế độ thủy học khác nhau, nền đáy khác nhau, ảnh hưởng nhân tố khác nhau nên có những đặc điểm riêng về thành phần loài thủy sản và cơ sở thức ăn. Các hồ ao vùng ven biển có nồng độ muối và thành phần ion của nước khác với thủy vực ở sâu trong nội địa, cũng có những đặc trưng riêng về nguồn lợi thủy sản.

Đặc điểm hình trắc học là nhân tố quan trọng thứ hai, Địa hình của thủy vực, độ lớn của thủy vực đặt ra những khả năng và phương hướng khai thác thủy sản khác nhau cho mỗi loại.

Các giai đoạn phát triển của thủy vực cũng là nhân tố có quan hệ tới tình hình khu hệ thủy sinh vật trong từng khoảng thời gian nhất định. Nhân tố này đặc biệt quan trọng đối với các hồ ao nhân tạo. Đối với các hồ ao tự nhiên, thường ở giai đoạn phát triển sau, cần có biện pháp cải tạo thích hợp để nâng cao năng suất sinh học thủy vực.

Đặc điểm cấu trúc quần xã sinh vật của thủy vực là nhân tố quyết định phương hướng và các biện pháp cụ thể để có thể khai thác hợp lý khả năng tự nhiên của các thủy vực và đề ra những biện pháp cải tạo khu hệ thủy sinh vật theo hướng có lợi nhất.

Sau cùng, *các chỉ tiêu dinh dưỡng chủ yếu* (hàm lượng muối dinh dưỡng, chế độ ô xy, số lượng sinh vật nổi, sinh vật đáy) xác định trong từng thời gian, là các nhân tố quyết định các chỉ tiêu sản xuất cụ thể cho từng gian đoạn ngắn, hàng vụ, hàng năm. Trong số các nhân tố này, cần lưu ý tới cả quan hệ thức ăn trong thủy vực.

5. Phân loại chất lượng nước một số hồ, hồ chứa ở Việt Nam

Thời gian gần đây, việc áp dụng các hệ thống thang bậc phân loại chất lượng nước một số thủy vực nước đứng dạng hồ và hồ chứa đã được thực hiện ở Việt Nam. Việc phân hạng chất lượng hồ Tây đã được nhiều tác giả trước đây đề cập đến. Đặng Ngọc Thanh (1980) dựa trên cơ sở thức ăn tự nhiên và các chỉ tiêu thủy hóa đã phân hạng Hồ Tây ở bậc I tương ứng với hồ giàu dinh dưỡng. Nguyễn Xuân Quýnh (1995) trên cơ sở hệ thống phân loại nước bị nhiễm bẩn của Kolkwits-Marsson (1902) đã được bổ sung, xếp Hồ Tây vào loại hồ có mức bẩn vừa, loại β Mesosaprobe. Hồ Thanh Hải (1995, 1998) trên cơ sở so sánh các giá trị BOD theo chỉ số hoại sinh (SI) của Sladeczek (1985), hồ Hòa Bình có hàm lượng BOD của hồ dao động 0,21-1,96 mg/l, tương đương trong nhóm SI: từ -0,3 đến +1,2mg/l, được xếp vào loại ít nhiễm bẩn (oligosaprobe); Hồ Tây có chỉ số hoại sinh (SI) dao động từ 2,5 đến 3,5 cũng tương ứng với mức β Mesosaprobe.

Ngoài những dẫn liệu trên, hệ thống phân loại chất lượng nước theo nhu cầu sử dụng (OECD, 1982; Ryding et al, 1989) như đã trình bày ở trên cũng đã được thực hiện với một số hồ và hồ chứa ở nước ta.

5.1. Hồ Tây, hồ Trúc Bạch

Với các nhóm chỉ tiêu về hình thái hồ, các chỉ tiêu dinh dưỡng và các chỉ tiêu vệ sinh, kết quả phân hạng Hồ Tây, hồ Trúc Bạch năm 1998 được trình bày trong các bảng 6.20-6.24

Bảng 6.20. Phân loại Hồ Tây với các nhóm chỉ tiêu hình thái, dinh dưỡng và vệ sinh

Chỉ tiêu	Bậc phân hạng					
	1	2	3a	3b	4	5
Chỉ tiêu hình thái hồ						
- Độ sâu trung bình (m)					2 (1-2)	
Chỉ tiêu dinh dưỡng						
-DO tầng đáy		4,5 (>1)				
- PO ₄ (mg/l) trong mùa khô						0,26 (> 0,05)
- Độ trong (m)						0,35 (< 0,5)
- Clorophin a ⁶⁶⁵ (µg/l)			18,7 (10-20)			
- pH				7,5 (7-9,5)		
- NH ₄ tầng mặt mg/l						
- COD (mg/l)						63,6 (>20)
- H ₂ S tầng mặt (mg/l)						0,025 (> 0,01)
Chỉ tiêu vệ sinh						
- NO ₃ (mg/l)	1,4 (<10)					
- Phenol (mg/l)	ND (0,0)					
- Mn (mg/l)	0,005 (< 0,02)					
- Pb (mg/l)		0,002 (<0,03)				
- Cd (mg/l)			0,00025 (< 0,001)			
-Hg (mg/l)			0,0001 (< 0,001)			
- Coliform (MPN/100ml)				5.857 (<100.000)		
	nghèo dinh dưỡng, ít mùn	dinh dưỡng trung bình, ít mùn	giàu dinh dưỡng (phân tầng), ít mùn	giàu dinh dưỡng (không phân tầng), ít mùn	rất giàu dinh dưỡng, mùn trung bình	cực giàu dinh dưỡng, nhiều mùn

Chú thích: Số ngoài ngoặc là chỉ số trung bình thực có, số trong ngoặc là chỉ số giới hạn

Bảng 6.21. Phân loại chất lượng Hồ Tây

Nhóm chỉ tiêu	Bậc giá trị trung bình
Nhóm 1. hình thái hồ	4
Nhóm 2 : - Ô xy hòa tan - Chỉ tiêu dinh dưỡng	2,0 4,3
Nhóm 3 : chỉ tiêu đặc biệt và vệ sinh	2,0
Trung bình	3.1 - làm tròn số thành 3

Bảng 6.22. Phân loại hồ Trúc Bạch với các nhóm chỉ tiêu hình thái, dinh dưỡng và vệ sinh

Chỉ tiêu	Bậc phân hạng					
	1	2	3a	3b	4	5
Chỉ tiêu hình thái hồ						
- Độ sâu trung bình (m)					2 (1-2)	
Chỉ tiêu dinh dưỡng						
-DO tầng đáy					ky khí (<1)	
- PO ₄ (mg/l) trong mùa khô						1,48 (> 0,05)
- Độ trong (m)						< 0,5 (0,45)
-Clorophin a ⁶⁶⁵ (µg/l)			13,8 (10-20)			
- pH				7,45 (7,0-9,5)		
- NH ₄ tăng mặt mg/l						4,57 (>1)
- COD (mg/l)						88,6 (>20)
- H ₂ S tăng mặt (mg/l)						0,025 (> 0,01)

Chỉ tiêu vệ sinh						
- NO ₃ (mg/l)	3,58 (<10)					
- Phenol (mg/l)					0,096 (<0,5 >0,005)	
- Mn (mg/l)	0,003 (<0,02)					
- Pb (mg/l)		0,002 (<0,03)				
- Cd (mg/l)			0,0002 (< 0,001)			
-Hg (mg/l)			0,0001 (< 0,001)			
-Coliform (MPN/100ml)				14.620 (<100000)		
	nghèo dinh dưỡng, ít mùn	dinh dưỡng trung bình, ít mùn	giàu dinh dưỡng (phân tầng), ít mùn	giàu dinh dưỡng (không phân tầng), ít mùn	rất giàu dinh dưỡng, mùn trung bình	cực giàu dinh dưỡng, nhiều mùn

Chú thích: Số ngoài ngoặc là chỉ số trung bình thực có, số trong ngoặc là chỉ số giới hạn

Bảng 6.23. Phân loại chất lượng nước hồ Trúc Bạch

Nhóm chỉ tiêu	Bậc giá trị trung bình
Nhóm 1: hình thái hồ	4
Nhóm 2 : - Ô xy hòa tan - Chỉ tiêu dinh dưỡng	4 4,3
Nhóm 3 : chỉ tiêu đặc biệt và vệ sinh	2,4
Trung bình	3.67 - làm tròn số thành 4

Kết quả cuối cùng sau khi làm tròn số, chất lượng môi trường nước Hồ Tây được xếp vào bậc 3 tương ứng với hồ phú dưỡng (eutrophic), ít mùn hữu cơ (oligohumous). Với bậc này, hồ có thể sử dụng tốt cho các mục đích nuôi thủy sản và bơi thuyền. Hồ Trúc Bạch được xếp vào bậc 4, tương ứng với hồ rất giàu dinh dưỡng (polytrophic) và mùn trung bình (mesohumous). Với bậc này, hồ Trúc Bạch phải được xử lý và cải thiện về chất lượng nước trước khi sử dụng cho các mục tiêu khác.

5.2. Hồ Ba Bể

Hồ Ba Bể là một thủy vực nước ngọt ở cảnh quan vùng núi, có mặt nước lớn. Việc phân hạng chất lượng hồ Ba Bể chưa được đề cập đến một cách toàn diện. Dựa trên hệ thống phân hạng hồ và hồ chứa của tổ chức OECD cho việc giám sát các thủy vực nước ngọt nội địa và chương trình nghiên cứu phi dinh dưỡng (OECD, 1982 ; Ryding et al, 1989) với các nhóm chỉ tiêu về hình thái hồ, các chỉ tiêu dinh dưỡng và các chỉ tiêu vệ sinh, kết quả phân hạng hồ Ba Bể được trình bày trong các bảng 6.24-6.25.

Bảng 6.24. Phân loại hồ Ba Bể với các nhóm chỉ tiêu hình thái, dinh dưỡng và vệ sinh

Chỉ tiêu	Bậc phân loại					
	1	2	3a	3b	4	5
Chỉ tiêu hình thái hồ						
- độ sâu trung bình (m)		12-17 (≥ 10)				
- độ sâu lớn nhất (m)		29 (≥ 20)				
Chỉ tiêu vùng lưu vực						
-Tỷ lệ giữa diện tích vùng lưu vực với thể tích nước ($\text{km}^2/10^6 \text{ m}^3$)			6,2 (≤ 10)			
- Tỷ lệ giữa diện tích vùng lưu vực và diện tích mặt hồ		66,5 (≥ 50)				
Chỉ tiêu dinh dưỡng						
-DO tầng đáy trong mùa hè		1,5 (≥ 1)				
- TP (mg/l) trong mùa khô					1,03 ($\leq 1,5$)	
- Độ trong (m)			2,5 (≥ 1)			
Chỉ tiêu đặc biệt và						

vệ sinh						
- pH				7,98-9,23 (7,0-9,5)		
- NH ⁴ tăng mặt mg/l			0,006 ($\leq 0,1$)			
- NO ₃ (mg/l)	0,024- 0,104 (<10)					
- COD (mg/l)					10,5 (<20)	
- Phenol (mg/l)					0,2 ($\leq 0,5$)	
- Mn (mg/l)		0,026 ($\leq 0,1$)				
- Cu (mg/l)			0,003-0,015 ($\leq 0,05$)			
- Pb (mg/l)		0,001-0,018 ($\leq 0,03$)				
- Zn (mg/l)					0,014- 0,084 ($\leq 0,1$)	
-Coliform (MPN/100ml)			0 (≤ 100)			
	nghèo dinh dưỡng, ít mùn	dinh dưỡng trung bình, ít mùn	giàu dinh dưỡng (phân tăng), ít mùn	giàu dinh dưỡng (không phân tăng), ít mùn	rất giàu dinh dưỡng, mùn trung bình	cực giàu dinh dưỡng, nhiều mùn

Chú thích: Số ngoài ngoặc là chỉ số trung bình thực có, số trong ngoặc là chỉ số giới hạn

Bảng 6.25. Phân hạng chất lượng hồ Ba Bể

Nhóm chỉ tiêu	Bậc giá trị trung bình
Nhóm 1. hình thái hồ	2,25
Nhóm 2 :	
- Ô xy hoà tan	2,0
- Chỉ tiêu dinh dưỡng	3,5
Nhóm 3 : chỉ tiêu vệ sinh	2,9
Trung bình	2,6 (tròn số = 3)

Kết quả cuối cùng sau khi làm tròn số, chất lượng môi trường nước hồ Ba Bể được xếp vào bậc 3 tương ứng với hồ phú dưỡng, ít

mùn hữu cơ. Với bậc này, hồ có thể sử dụng tốt cho các mục đích nuôi thủy sản và bơi thuyền.

5.3. Hồ Hoà Bình trên sông Đà

Hồ Hoà Bình với dung tích trên 9 tỷ m³, diện tích hồ khoảng 20.800ha là hồ chứa nước lớn nhất nước ta hiện nay. Hồ Hoà Bình được nghiên cứu liên tục về môi trường nước và thủy sinh học từ 1990 đến 1994 (Hồ Thanh Hải, 1995). Các kết quả phân loại chất lượng hồ Hoà Bình được trình bày trong các bảng 6.26, 6.27.

Bảng 6.26. Phân loại hồ Hoà Bình với các nhóm chỉ tiêu hình thái, vùng lưu vực, dinh dưỡng và vệ sinh

Chỉ tiêu	Bậc phân loại					
	1	2	3a	3b	4	5
Chỉ tiêu hình thái hồ						
- độ sâu trung bình (m)	45 (≥ 15)					
- độ sâu lớn nhất (m)	110 (≥ 30)					
- Tỷ lệ dung tích tầng đáy/tầng mặt (giá trị trung bình vào mùa hè, thời kỳ phân tầng)	3,4 (≥ 1,5)					
- Thời gian tồn lưu nước (năm)				0,16 (≥ 0,1)		
Chỉ tiêu vùng lưu vực						
- Tỷ lệ giữa diện tích vùng lưu vực với thể tích nước (km ² /10 ⁶ m ³)	2,6 (≤ 3)					
- Tỷ lệ giữa diện tích vùng lưu vực và diện tích mặt hồ			122 (≤ 300)			
- Tỷ lệ % giữa diện tích rừng với diện tích lưu vực.					15,7 (≥ 10)	
- Tỷ lệ giữa đơn vị tương đương (dân cư, gia súc) với thể tích hồ (10 ⁶ m ³)		138 (≤ 500)				
Chỉ tiêu dinh dưỡng						
- DO tầng đáy trong mùa hè		5,4 (≥ 1)				
PO ₄ (mg/l) trong mùa đông (thời kỳ xáo trộn/đồng nhất)			0,026 (≥ 0,03)			
TP (mg/l) trong mùa đông.			0,136 (≤ 0,3)			
PO ₄ (mg/l) trong mùa hè (thời kỳ phân tầng)						0,76 (> 0,5)

- TP (mg/l) trong mùa hè.						1,23(>0,5)
- Độ trong (m)			≥1 (1,2)			
- Sinh khối Động vật vật nổi (gam khô/m ³)		0,12 (<0,3)				
Chỉ tiêu đặc biệt và vệ sinh						
Ca ²⁺ (mg/l)	2,12(<60)					
Mg ²⁺ (mg/l)	4,7 (<25)					
Na ²⁺ (mg/l)	11,5 (<30)					
Cl ⁻ (mg/l)	2,7 (<50)					
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	9,2 (<100)					
- pH			7-7,5 (7,98-9,23)			
TFe (mg/l)					7,73 (<3,0)	
- Mn (mg/l)		0,028 (≤0,1)				
NH ₄ tăng mặt (mg/l)			0,02 (<0,1)			
H ₂ S tăng đáy (mg/l)			0,302 (<0,01)			
COD (mg/l)	1,14 (<3,0)					
NO ₃ cực đại (mg/l)	0,33 (<15)					
NO ₃ trung bình/năm (mg/l)	0,037 (<10)					
- Coliform (MPN/100ml)			5,2 (≤100)			
- Cu (mg/l)			0,037 (≤0,05)			
- Cr (mg/l)		0,0035 (≤0,01)				
- Pb (mg/l)		0,0052 (≤0,03)				
- As		0,0054 (≤0,01)				
- Zn (mg/l)					0,061 (≤0,1)	
Cd (mg/l)			0,00025 (≤0,001)			
Co (mg/l)		0,001(≤0,01)				
Ni (mg/l)		0,0019 (≤0,05)				
Hg (mg/l)					0,002 (≤0,01)	
	nghèo dinh dưỡng, ít mùn	dinh dưỡng trung bình, ít mùn	giàu dinh dưỡng (phân tầng), ít mùn	giàu dinh dưỡng (không phân tầng), ít mùn	rất giàu dinh dưỡng, mùn trung bình	cực giàu dinh dưỡng, nhiều mùn

Chú thích: Số ngoài ngoặc là chỉ số trung bình thực có, số trong ngoặc là chỉ số giới hạn

Bảng 6.27. Phân hạng chất lượng hồ Hoà Bình

Nhóm chỉ tiêu	Bậc giá trị trung bình
Nhóm 1. hình thái hồ và vùng lưu vực	2,15
Nhóm 2 : - Ô xy hoà tan - Chỉ tiêu dinh dưỡng	2,0 3,05
Nhóm 3 : chỉ tiêu đặc biệt và vệ sinh	2,1
trung bình	2,325 (tròn số = 2)

Kết quả cuối cùng sau khi làm tròn số, chất lượng môi trường nước hồ Hoà Bình được xếp vào bậc 2 tương ứng với hồ dinh dưỡng trung bình, ít mùn hữu cơ. Với bậc này, hồ Hoà Bình có thể sử dụng tốt cho hầu hết các mục tiêu. Trong các nhóm chỉ tiêu phân hạng, nhóm chỉ tiêu đặc biệt và vệ sinh được tính là 2,1 (làm tròn thành 2 điểm), là đặc điểm quan trọng thuận lợi cho khả năng sử dụng nước hồ Hòa Bình cho sinh hoạt.

5.4. Hồ Thác Mơ trên sông Bé

Các kết quả phân hạng chất lượng nước hồ Thác Mơ được trình bày trong các bảng 6.28, 6.29.

Bảng 6.28. Phân hạng hồ Thác Mơ với các chỉ tiêu thủy học, dinh dưỡng, và vệ sinh

Chỉ tiêu	Bậc phân hạng					
	1	2	3a	3b	4	5
Chỉ tiêu thủy học, hình thái hồ						
- độ sâu trung bình (m)		12,9 (≥ 10)				
- độ sâu lớn nhất (m)	38 (≥ 30)					
Chỉ tiêu vùng lưu vực						
- thời gian tồn lưu nước (năm)			0,5 ($\geq 0,2$)			
- tỷ lệ diện tích vùng lưu vực/ dung tích hồ ($\text{Km}^2/10^6 \cdot \text{m}^3$)	1,56 (≤ 3)					

- tỷ lệ diện tích vùng lưu vực/ diện tích mặt hồ	20,1 (≤ 30)					
Chỉ tiêu dinh dưỡng						
- ô xy tầng đáy (mg/l)		2,1 (≥ 1)				
- PO_4 (mùa hè) (mg/l)					0,48 ($> 0,1$)	
- động vật nổi (gr khô/ m^3)			0,31 ($< 0,8$)			
Chỉ tiêu đặc biệt và vệ sinh						
- Ca^+ (mg/l)	9,47 (< 60)					
- Mg^{2+} (mg/l)	1,44 (< 25)					
- Cl^- (mg/l)	12,8 (< 50)					
- SO_4^{2-} (mg/l)	5,83 (< 100)					
- TFe (mg/l)	0,04 ($\leq 0,1$)					
- Mn (mg/l)		0,037 ($\leq 0,1$)				
- pH (tầng mặt)	7,48 (6,5-8,0)					
- NH_4 (tầng mặt) (mg/l)				0,0841 (≤ 0)		
- COD (mg/l)					12,1 (< 20)	
- H^2S (mg/l)					0,011 ($\geq 0,0$)	
- NO_3 trung bình (mg/l)	0,023 (< 10)					
- F	0,1 ($< 1,0$)					
- chì Pb	0,003 ($< 0,03$)					
- kẽm Zn		0,006 ($< 0,01$)				
- Cadmi Cd		0,0002 ($< 0,001$)				
- Thủy ngân Hg		0,0004 ($< 0,001$)				
	Nghèo dinh dưỡng, ít mùn	Dinh dưỡng trung bình, ít mùn	Giàu dinh dưỡng, ít mùn	Giàu dinh dưỡng, ít mùn	Rất giàu dinh dưỡng, mùn trung bình	Cực giàu dinh dưỡng, nhiều mùn

Chú thích: Số ngoài ngoặc là chỉ số trung bình thực có, số trong ngoặc là chỉ số giới hạn

Bảng 6.29. Phân hạng hồ Thác Mơ trên cơ sở 3 nhóm chỉ tiêu

Nhóm chỉ tiêu	Bậc giá trị trung bình
Nhóm 1. hình thái hồ	1,6
Nhóm 2 : - Ô xy hoà tan - Chỉ tiêu dinh dưỡng	2,0 3,5
Nhóm 3 : chỉ tiêu đặc biệt và vệ sinh	1,66
trung bình	2,19 (tròn số = 2,0)

Từ các kết quả phân hạng theo 3 nhóm chỉ tiêu, sau khi làm tròn số, hồ Thác Mơ được xếp vào bậc 2, tương đương với mức dinh dưỡng trung bình, ít mùn (mesotrophic, oligohumous).

Như vậy, có thể thấy các kết quả phân hạng chất lượng môi trường nước các thủy vực như ở trên phụ thuộc vào các thông số, đặc biệt các thông số môi trường, được sử dụng làm chỉ tiêu phân hạng có thực sự là biểu thị đầy đủ bản chất thực tế của môi trường đó hay không. Các thông số đo đạc và phân tích này càng nhiều thì mức độ tin cậy càng cao. Như đã biết, các yếu tố môi trường của một thủy vực luôn thay đổi trong chu kỳ ngày, chu kỳ mùa và năm. Sự dao động của một số các giá trị môi trường là rất lớn, cho nên số liệu đo đạc và phân tích nếu không đủ nhiều để có được giá trị trung bình tin cậy thì kết quả phân hạng có thể không thực tế. Đó là chưa kể tới các phương pháp và thiết bị thu mẫu và phân tích chưa đồng nhất và chưa được tiêu chuẩn hóa.

Với loại hình hồ chứa, sự phân hạng chất lượng nước cũng mới bắt đầu được áp dụng theo tiêu chuẩn phân hạng của OECD như trên. Theo hệ thống phân hạng này, với giá trị trung bình của ba nhóm chỉ tiêu: thủy văn, hình thái hồ và vùng lưu vực; chỉ tiêu dinh dưỡng; chỉ tiêu đặc biệt và vệ sinh sau khi làm tròn số, hồ Hoà Bình và hồ Thác Mơ được xếp bậc 2 hồ có mức dinh dưỡng trung bình, ít mùn. Tuy nhiên cũng lưu ý là riêng giá trị của nhóm chỉ tiêu dinh dưỡng, cả hai hồ chứa trên đều được xếp vào bậc 3 tương đương với mức giàu dinh dưỡng trong thời kỳ phân tầng. Với bậc

phân hạng về chất lượng nước như vậy, các hồ chứa nước có thể đáp ứng cho các nhu cầu sử dụng nước.

Còn các hồ tự nhiên như hồ Tây, hồ Ba Bể đều được xếp vào loại hồ phú dưỡng, mùn ít. Với bậc phân loại này, hai hồ có cảnh quan đẹp như trên cần được lưu ý giám sát thường xuyên. Đặc biệt hồ Trúc Bạch được xếp vào loại hồ rất phú dưỡng, mùn trung bình thì cần phải có các biện pháp xử lý nước trước khi đáp ứng cho mục tiêu sử dụng nước.

I. NĂNG SUẤT SINH HỌC THỦY VỰC	399
1. Các đại lượng xác định năng suất sinh học thủy vực	401
2. Sản lượng sinh vật sơ cấp của thủy vực	406
3. Sản lượng sinh vật thứ cấp của thủy vực	411
4. Các nhân tố quyết định năng suất sinh học thủy vực	421
4.1. Đặc điểm điều kiện tự nhiên thủy vực	422
4.2. Cơ sở dinh dưỡng của thủy vực	423
4.3. Đặc điểm thành phần loài và quan hệ quần loại trong thủy vực	425
4.4. Các biện pháp khai thác và các tác nhân ảnh hưởng tới đặc tính của thủy vực	425
5. Các biện pháp nhằm nâng cao năng suất sinh học thủy vực	426
5.1. Cải tạo địa hình và chế độ thủy lý hóa học của thủy vực	426
5.2. Tăng cường cơ sở thức ăn trong thủy vực	427
5.3. Khai thác hợp lý và bảo vệ nguồn lợi sinh vật thủy vực	430
II. DẪN LIỆU VỀ NĂNG SUẤT SINH HỌC THỦY VỰC	431
1. Dẫn liệu về năng suất sinh học sơ cấp	431
1.1. Năng suất sinh học sơ cấp trong các ao	431
1.2. Năng suất sinh học sơ cấp trong các hồ	434
1.3. Năng suất sinh học sơ cấp ở biển và đại dương	436
1.4. Năng suất sinh học sơ cấp ở vùng biển Việt Nam	440
1.4.1. Năng suất sinh học sơ cấp của thực vật phù du	440
1.4.2. Năng suất sinh học sơ cấp của thực vật đáy	445
2. Dẫn liệu về năng suất sinh học vi sinh vật ở nước	446
2.1. Năng suất sinh học vi sinh vật trong các ao, hồ nước ngọt	446
2.2. Năng suất sinh học vi sinh vật trong biển và đại dương	449
2.3. Năng suất sinh học của vi sinh vật biển Việt Nam	449
3. Dẫn liệu về năng suất sinh học động vật trong thủy vực (năng suất thứ cấp)	451
3.1. Năng suất sinh học động vật trong thủy vực nước ngọt	451
3.2. Năng suất sinh học động vật biển và đại dương	454
III. NGUỒN LỢI SINH VẬT THỦY VỰC	456
1. Vai trò của thủy sinh vật trong đời sống con người	456
2. Khai thác nguồn lợi sinh vật các thủy vực	460
2.1. Khai thác nguồn lợi thủy sản thể giới	460
2.2. Nuôi trồng thủy sản trên thể giới	462
2.3. Khai thác nguồn lợi thủy sản ở Việt Nam	465
3. Khai thác hợp lý và phát triển bền vững nguồn lợi sinh vật thủy vực	473
4. Phát triển nuôi trồng thủy sản bền vững	476
5. Xây dựng khu bảo tồn thiên nhiên, lưu giữ nguồn gen quý hiếm	477
5.1. Quy hoạch các khu bảo tồn thiên nhiên biển và thủy vực nội địa ở Việt Nam	478

5.2. Phương hướng khai thác hợp lý, phát triển bền vững nguồn lợi thủy sản ở Việt Nam.....	479
IV. VẤN ĐỀ LOẠI HÌNH HỌC THỦY VỰC.....	480
1. Lý thuyết Thienemann - Naumann về phân loại thủy vực dạng hồ	481
2. Phân loại thủy vực dựa trên đặc tính của năng suất sinh học thủy vực	484
3. Phân loại thủy vực theo nhu cầu sử dụng.....	485
4. Nhận định chung và phương hướng phân loại thủy vực ở nước ta	488
5. Phân loại chất lượng nước một số hồ, hồ chứa ở Việt Nam.....	490
5.1. Hồ Tây, hồ Trúc Bạch.....	490
5.2. Hồ Ba Bể.....	494
5.3. Hồ Hòa Bình trên sông Đà.....	496
5.4. Hồ Thác Mơ trên sông Bé.....	498

Chương VII

Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG NƯỚC VÀ BẢO VỆ NGUỒN NƯỚC

I. NGUỒN NƯỚC SẠCH VÀ HIỆN TRẠNG SỬ DỤNG

1. Các nguồn nước

1.1. Nước mặt và vùng lưu vực

Phần nước mưa không được lọc xuống đất nhưng được chảy trên bề mặt đất như suối, sông tới hồ ao... được gọi là dòng nước mặt. Theo quy luật, nước chảy từ vùng đồi núi cao xuống vùng thấp hơn thành sông hoặc các chi lưu. Tất cả vùng đất mà nước mưa đổ xuống sông, hồ được gọi chung là vùng lưu vực (watershed). Vùng lưu vực được xác định bởi sự phân chia địa hình mà nó phân tách dòng chảy bề mặt giữa hai hệ thống nước. Các hoạt động sử dụng nước trên vùng lưu vực có thể tác động tới chất lượng nước bề mặt thông qua dòng chảy và nước ngầm, đặc biệt thông qua sự ngấm (infiltration) các chất độc. Việc hiểu biết các yếu tố gây ảnh hưởng tới dòng nước mặt và nước ngầm sẽ giúp xác định chỗ nào nước cấp cho sinh hoạt là tốt, có thể tồn tại và mối đe dọa có thể xảy ra.

1.2. Nước ngầm

Nước ngấm xuống đất, theo sức hút trọng lực, nước ngấm qua các khe xuống tới một độ sâu của đất mà ở đó tất cả khoảng hở được lấp đầy nước. Tại những chỗ này, đất hoặc đá trở nên bão hòa nước và mực nước đó được gọi là mực nước ngầm (water table). Mực nước ngầm không phải bao giờ cũng ở cùng một độ sâu cố định dưới mặt đất. Trong thời kỳ mưa nhiều, mực nước ngầm có thể dâng cao.

Ngược lại, trong thời mưa ít và độ bốc hơi cao, mực nước ngầm bị hạ xuống. Vùng phía dưới mực nước ngầm được gọi là vùng bão hòa và nước trong vùng bão hòa được gọi là nước ngầm.

Nước ngầm được thấy trong tầng ngậm nước bao gồm đất hoặc đá trong vùng bão hòa có trữ lượng nước lớn. Trong tầng ngậm nước tự do, đỉnh của tầng ngậm nước được xác định bởi mực nước ngầm. Tầng ngậm nước giới hạn được bao quanh trên đỉnh bởi vật liệu không ngậm nước như đất sét. Nước trong tầng ngậm nước giới hạn bình thường dưới áp suất và có thể gây ra mực nước trong giếng nước nâng lên phía trên mực nước ngầm. Nếu nước dâng cao lên phía trên mặt đất thì nó được gọi là giếng phun. Trong vùng bão hòa, dòng chảy nước ngầm qua các khe đất, đá theo chiều ngang và thẳng đứng.

Nước chảy từ tầng ngậm nước vào suối, hồ gọi là sự xâm nhập của nước ngầm (groundwater discharge), ngược lại, nước chảy vào tầng ngậm nước được gọi là nạp nước ngầm. Vùng nạp nước ngầm là vùng ở cả bề mặt lẫn dưới mặt đất, nó cung cấp nước cho tầng ngậm nước và có thể nằm ở bao quanh hầu hết vùng lưu vực.

1.3. Tài nguyên nước ở Việt Nam

Do điều kiện địa hình, lượng mưa hàng năm lớn (khoảng 2.000mm), hệ thống sông ngòi dày đặc nên Việt Nam có tài nguyên nước mặt phong phú. Tổng lượng nước mặt trung bình hàng năm ở Việt Nam là 880 tỷ m³, trong đó, chỉ riêng lưu vực sông Hồng và sông Cửu Long (phần cuối của sông Mê Kông) đã chiếm tới 75% lượng nước trên, lượng nước được hình thành trên lãnh thổ Việt Nam là 325 tỷ m³. Tuy vậy, phải thấy một đặc điểm đáng lưu ý là lượng mưa phân bố không đều theo thời gian trong năm và không đều giữa các vùng lãnh thổ trong nước. Các tỉnh ở trung du Bắc Bộ, nam Trung Bộ và Tây Nguyên thường xảy ra hạn hán vào mùa khô, trong khi vào mùa mưa, nhiều vùng lãnh thổ lại bị ngập lụt.

Ngoài nước mặt, Việt Nam còn có tài nguyên nước ngầm. Theo tính toán dự báo, trữ lượng tiềm năng nước ngầm của Việt Nam khoảng 48 tỷ m³/năm (17-20 triệu m³/ngày). Hiện nay, hàng năm có thể khai thác xấp xỉ 1 tỷ m³/năm (khoảng 2,3 triệu m³/ngày).

2. Hiện trạng sử dụng nguồn nước

2.1. Nước sử dụng cho dân dụng

Việc sử dụng nước cấp cho sinh hoạt bao gồm nước uống, tắm rửa... cho con người là quan trọng nhất. Nguồn nước cấp cho con người chủ yếu từ nước ngầm. Ở Mỹ, năm 2000, khoảng 3.720 triệu gallon nước/ngày được cung cấp cho các nhu cầu sử dụng của con người, trong đó, nước ngầm chiếm tới 98%. Từ khi kết thúc chiến tranh thế giới lần thứ II, con người có xu hướng di chuyển từ vùng nông thôn đến thành thị. Điều đó đã tác động quan trọng đến nguồn nước. Người ta đã bắt đầu xây dựng các công trình cấp nước lớn để cung cấp cho dân chúng ở đô thị và khu công nghiệp.

Ở Việt Nam, sự phát triển đô thị hóa cũng làm gia tăng nhu cầu về nguồn nước sử dụng cho sinh hoạt. Do đặc trưng về điều kiện hạn chế nguồn nước ngầm, hầu hết các đô thị lớn, kể cả TP. Hồ Chí Minh đều đang sử dụng nguồn nước cấp từ sông. Do đặc trưng địa chất, nguồn nước ngầm phong phú, thành phố Hà Nội hiện nay sử dụng nước cấp cho sinh hoạt chủ yếu từ nước ngầm, mỗi ngày tiêu thụ khoảng 400.000m³ nước cấp. Trong tương lai không xa, khi nguồn nước ngầm suy giảm, số lượng dân chúng tăng lên, Hà Nội đã phải tính đến nguồn nước cấp sẽ lấy từ hồ Hòa Bình trên sông Đà và trực tiếp lấy từ sông Hồng. Giá thành của nước khai thác từ nguồn nước mặt như sông, hồ thường đắt hơn nhiều so với khai thác từ nguồn nước ngầm.

2.2. Thủy lợi

Khắp nơi trên thế giới, sử dụng nước cho thủy lợi (nước sử dụng cho tưới tiêu nông nghiệp) là quan trọng sau việc sử dụng nước cho sinh hoạt dân dụng. Khoảng 60% tổng số nước ngọt trên toàn cầu được sử dụng cho tưới nông nghiệp. Ở nước Mỹ, tới năm 2000, lượng nước dùng cho thủy lợi ước lượng 137.000 triệu gallon/ngày. Khoảng 61.900.000 acre được tưới trong năm 2000.

Lúc đầu, nước mặt là nguồn nước được dùng chủ yếu cho tưới mặc dầu các dẫn liệu cho thấy có sự gia tăng sử dụng nước ngầm từ năm 1950. Trong năm 1950, 77% nước tưới là nước mặt, hầu hết được sử dụng trong các bang ở miền Tây nước Mỹ. Đến năm 2000,

nước mặt sử dụng cho tưới giảm xuống chỉ còn 58% tổng số. Nước ngầm cho tưới trong năm 2000 là lớn hơn 3 lần so với năm 1950. Tăng chủ yếu từ 1965 đến 1980.

Ở Việt Nam, theo thống kê, riêng vùng đồng bằng vùng lưu vực sông Hồng - Thái Bình, Bắc Bộ có 1.300.000ha đất nông nghiệp, chủ yếu tập trung ở vùng đồng bằng châu thổ. Do điều kiện địa hình và đặc trưng khí hậu nên việc phân bổ nước tưới tiêu từ các sông ngòi cho nông nghiệp có nhiều khó khăn. Đến nay, công tác phát triển các công trình thủy lợi đã đưa diện tích tưới lên gần 50% diện tích đất nông nghiệp ở vùng đồng bằng lưu vực sông Hồng - Thái Bình.

Do tính chất các sông ngắn, địa hình dốc nên các vùng duyên hải Trung Bộ và Tây Nguyên là những nơi thượng bị khan hiếm nước tưới cho nông nghiệp. Thời gian gần đây, việc xây dựng các hồ đập nước cho thủy lợi và thủy điện đã được xem là nhiệm vụ quan trọng để điều tiết nguồn nước bảo đảm nhu cầu phát triển nông nghiệp ở đây.

2.3. Thủy điện

Sử dụng nước cho thủy điện là biện pháp sử dụng nguồn nước cô điển nhất. Ở nước Mỹ, mặc dầu hầu hết năng lượng được tạo thành từ nhiên liệu hóa thạch hoặc năng lượng hạt nhân nhưng khoảng 10% tổng năng lượng vẫn là thủy điện. Ngày nay, nhiều nhà máy thủy điện lớn được xây dựng. So với năng lượng từ đốt than, dầu, khí thì ưu thế của sử dụng thủy năng là: giảm thiểu ô nhiễm vì không phải đốt nhiên liệu; nước qua nhà máy thủy điện là nước tự nhiên, có thể được tái sử dụng. Trong khi đó, các dạng năng lượng hóa thạch là nguồn không tái tạo, gây ô nhiễm không khí khi đốt. Đối với năng lượng hạt nhân thì nảy ra vấn đề xử lý chất thải từ các lò phản ứng.

Do điều kiện địa hình, đặc điểm khí hậu - thủy văn thành tạo hệ thống sông - suối phong phú, Việt Nam là quốc gia có nhiều tiềm năng thủy điện. Theo đánh giá, tiềm năng thủy điện có thể khai thác được của Việt Nam khoảng 20.600 MW. Đến 2004, hệ thống nhà máy thủy điện của Việt Nam đã đạt tới công suất gần 4.200 MW, chiếm 37,6% tổng năng lượng điện của cả nước. Riêng các sông thuộc hệ thống sông Hồng - Thái Bình ở miền Bắc Việt Nam có

lượng điện dự trữ hàng năm là 120 tỷ kWh, chiếm xấp xỉ 1/3 tổng tiềm năng thủy điện của cả nước và được phân bổ như sau:

- Lưu vực sông Thái Bình: công suất theo lưu lượng nước bình quân nhiều năm là 168.400 kW, lượng điện dự trữ hàng năm: 1,5 tỷ kW.
- Lưu vực sông Đà: công suất hàng năm 5,74 triệu kW, lượng điện dự trữ hàng năm: 50 tỷ kWh.
- Lưu vực sông Thao: 1,69 triệu kW tương ứng với 15 tỷ kWh.
- Lưu vực sông Lô: 1,2 triệu kW, tương ứng với 10 tỷ kWh.

Theo các kết quả khảo sát trong dự án quy hoạch hệ thống thủy điện toàn quốc, ngoài hệ thống sông Hồng - Thái Bình ở phía Bắc các hệ thống sông ở vùng Trung Bộ, Tây Nguyên và Đông Nam Bộ như các sông Mã, sông Cả, sông Vu Gia - Thu Bồn, sông Ba, sông Sê San, sông Srêpok, sông Đồng Nai, sông Bé đều có rất nhiều tiềm năng về thủy điện.

Hiện nay, trên phạm vi cả nước, đã và đang xây dựng nhiều công trình thủy điện với các quy mô khác nhau. Trong đó, điển hình là các công trình thủy điện Thác Bà trên sông Chảy; Hòa Bình, Sơn La trên sông Đà; Tuyên Quang trên sông Gâm; A Vương, sông Tranh 2, Sông Bung 4 trên hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn; Yaly, Se San 3, Plei Krông trên sông Se San; Đa Nhim, Trị An trên sông Đồng Nai, Thác Mơ trên sông Bé...

2.4. Nước cho công nghiệp

Trong thế giới đang phát triển như hiện nay thì các ngành công nghiệp như luyện kim loại, chế biến các sản phẩm gỗ, giấy, hóa chất, dầu khí... sử dụng nhiều nước. Hầu hết các sản phẩm chế tạo đều sử dụng nước trong từng công đoạn sản xuất. Nước sử dụng trong công nghiệp bao gồm nước dùng cho sản xuất, chế biến, rửa, pha loãng, làm mát máy hoặc nhu cầu vệ sinh công nghiệp.

Năm 2000, ở Mỹ lượng nước sử dụng trong công nghiệp khoảng 19.700 triệu gallon/ngày hoặc 22.100 nghìn acre-feet/năm. Nước dùng cho công nghiệp chiếm khoảng 5% tổng số và khoảng 9% cho

tất cả bao gồm cả năng lượng nhiệt điện. Nguồn nước mặt chiếm 82% tổng số nước dùng cho công nghiệp. Trong đó, khoảng 92% nước mặt và 99% của nước ngầm dùng cho công nghiệp là nước ngọt. Tới năm 2000, tổng số nước dùng cho công nghiệp giảm 11% so với năm 1995.

Trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội của nước ta, nhiều nhà máy, xí nghiệp và các khu công nghiệp mới sẽ được hình thành trên các vùng lưu vực sông. Từ đó, có các nhu cầu sử dụng nước cho sản xuất. Nước cấp cho công nghiệp tùy theo ngành sản xuất và quy mô sản xuất: Thí dụ: 1 tấn sợi tổng hợp cần $2.500-5.000\text{m}^3$; 1 tấn cao su tổng hợp cần $2.000-3.000\text{m}^3$; 1 tấn giấy cần $400-800\text{m}^3$; khai thác 1 tấn kẽm cần 4.000m^3 ...

2.5. Khai khoáng

Giống như các ngành công nghiệp, tổ hợp khai khoáng mỏ cần nước để bóc đá lấy khoáng sản. Nước dùng khai khoáng là nước để chiết tách khoáng sản có thể dưới dạng các khoáng sản rắn như than, sắt, cát, sỏi hoặc chất lỏng như khí, dầu thô.

2.6. Nước dùng cho nhiệt điện

Sản xuất nhiệt điện là một trong các ngành sử dụng nước nhiều nhất trên thế giới. Trong năm 2000, ở Mỹ khoảng 195.000 triệu gallon nước/ngày được sử dụng cho sản xuất điện. Nước mặt là nguồn nước chính, chiếm 99% tổng số nước sử dụng cho nhiệt điện. Ở vùng ven biển, nước biển được sử dụng thay vì cho nước ngọt.

Nước được sử dụng chính trong công nghiệp điện là làm mát các thiết bị máy. Khi nước qua công đoạn làm mát máy, nước bị nóng lên. Nước quá nóng không thể đổ ra môi trường bên ngoài gây ảnh hưởng tới đời sống thủy sinh vật. Bởi vậy, nước đã sử dụng phải được làm nguội đi. Một cách làm nguội là xây dựng tháp làm mát lớn và phun nước vào bên trong tháp, sự bốc hơi diễn ra và nước được làm nguội. Điều đó cho thấy vì sao các nhà máy sản xuất năng lượng lớn thường được xây dựng ở gần sông, hồ và biển.

II. TỔNG QUÁT VỀ Ô NHIỄM NƯỚC

1. Ô nhiễm

Cho đến nay, có nhiều định nghĩa, khái niệm về ô nhiễm. Theo định nghĩa của Tổ chức y tế thế giới: *sự ô nhiễm (hoặc sự nhiễm bẩn) là việc chuyển các chất thải hoặc năng lượng vào môi trường đến mức có khả năng gây tác hại đến sức khỏe con người, đến sự sinh trưởng và phát triển của sinh vật và làm suy giảm chất lượng môi trường.*

Một định nghĩa khác đơn giản hơn: *ô nhiễm môi trường là sự thay đổi chất lượng môi trường theo chiều hướng tiêu cực đối với mục đích sử dụng môi trường.*

Với các định nghĩa về sự ô nhiễm như trên, nhìn chung có thể thấy các yếu tố gây ô nhiễm bao gồm các chất thải ở dạng khí (khí thải), lỏng (nước thải) hoặc rắn (chất thải rắn) chứa hóa chất hoặc các yếu tố vật lý, sinh học và các dạng năng lượng (nhiệt độ, bức xạ). Tuy nhiên, môi trường chỉ được coi là ô nhiễm khi các yếu tố gây ô nhiễm như trên đạt tới mức có thể tác động xấu đến đời sống con người, sinh vật và gây tổn hại tới các vật liệu khác.

Ô nhiễm có thể phân thành hai dạng chính là ô nhiễm địa phương (local pollution) và ô nhiễm toàn cầu (global pollution). Trước đây, người ta chỉ quan tâm tới ô nhiễm địa phương. Thí dụ, đốt than gây khói làm ảnh hưởng tới sức khỏe. Một khẩu hiệu thời đó trong các trường học là "Giảm thiểu ô nhiễm bằng pha loãng". Theo lý thuyết này, ô nhiễm được pha loãng một cách thoả đáng sẽ không gây tổn hại môi trường. Trong các thập kỷ gần đây, khi sự hiểu biết và nhận thức của con người tăng lên thì các dạng ô nhiễm ở mức độ toàn cầu đã được xem là vấn đề cần quan tâm. Thí dụ, các hoạt động của con người (các vụ thử hạt nhân) đã tăng mức phóng xạ gây tác hại tới sức khỏe con người trên toàn trái đất. Các hoạt động giao thông, công nghiệp gây khí phát thải, làm nóng lên toàn cầu, gây hiệu ứng nhà kính, suy giảm tầng ô zôn... Việc mong muốn hiểu biết một cách đầy đủ về ô nhiễm đã dẫn tới hình thành các nghiên cứu nhằm tìm kiếm các giải pháp hạn chế các tác động gây ô nhiễm của con người tới môi trường.

2. Nguồn gây ô nhiễm

Trong thực tế, các nguồn gây ô nhiễm được phân biệt là nguồn gây ô nhiễm tự nhiên và nguồn gây ô nhiễm từ con người (anthropogenic sources of pollution).

- Nguồn gây ô nhiễm tự nhiên có thể thấy như sự phát thải các nguyên tố độc vào khí quyển từ các sản phẩm phun trào của núi lửa, từ các khí có nguồn gốc từ pha bay hơi của một số nguyên tố dễ bay hơi như A sen (As), Thủy ngân (Hg)... Sự khoáng hóa ở tầng mặt hoặc gần tầng mặt chứa các nguyên tố độc cũng có thể gây ô nhiễm cho địa phương.
- Nguồn gây ô nhiễm hình thành từ các hoạt động của con người trong phát triển kinh tế - xã hội, phát thải ra các loại chất thải (khí thải, nước thải, chất thải rắn), năng lượng...

Tuy nhiên, theo phương thức di chuyển các chất gây ô nhiễm vào môi trường, nguồn gây ô nhiễm được phân biệt bởi hai kiểu chính là nguồn điểm (point source) và nguồn phân tán (non-point source/diffuse source).

- Nguồn điểm: các nguồn gây ô nhiễm có thể xác định được vị trí, kích thước, bản chất lưu lượng phát thải các yếu tố gây ô nhiễm. Các nguồn điểm chủ yếu là ống khói nhà máy, xe ô tô, tàu hoả, cống xả nước thải, điểm xảy ra sự cố của tàu gây tràn dầu, giàn khoan dầu khí, lò phản ứng nguyên tử, điểm nổ bom nguyên tử, hạt nhân...
- Nguồn phân tán: các nguồn gây ô nhiễm không có điểm cố định, không xác định được vị trí. Thí dụ, nước mưa chảy tràn qua đồng ruộng, rừng núi, đường phố... đổ vào sông, suối, hồ, ao, kênh rạch gây ô nhiễm môi trường nước; mưa axit do ô nhiễm khí quyển...

3. Chất gây ô nhiễm

Cho đến nay, có tới hàng ngàn các chất gây ô nhiễm và khó có thể thống kê đầy đủ, cụ thể các chất gây ô nhiễm. Các chất gây ô nhiễm có thể có nguồn gốc tự nhiên, có thể từ con người sản sinh ra trong các quá trình phát triển kinh tế - xã hội. Để đơn giản hóa, Holdgates

(1979) đã xác định rằng việc đưa *những hợp chất, năng lượng vào môi trường mà gây nguy hại đến môi trường sống hoặc làm biến đổi môi trường vật lý thì đó là chất ô nhiễm*. Hiện nay, có thể phân biệt một số nhóm chất gây ô nhiễm như sau:

3.1. Chất ô nhiễm không phải là độc tố

Các chất ô nhiễm trong trường hợp này, bản thân chúng không độc. Các tài liệu đã cho thấy chúng được coi như là những thành phần trong hệ sinh thái. Các chất này nếu hiện diện với số lượng lớn sẽ gây ra sự mất cân bằng trong hệ sinh thái và dẫn tới những thay đổi trong các quá trình lý hóa như quá trình ô xy hóa. Các chất ô nhiễm không độc kiểu này đáng chú ý là chất rắn lơ lửng (suspended solids), các chất dinh dưỡng và mùn bã hữu cơ.

3.2. Chất ô nhiễm là chất độc

Các chất độc là những chất có thể trực tiếp gây chết, gần chết hoặc tác động lâu dài tới các cơ thể sống. Một cách gián tiếp, các chất này thông qua chất dinh dưỡng hoặc khí ô xy phá hủy quần xã sinh vật. Các chất độc bao gồm nhiều chất không có sẵn trong tự nhiên, hầu hết là do con người làm ra, bao gồm các kim loại, các ion hòa tan, các hóa chất bảo vệ thực vật, dầu khí, các chất tẩy, axit, kiềm, các hợp chất hữu cơ, các chất phóng xạ.

3.3. Nguồn nhiệt

Một số thủy vực gần các nhà máy năng lượng hoặc sản xuất công nghiệp, nhiệt độ nước gia tăng chủ yếu do nước làm lạnh của nhà máy nhiệt điện, điện hạt nhân thải ra, hoặc một số nguồn nước nóng khác từ các phân xưởng trong các nhà máy thực phẩm, rượu bia, có sử dụng nước nóng... Nước thải với nhiệt độ cao làm cho nhiệt độ nước thủy vực tiếp nhận nước thải bị nóng lên, bên cạnh việc ảnh hưởng trực tiếp tới đời sống của thủy sinh vật, mặt khác, nhiệt độ nước cao còn làm thay đổi các yếu tố lý hóa học khác trong môi trường nước, đặc biệt làm giảm hàm lượng ô xy hòa tan, tăng sự hô hấp của thủy sinh vật.

Do nhu cầu năng lượng điện ngày càng lớn, nhiều nhà máy năng lượng được xây dựng, lượng nước nóng thải ra từ các nhà máy nhiệt

điện, điện hạt nhân ngày càng nhiều, đặc biệt lượng nước nóng thải ra từ nhà máy điện hạt nhân nhiều gấp rưỡi nhà máy nhiệt điện và nhiệt độ nước thải ra có thể cao hơn nhiệt độ nước bình thường ở bên ngoài tới 11°C. Nếu nước nóng này đổ vào thủy vực sẽ gây tác động tiêu cực tới môi trường sống ở nước.

3.4. Vi sinh vật

Các nhóm vi sinh vật gây ô nhiễm bao gồm các loại virus, vi khuẩn, nấm, động vật nguyên sinh, động vật ký sinh... có ảnh hưởng trực tiếp tới sức khoẻ của con người. Sự có mặt của vi sinh vật trong môi trường nước do các nguồn thải từ sinh hoạt ở khu dân cư (nước cống rãnh, nước rác). Trong nhóm vi sinh vật, coliform được quan tâm nhiều, đặc biệt là Faecal Coliform - nhóm chỉ thị môi trường nước bị nhiễm phân người hoặc động vật.

4. Các dạng ô nhiễm nước đặc trưng

Ô nhiễm các thủy vực là một quá trình diễn ra có nguyên nhân và có hậu quả. Ô nhiễm nước của các thủy vực có thể ở hai dạng: do mất cân bằng trong tự nhiên và do các chất độc.

1. Ô nhiễm bởi sự mất cân bằng trong quá trình tự nhiên có thể phân biệt hai dạng:

- Sự mất cân bằng trong chu trình dinh dưỡng, đặc biệt trong trường hợp quá nhiều chất dinh dưỡng gọi là phú dưỡng (eutrophication), mức độ nặng hơn nữa là phì dưỡng (hypertrophication).
- Quá trình lắng đọng axit, gây chua hóa môi trường nước tự nhiên trong chu trình thủy văn gây ra mưa axit.

2. Ô nhiễm do các chất độc khác nhau bao gồm các chất hoàn toàn phi tự nhiên do con người gây ra như sự cố tràn dầu, các hóa chất bảo vệ thực vật, phân bón hóa học, các chất thải có kim loại nặng...

4.1. Ô nhiễm dinh dưỡng

Các chất gây nên dạng ô nhiễm này bao gồm các muối dinh dưỡng vô cơ hòa tan dưới dạng các ion có nguồn gốc nitơ (NO_3 , NO_2 ,

NH₄), nguồn gốc photpho (PO₄). Lượng dinh dưỡng vô cơ là cơ sở ban đầu cho phát triển thực vật nổi trong chu trình thức ăn tự nhiên của thủy vực. Lượng dinh dưỡng này là rất cần thiết cho sự phát triển thực vật nổi nhưng nếu vượt quá mức sẽ dẫn tới những thay đổi cơ bản trong quần xã thủy sinh vật và gây nên hiện tượng phú dưỡng thủy vực. Dấu hiệu của hiện tượng này là sự phát triển quá mức một số nhóm thực vật nổi - hiện tượng nở rộ thực vật nổi (algal bloom) tạo thành váng tảo với mật độ rất cao ở khối nước bề mặt, nước bị vẩn đục do quá nhiều tảo. Trong các loài tảo nở rộ, một số loài lại có tính độc ở nước ngọt như tảo lam tảo *Microcystis spp.*, tảo gây mùi vị khó chịu như tảo lam *Oscillatoria*, *Lyngbya...*, ở biển như *Gyrodinium aureolum*, *Alexandrium sp.*, *Cochlodinium polykrioides* *Trichodesmium erythraeum*, tảo sợi bám *Phaecocystis globosa...* gây hại tới quần xã động vật và làm suy giảm chất lượng môi trường nước. Mặt khác, sau thời kỳ nở rộ, thực vật nổi chết đi, chìm xuống tầng trầm tích đáy, làm tăng lượng vật chất hữu cơ giàu dinh dưỡng trong lớp bùn đáy. Một phần chất dinh dưỡng này được dự trữ dưới dạng hạt ở lớp trầm tích đáy, một phần khác bị phân hủy trong quá trình khoáng hóa làm suy kiệt hàm lượng ô xy trong tầng nước, dẫn tới môi trường nước bị yếm khí. Chủ đề phú dưỡng sẽ được trình bày kỹ ở phần dưới.

4.2. Ô nhiễm hữu cơ

Ô nhiễm hữu cơ là dạng ô nhiễm khá phổ biến của các thủy vực nước ngọt nội địa đặc biệt là ở các vùng cảnh quan đồng bằng - nơi dân cư tập trung và khu công nghiệp với mật độ cao. Các chất gây ô nhiễm chủ yếu là nước thải công nghiệp (các ngành chế biến thực phẩm, nước giải khát, thuộc da, dệt nhuộm, làm giấy...) và nước thải sinh hoạt. Các chất hữu cơ được phân biệt bởi hai loại: chất hữu cơ dễ bị phân hủy và chất hữu cơ bền vững.

4.2.1. Chất hữu cơ dễ bị phân hủy

Thuộc loại này là các cacbohydrat, protein, chất béo... Đây là các chất ô nhiễm phổ biến có trong nước thải từ khu dân cư, các nhà máy chế biến thực phẩm (sản xuất bột ngọt, công nghệ lên men, chế biến sữa, sản xuất rượu, bia...).

- Cacbohydrat bao gồm các chất đường có chứa các nguyên tố C, H, O. Một số đường đơn (monosaccharit) có trong thiên nhiên. Các đường kép (disaccharit) gồm hai đường đơn như sucrose, lactose. Các polysaccharit bao gồm các đơn vị đường liên kết theo mạch dài, có thể chia làm hai loại: loại dễ bị phân hủy như tinh bột có trong khoai tây, gạo và loại khó phân hủy như cellulose có trong gỗ, tre...
- Các loại protein là các a xít mạch dài chứa các nguyên tố C, H, O, N và P.
- Các chất béo có khả năng hòa tan trong dung môi hữu cơ (ête, cồn, hexan...) nhưng ít hòa tan trong nước. Khả năng phân hủy do vi sinh chậm.

Các chất hữu cơ thuộc dạng này dễ bị phân hủy dưới tác động của vi sinh vật theo các chu trình phân hủy hiếu khí hoặc kỵ khí.

4.2.2. Các chất hữu cơ bền vững

Trong môi trường nước, các chất hữu cơ mạch dài, phân tử lượng lớn thường khó phân hủy. Các thông số để đánh giá các mức ô nhiễm hữu cơ là hàm lượng ô xy hòa tan (DO), nhu cầu ô xy sinh hóa (BOD), nhu cầu ô xy hóa học (COD). Ngoài ra, các sản phẩm gián tiếp của ô nhiễm hữu cơ là các khí dihydro sulfua (H_2S), metan (CH_4)...

4.3. Ô nhiễm do trầm tích

Trầm tích được xem như chất gây ô nhiễm vật lý, tác động tới thủy vực tiếp nhận theo các cách chính như sau:

- Làm cho độ đục của nước cao, hạn chế sự truyền ánh sáng mặt trời vào nước, hạn chế sự phát triển của tảo và thực vật thủy sinh có rễ bám trong thủy vực. Tại những bãi đẻ trứng của đàn cá ở sông nếu bị trầm tích bùn mịn che phủ nền đáy sẽ ngăn cản cá đẻ trứng. Hậu quả là làm suy giảm hệ sinh thái thủy vực thông qua sự phá hủy nơi cư trú.
- Mức trầm tích cao trong sông bồi lắng làm nâng cao lòng sông, biến dạng hình thái lòng sông, thay đổi tốc độ cũng như hướng dòng chảy dẫn tới sự thay đổi cơ bản đặc tích

thủy văn của sông. Điều đó tác động nghiêm trọng tới sự an toàn của giao thông thủy bởi độ sâu lòng sông bị suy giảm và có thể gây nạn lụt do thể tích lòng sông giảm.

4.4. Ô nhiễm bởi vi sinh vật

Ô nhiễm bởi vi sinh vật chủ yếu là các vi sinh vật gây bệnh như vi sinh vật dạng *Coli* (*Coliform*), vi sinh vật có nguồn gốc từ phân người và gia cầm như *Faecal coliform* và các nhóm vi sinh vật gây bệnh khác. Các thông số sử dụng để đánh giá ô nhiễm vi sinh vật là mật độ *faecal coli*, *non-faecal coli*, các nhóm vi sinh vật hiếu khí, các nhóm vi sinh vật hiếu khí. Ngoài vi khuẩn dạng coliform, một số các nhóm vi khuẩn gây bệnh tiêu chảy hoặc các bệnh ngoài da khác. Có thể kể vi khuẩn các nhóm này như *Salmonella*, *Shigella*, *Mycobacterium*...

4.5. Ô nhiễm do các hóa phẩm nông nghiệp

Các chế phẩm hóa học bao gồm các loại thuốc bảo vệ thực vật như thuốc trừ sâu, diệt cỏ, chất kích thích sinh trưởng được dùng nhiều trong nông nghiệp như các hợp chất hữu cơ có gốc clo như DDT, Aldrin, Dieldrin; có gốc photpho như Woffatox, Monitor; có gốc cacbamat như Bassa, Padan... Các chất này xâm nhập vào môi trường nước do quá trình xói mòn và thường tồn lưu trong nước với hàm lượng thấp. Nếu hàm lượng cao chúng sẽ là tác nhân gây nhiều bệnh hiểm nghèo.

4.6. Ô nhiễm kim loại nặng

Ô nhiễm kim loại chủ yếu là từ các mỏ khai khoáng tự nhiên và từ nước thải của các cơ sở công nghiệp luyện kim, cơ khí, hóa chất... Các chất gây ô nhiễm chủ yếu là các kim loại nặng. Trong nhóm kim loại nặng, thủy ngân (Hg) có đặc tính tích lũy gia tăng sinh học (biomagnification) trong các mô cơ, gan và mỡ của động vật. Nhiều kim loại như chì, cadami... có khả năng tích tụ cao trong cây trồng.

Trong môi trường nước, thủy ngân hữu cơ được vi sinh vật chuyển hóa thành methyl thủy ngân với độc tính cao, chất này thường được tích lũy trong mô. Khoảng 95% methyl thủy ngân được ruột hấp phụ và được tích lũy trong cơ thể động vật, chỉ dưới

1% được bài tiết ra ngoài. Sự tích lũy gia tăng thủy ngân trong chuỗi thức ăn tự nhiên của thủy vực được trình bày trong bảng 7.1 từ các kết quả phân tích sự ô nhiễm của một hồ ở Phần Lan do ảnh hưởng của nước thải từ nhà máy giấy đổ vào.

Bảng 7.1. Hàm lượng thủy ngân trung bình của các mắt xích trong chuỗi thức ăn ở hồ Paijanne (Phần Lan)

Mắt xích thức ăn	Hàm lượng thủy ngân ($\mu\text{g/kg}$ khối lượng tươi)
Trầm tích	87-114
Thực vật nổi	15
Thực vật thủy sinh bậc cao	9
Động vật nổi	13
Động vật đáy ăn cỏ	77
Động vật đáy ăn thịt	83
Cá ăn cỏ	332-500
Cá ăn thịt	604-1510
Vịt ăn côn trùng	240
Chim ăn cá	2512-13 685

Nguồn: Sakka et al., 1978

Sự ô nhiễm kim loại nặng trong các nguồn nước hoặc thủy vực gây nhiều bệnh hiểm nghèo cho con người và thủy sinh vật. Dạng ô nhiễm do kim loại đã thấy ở các nước có nền công nghiệp phát triển và bị ô nhiễm trầm trọng trong những năm 1950-1970. Cho đến thời gian gần đây, tại các nước phát triển, do có biện pháp quản lý môi trường nước ngặt nghèo và áp dụng kỹ thuật xử lý nước thải hiện đại, có hiệu quả nên mức độ ô nhiễm kim loại trong các nguồn nước giảm hẳn. Trong khi đó, tại các nước nghèo hoặc đang phát triển, ô nhiễm kim loại nặng đang có xu hướng gia tăng. Tỷ lệ người bị mắc bệnh nan y từ ô nhiễm kim loại nặng ngày càng cao.

4.7. Ô nhiễm phóng xạ

Thủy vực bị nhiễm chất phóng xạ ở hàm lượng tới hạn có khả năng gây tác hại phóng xạ do tác động của các tia gama (γ), anpha(α), beta (β). Ảnh hưởng của các tia phóng xạ này đối với vật chất là chúng tạo ra các ion, vì thế mà chúng được gọi là phóng xạ ion hóa. Tác dụng gây hại của các tia α và β chỉ có mức độ: do kích thước lớn, hạt α chỉ xuyên sâu khoảng vài centimét trong không khí và vài milimét trong mô sinh vật; tương tự, tia β chỉ xuyên sâu vài chục centimét và vài milimét. Tuy nhiên, các hạt α lại có khả năng tạo ra một lượng lớn các sản phẩm ion hóa trong thời gian ngắn và chúng ít biểu hiện khả năng độc hại ở bên ngoài cơ thể, nhưng rất nguy hiểm qua đường tiêu hóa. Vì vậy, tác hại do các hạt α và β gây nên chỉ xảy ra chủ yếu khi thủy sinh vật ăn phải các chất phóng xạ có trong nước lẫn với thức ăn. Tác hại của tia gama lớn hơn: do khả năng xuyên sâu trong nước và trong mô sinh vật, tia gama có thể gây hại từ bên ngoài cơ thể sinh vật. Mức xâm nhập của tia gama tỷ lệ thuận với năng lượng của chúng. Các hạt và các tia phóng xạ, ngoài tác hại gây chết còn ảnh hưởng tới sự phát triển của sinh vật ở các giai đoạn đầu như đẻ sớm, không phát triển hết các giai đoạn, sinh quái thai...

Các chất phóng xạ có từ hai nguồn thiên nhiên và nhân tạo. Một số hạt nhân phóng xạ tìm thấy trong nước chủ yếu là radi và kali-40, có nguồn gốc tự nhiên, đặc biệt là thẩm lọc từ khoáng chất. Những chất phóng xạ khác chủ yếu từ con người gây ra: các nhà máy năng lượng hạt nhân, các vụ thử vũ khí hạt nhân. Từ 1946-1963, Mỹ đã đổ xuống Thái Bình Dương và Đại Tây Dương tới hàng chục ngàn curi chất thải phóng xạ. Tới 1975, dự tính trên thế giới có tới 300 tàu chạy bằng năng lượng nguyên tử, tổng số chất thải phóng xạ của số tàu này ra biển sẽ tới trên 300 ngàn curi. Ngoài ra, còn lượng chất phóng xạ từ không khí rơi xuống mặt nước và từ các vụ nổ thí nghiệm bom hạt nhân ở biển. Như vậy, có thể thấy tác hại của các chất phóng xạ gây ô nhiễm thủy vực trong thời đại hiện nay là vấn đề cần phải được quan tâm.

4.8. Mưa a xít

Sulphua dioxit (SO_2) và ô xít nitrogen (NO_x) là hai chất gây ô nhiễm không khí và chủ yếu gây mưa a xít. Các chất này có nguồn

gốc chủ yếu từ khói thải của các nhà máy nhiệt điện, các khu công nghiệp, khói thải của các phương tiện giao thông. Khi SO_2 và NO_x phát tán trong không khí, có phản ứng với độ ẩm và diễn ra quá trình ô xy hóa tạo thành các axit sulphuric (H_2SO_4) và nitric (HNO_3) trong đám mây và rơi xuống đất theo mưa hoặc tuyết. Theo kết quả nghiên cứu của Mason (1996), axit sulphuric chiếm khoảng 70% tổng lượng mưa axit ở Tây - Bắc Châu Âu và khoảng 60% ở Đông - Bắc Mỹ, hầu hết lượng còn lại là axit nitric.

Mưa axit làm chua hóa môi trường đất, môi trường nước và qua đó gây ảnh hưởng tới các hệ sinh thái ở cả trên cạn lẫn dưới nước. Bởi vậy, trên thế giới, đặc biệt là ở các nước công nghiệp phát triển, các nghiên cứu ảnh hưởng của mưa axit tới sinh vật trong các hệ sinh thái đã được thực hiện từ nhiều năm nay.

5. Phân loại mức ô nhiễm thủy vực

Việc xác định độ ô nhiễm của thủy vực có tầm quan trọng thực tiễn lớn. Căn cứ vào kết quả xác định, người ta đánh giá từng mức độ ô nhiễm của thủy vực để qua đó, có những biện pháp thích hợp cải tạo, phục hồi môi trường nước cho các mục tiêu sử dụng thủy vực.

Để tiện đánh giá độ ô nhiễm của thủy vực, người ta đã xây dựng những hệ thống phân loại mức độ ô nhiễm của thủy vực. Các hệ thống phân loại này thường căn cứ vào những dẫn liệu tổng hợp, sử dụng nhiều loại chỉ tiêu khác nhau của môi trường nước. Một trong những hệ thống phân loại mức độ ô nhiễm được biết và được sử dụng nhiều nhất là hệ thống nhiễm bẩn (saprobic system) do Kolkwitz-Marsson (1902), sau này được nhiều tác giả khác bổ sung. Khái niệm về hệ thống nhiễm bẩn và sự hiện diện của một số sinh vật liên quan đến tình trạng ô nhiễm bởi các muối dinh dưỡng có nguồn gốc ni tơ và phốt pho và chất hữu cơ của thủy vực được các nhà thủy sinh học nước ngọt nêu lên từ giữa thế kỷ XIX, khi bắt đầu xuất hiện tình trạng ô nhiễm hữu cơ các thủy vực nội địa. Trên cơ sở sự hình thành các mức ô nhiễm khác nhau, được đặc trưng bởi hàm lượng các chất ô nhiễm, chủ yếu là các muối dinh dưỡng và thành phần sinh vật thích ứng trong đó, các tác giả này chia hệ thống ô nhiễm thành các loại như sau:

- Ô nhiễm nặng (polysaprobe): đặc trưng bởi sự ưu thế của quá trình khử trong môi trường nước.
- Ô nhiễm vừa (mesosaprobe): đặc trưng bởi sự giảm dần quá trình khử và sự khởi đầu các quá trình ô xy hóa. Trong loại nhiễm vừa, người ta còn phân biệt thành 2 loại phụ là α mesosaprobe và β mesosaprobe đồng thời bổ sung thêm một mức nước sạch (katharobe).
- Ô nhiễm nhẹ (oligosaprobe): đặc trưng bởi sự ưu thế của quá trình ô xy hóa.

5.1. Ô nhiễm nặng

Rất nhiều chất hữu cơ mới ở các giai đoạn phân hủy đầu tiên. Không có thực vật quang hợp. Không có ô xy hòa tan. Môi trường có tính chất khử, có nhiều khí CO₂, có thể có khí mê tan CH₄ và dihydrosulphua H₂S. Thực vật lớn rất kém phát triển, nấm hoại sinh và các dạng sinh vật dạng yếm khí phát triển mạnh, số lượng vi khuẩn rất lớn (hàng triệu MPN/100ml). Sinh vật chỉ thị thường gặp: *Polytoma uvella* (tảo), *Thioplycoccus*, *Sphaerotillus natans* (vi khuẩn), *Paramaccium putrinum*, *Vorticella putrina*, *Tubifex*, *Eristalis* (động vật).

5.2. Ô nhiễm vừa

Được phân thành hai bậc phụ:

- α mesosaprobe: Mới xuất hiện các dạng phân hủy protit trung gian như polypéptit, axit amin, muối NH₄. Môi trường nước đã có ô xy hòa tan. Số lượng vi khuẩn tới hàng trăm ngàn MPN/ml. Đã có tảo lam, tảo lục. Sinh vật chỉ thị hay gặp: *Oscillatoria*, *Euglena viridis*, *Scentor*, *Coeruleus*, trùng bánh xe, *Chironomus plumosus*...
- β mesosaprobe: đã xuất hiện NO₂, NO₃. Môi trường nước đã có nhiều ô xy hòa tan. Số lượng vi khuẩn chỉ còn hàng chục ngàn MPN/ml. Đã có cây xanh, tảo si líc. Sinh vật chỉ thị thường gặp: *Melosira*, *Navicula*, *Spirogyra*, *Ceratophyllum*, *Heliozoa*, *Porifera*, *Plumatella*, *Mesocyclops leuckartii*, *Moina rectirostris*...

5.3. Ô nhiễm nhẹ

Nước rất ít chất hữu cơ, chỉ còn chất hữu cơ nguồn gốc nội tại (autochthonous sources), NH_4 , NO_2 và NO_3 rất ít. Hàm lượng ô xy cao, khu hệ thủy sinh vật phong phú, đa dạng, nhiều loài sinh vật tự dưỡng: số lượng vi khuẩn chỉ vào khoảng 1.000-10.000 MPN/100ml. Sinh vật chỉ thị thường gặp: *Peridinea*, *Daphnia longispina*, *Dreissena*, nhiều loài cá.

Hệ thống phân loại ô nhiễm trên còn có những hạn chế là các bậc phân loại chưa được chi tiết và chỉ mới chú trọng tới độ ô nhiễm hữu cơ, chưa thể hiện được mức độ nhiễm độc tố của nước. Sau đó, nhiều nhà nghiên cứu môi trường đã tiếp tục hoàn thiện hệ thống phân loại ô nhiễm nước. Zhadin (1964) xây dựng một hệ thống phân loại căn cứ cả vào độ ô nhiễm hữu cơ và ô nhiễm do độc tố và dùng các sinh vật có khả năng chịu độc, tích lũy hoặc chuyển hóa được chất độc làm sinh vật chỉ thị. Tác giả này chia ô nhiễm nước thành ba loại: i/ nhiễm chất dinh dưỡng, hữu cơ (saprobe); ii/ nhiễm độc (toxobe); iii/ vừa nhiễm chất hữu cơ vừa nhiễm độc (saprotoxobe). Nước bị nhiễm độc lại được chia thành bốn bậc: oligo-meso-poly và hypertoxobe. Nhà khoa học Tiệp Khắc là Sladeczek (1963) còn xây dựng hệ thống phân loại ô nhiễm chi tiết hơn nữa: chia nước tự nhiên thành bốn nhóm nước sạch (katarobe), nước nhiễm bẩn (limnosaprobe), nước bẩn nhiều (eusaprobe), nước bẩn không do chất hữu cơ (transaprobe). Trong nhóm này có thể phân biệt ba loại nước có chất độc (antisaprobe), nước có chất phóng xạ (radiosaprobe), nước bẩn do các nguyên nhân lý học (ví dụ: nhiệt) (cryptosaprobe).

Việc xây dựng các hệ thống phân loại nước ô nhiễm ngày càng được nghiên cứu để tiếp tục hoàn thiện, nhằm phản ánh đầy đủ các đặc tính ô nhiễm và mức độ ô nhiễm của nước tự nhiên.

6. Khả năng tự làm sạch của thủy vực

Nước trong các thủy vực tự nhiên đều có một đặc tính nhất định, phụ thuộc vào điều kiện cụ thể của từng khu vực và biến đổi trong một biên độ nhất định tương ứng với biến đổi của điều kiện tự nhiên. Hiện tượng ô nhiễm đã làm thành phần vật lý, hóa học của nước bị biến đổi một cách đột xuất, vượt ra ngoài phạm vi tự nhiên. Nhưng tại các thủy vực bị ô nhiễm này, người ta thường thấy có

hiện tượng dần dần nước bị ô nhiễm lại tái lập lại trạng thái bình thường như lúc ban đầu khi chưa bị ô nhiễm. Đó là nhờ khả năng tự làm sạch của thủy vực (selfpurification). Khả năng tự làm sạch ở các thủy vực nước chảy như ở sông là rất lớn. Với các thủy vực nước đứng như hồ, ao thì khả năng tự làm sạch kém hơn. Các nghiên cứu cho thấy nước sông Cầu bị ô nhiễm ở địa phận thành phố Thái Nguyên trong những năm 1970-1971 chảy xuống điểm hạ lưu cách khoảng 12km đã gần như trở lại bình thường. Những kết quả khảo sát nước sông Cầu ở làng nghề làm giấy Dương Ổ tại Bắc Ninh năm 1998-1999 cũng cho thấy những kết quả tương tự.

Hiện tượng tự làm sạch nước của thủy vực trong tự nhiên là do môi trường nước luôn diễn ra các quá trình lý, hóa, sinh học. Khi nước bị ô nhiễm bởi một số các yếu tố gây ô nhiễm như chất hữu cơ, kim loại nặng thì các quá trình này diễn ra nhằm tái lập lại môi trường nước với thành phần thủy lý, hóa như lúc đầu và làm cân bằng về thành phần các chất trong thủy vực. Phương thức tự làm sạch của thủy vực bao gồm: hấp thụ các kim loại nặng thông qua các nhóm thực vật có bộ rễ trong tầng nước như các loài bèo, các loài thực vật thủy sinh có rễ trong đáy thủy vực; Phân hủy hoặc tích tụ các chất hữu cơ và các chất khác của sinh vật kết tủa và lắng đọng các chất rắn vô cơ và hữu cơ; Khoáng hóa các chất hữu cơ nhờ vi sinh vật; Tăng hàm lượng ô xy nhờ quang hợp của tảo và thực vật thủy sinh; Hủy diệt các nhóm vi sinh vật hoại sinh và gây bệnh.

Sự tự làm sạch của thủy vực là rất quan trọng trong tự nhiên mà nhờ đó, các thủy vực bị ô nhiễm chỉ sau một thời gian là đã giảm mức độ nhiễm hoặc có thể sạch trở lại như ban đầu. Tuy nhiên, khả năng tự làm sạch của thủy vực chỉ có hạn, không thể thực hiện được khi thủy vực bị ô nhiễm quá nặng hoặc liên tục.

Trong quá trình tự làm sạch của thủy vực, vi sinh vật ở nước giữ một vai trò rất quan trọng. Tham gia vào quá trình này, bên cạnh các vi sinh vật (có thể phân hủy lưu huỳnh, phân hủy các bon, nitơ...), có các nhóm thực vật quang hợp, các nhóm thực vật, động vật có khả năng hấp thụ và tích lũy các chất hữu cơ, kim loại nặng. Tuy nhiên, khả năng tự làm sạch của thủy vực còn phụ thuộc rất nhiều vào hình thái thủy vực như độ sâu, diện tích và đặc biệt khả năng thay mới nước. Các thủy vực có diện tích mặt nước lớn, độ sâu lớn

và thời gian thay mới nước nhanh thì khả năng tự làm sạch của chúng càng lớn.

6.1. Khoáng hóa các chất hữu cơ

Quá trình khoáng hóa các chất hữu cơ diễn ra trong tầng nước hoặc trong lớp trầm tích đáy được thực hiện nhờ sự tham gia của vi sinh vật. Vi sinh vật tham gia vào quá trình phân hủy và ô xy hóa các protit thành các dạng trung gian để thành các ion của muối dinh dưỡng vô cơ như NO_2 , NO_3 , NH_4 , PO_4 ... Quá trình khoáng hóa các chất hữu cơ còn được tiến hành nhờ các sinh vật ăn chất hữu cơ trong nước, một phần các chất hữu cơ này được dùng cho sinh trưởng, một phần bị vô cơ hóa. Hoạt động này có ý nghĩa quan trọng khi số lượng sinh vật tham gia rất lớn. Ví dụ, ấu trùng *Chironomus plumosus* có thể đạt tới mật độ 90.000 con/m², khi đó, số lượng chất hữu cơ chúng sử dụng sẽ là 250g/m², trong đó, có 100g dùng cho sinh trưởng, 150 gam bị khoáng hóa.

Một số nghiên cứu vai trò của giáp xác râu ngành (Cladocera) trong việc làm giảm vật chất hữu cơ từ 1-17% trong nước trong 24 giờ. Hệ số sử dụng thức ăn để sinh trưởng của Cladocera trong các tháng mùa hè là 0,33-0,35, của Copepoda là 0,22. Hệ số đồng hóa thức ăn để sinh trưởng của tất cả các loài giáp xác nổi $K_2 = 0,41-0,45$. Các nghiên cứu cho thấy sự phát triển sinh khối của động vật nổi chính là sự tham gia trực tiếp làm giảm BOD₁ trong nước: Để có sinh khối 500mg/l, cần 40mg/l O₂ trong 24 giờ; để có sinh khối 3000mg/l, cần 300mg/l O₂. Sự phát triển sinh khối của động vật nổi như vậy rõ ràng cho thấy vai trò quan trọng của chúng trong quá trình tự làm sạch của thủy vực bị ô nhiễm.

Quá trình khoáng hóa các chất hữu cơ còn nhờ vào quá trình hô hấp của các nhóm thủy sinh vật, quá trình ô xy hóa chất hữu cơ trong môi trường nước. Như vậy, các hoạt động này diễn ra trong điều kiện có ô xy hòa tan trong tầng nước, hàm lượng ô xy hòa tan trong nước phụ thuộc vào nguồn cung cấp từ không khí qua trao đổi với nước (gió, sóng, dòng chảy), sự quang hợp của thực vật. Điều đó cho thấy các thủy vực nước chảy, quá trình tự làm sạch diễn ra dễ dàng hơn.

6.2. Tích tụ chất gây độc

Khả năng tích tụ các chất gây ô nhiễm của nhiều nhóm thủy sinh vật rất có ý nghĩa trong việc loại bỏ các chất độc, chất phóng xạ ra khỏi thủy vực trong quá trình tự làm sạch nước. Nhiều loài thủy sinh vật có khả năng tích tụ các muối kim loại trong cơ thể chúng rất cao, cao hơn nhiều so với các chất này có trong môi trường nước. Các loài động vật thân mềm có khả năng tích tụ các muối Co, Cd, Cu, sứa có khả năng tích lũy muối Zn, trùng phóng xạ có khả năng tích tụ Sr. Ngoài ra, các kết quả nghiên cứu đã cho thấy các nhóm thực vật thủy sinh bậc cao có bộ rễ chùm trong tầng nước như các loài bèo, thực vật ngập trong nước có bộ rễ trong lớp trầm tích đáy rất có khả năng hấp thụ nhiều nhóm kim loại nặng có trong nước và trầm tích đáy. Chính nhờ khả năng này, nhiều nhóm thực vật bậc cao kể trên, đặc biệt loài bèo Nhật Bản (lục bình) được sử dụng để làm sạch nước.

Các chất phóng xạ cũng có thể được các thủy sinh vật tích lũy trong cơ thể suốt thời gian sống, khi chết, lắng xuống đáy sẽ bị đất hấp thụ, không trở lại môi trường nước nữa. Điều này rất có ý nghĩa đối với tự lọc sạch các chất phóng xạ trong nước bị ô nhiễm bởi chất phóng xạ, đặc biệt đối với các chất phóng xạ có thời gian tự phân hủy ngắn như Itrium 91, Cerium 144. Giữ vai trò quan trọng trong hoạt động này là sinh vật nổi, trong đó, thực vật nổi có khả năng tích tụ nhiều hơn động vật nổi. Đồng thời cũng lưu ý là với khả năng tích lũy các chất gây độc trong cơ thể, đặc biệt là các chất lâu phân hủy như DDT, Sr 90, chúng tự nhiên trở thành các tác nhân truyền các chất độc này cho con người và sinh vật khác khi sử dụng chúng.

6.3. Loại trừ chất gây ô nhiễm ra khỏi tầng nước của thủy vực

Một quá trình tự làm sạch quan trọng khác của thủy vực do hoạt động của các thủy sinh vật ăn các chất vẫn hữu cơ trong nước rồi thải ra ở dạng phân, lắng đọng xuống tầng đáy. Các sinh vật đáy khác như trai, đã loại bỏ các chất bẩn dưới hình thức “phân giả”: chất bẩn hữu cơ được lấy vào cơ thể rồi lại được thải ra ngoài, không sử dụng, dưới dạng các khối phân giả, qua ống xi phông thoát rồi lắng xuống đáy. Hình thức loại trừ các chất bẩn theo kiểu này là rất quan trọng đối với các chất độc và chất phóng xạ. Một khi

chúng được sinh vật chuyển từ trong tầng nước xuống đáy, chất phóng xạ hoàn thành chu kỳ phân hủy ở dưới đáy, không gây tác hại gì ở tầng nước nữa.

Tham gia vào hoạt động này, có nhiều nhóm động vật không xương sống kiểu ăn lọc và kiểu lắng: thân mềm hai vỏ và giáp xác nhỏ là những nhóm có vai trò quan trọng nhất. Các nghiên cứu cho thấy: vẹm *Mytilus* mỗi ngày hút tới 3,5 lít nước để lọc lấy thức ăn, như vậy, trên 1 m² bãi biển mỗi ngày chúng có thể lọc sạch tới 150-280m³ nước. Trai nước ngọt *Anodonta piscinalis* mỗi ngày lọc tới 12 lít nước, có khi tới 60-70 lít nước/ngày. Giáp xác *Calanus finmarchicus* có số lượng rất lớn ở biển, mỗi ngày lọc tới 1,5 lít nước. Ở các thủy vực nước ngọt, các loài giáp xác nổi như râu ngành (Cladocera), chân chèo (Copepoda) cũng có những khả năng và hoạt động tương tự. Do đặc tính lọc sạch nước như vậy, người ta coi các nhóm sinh vật này như những máy lọc sống và sử dụng những khả năng này vào hệ thống xử lý nước bị ô nhiễm.

III. HIỆN TRẠNG Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG NƯỚC

1. Ô nhiễm các thủy vực nước ngọt

1.1. Sự phú dưỡng của hồ và hồ chứa

Sự phú dưỡng của thủy vực được đặc trưng bởi hiệu suất sản sinh cao do được cung cấp đầy đủ chất dinh dưỡng. Ngược với loại thủy vực nghèo dưỡng (oligotrophic), không sản sinh do ít các chất dinh dưỡng. Ngoài ra, còn có loại thủy vực dinh dưỡng trung bình (mesotrophic) là loại trung gian của hai loại trên (Wetzel, 1975).

Biểu hiện đáng chú ý nhất của sự phú dưỡng là việc tăng rất nhanh sản lượng tức thời của thực vật nổi (phytoplankton) thường gọi là sự nở rộ của tảo (algal bloom). Thông thường, sự nở rộ tảo cũng kèm theo sự thay đổi thành phần loài của tảo. Ngoài ra, ở các thủy vực nông, các loài thực vật có mạch ở nước cũng phát triển một cách nhanh chóng. Trong trường hợp cực đoan, thủy vực bị phì dưỡng (hypertrophic), khi đó quá trình tảo nở rộ dẫn tới sự yếm khí, sản sinh các độc tố gây hại cho cá, các sinh vật khác và làm suy giảm chất lượng nước.

Trong thời kỳ công nghiệp và nông nghiệp hiện đại, thuật ngữ phú dưỡng nhân tạo (cultural eutrophication) đã thường xuyên được nhắc tới trong các công trình nghiên cứu về môi trường nước. Sự phú dưỡng nhân tạo chủ yếu do môi trường nước của thủy vực trở nên màu mỡ bởi nguồn dinh dưỡng từ các hoạt động của con người như chất thải có chứa các chất tẩy rửa từ công nghiệp, dân dụng và chất thải ra từ bón phân trong nông nghiệp đổ vào thủy vực.

1.1.1. Các nguyên nhân của sự phú dưỡng

Một trong những nguyên nhân làm cho môi trường nước trở nên phú dưỡng được nhiều nhà khoa học chấp nhận là sự thừa chất dinh dưỡng, điển hình là photpho dưới dạng muối photphat (PO_4), làm màu mỡ nước của thủy vực, đã kích thích năng suất sơ cấp phát triển rồi sau đó gây ra các tác động thứ cấp ở các mức dinh dưỡng cao hơn. Ngoài ra, việc tăng nhanh quần thể các loài cá ăn động vật nổi có thể làm giảm mật độ các loài động vật nổi ăn thực vật, dẫn đến tình trạng tăng trưởng nhanh của các loài thực vật nổi.

Trong các chất dinh dưỡng có khả năng ảnh hưởng tới tốc độ năng suất sơ cấp, photpho là một trong những chất có dinh dưỡng giới hạn thường thấy nhất trong các thủy vực nước ngọt, đặc biệt là dạng ion photphat (PO_4^{3-}). Nồng độ photpho trong thủy vực (gọi là “nguồn cung cấp”) là nhỏ hơn so với hàm lượng photpho trong thực vật (gọi là “nhu cầu”). Hơn nữa, đối với photpho, tỷ lệ giữa cung cấp và nhu cầu là nhỏ hơn nhiều so với các chất dinh dưỡng vô cơ quan trọng khác (bảng 7.2).

Bảng 7.2. Nhu cầu và cung cấp một số các nguyên tố cơ bản trong thủy vực nước ngọt

Các nguyên tố	Hàm lượng trong thực vật (%)	Nồng độ trong nước (%)	Tỷ lệ giữa thực vật và nước (khoảng)
C	6,5	0,0012	5.000
Si	1,3	0,00065	2.000
N	0,7	0,000023	30.000
K	0,3	0,00023	1.000
P	0,08	0,000001	80.000

Nguồn: Vallentyne, 1974

Một số lượng lớn của các chất dinh dưỡng có nguồn gốc ni tơ (N) và photpho (P) tác động tới năng suất thực vật thủy sinh có thể được đưa vào thủy vực thông qua các quá trình tự nhiên và các hoạt động của con người. Tại Mỹ, lượng P nhân tạo trung bình vào khoảng 2,1kg/người/năm, tương đương với khoảng 1/6 lượng N (bảng 7.3). Một lượng P nhân tạo nhỏ hơn so với N là lý do nói vì sao P là yếu tố giới hạn sơ cấp gây sự phú dưỡng nhân tạo ở thủy vực nước ngọt.

Ở nhiều nơi trên thế giới, các số liệu nghiên cứu sinh thái thủy vực đã đưa ra các bằng chứng cụ thể cho thấy tầm quan trọng của photpho như là chất dinh dưỡng giới hạn đặc trưng nhất trong môi trường phú dưỡng. Trong hầu hết các trường hợp, mối tương quan với nồng độ photpho tổng số là cao nhất, điều này cho thấy photpho là chất hạn chế dinh dưỡng, ni tơ không đóng vai trò quan trọng ngoại trừ các trường hợp không cung cấp photpho cho thủy vực.

Bảng 7.3. Lượng N và P thải ra theo đầu người ở Hoa Kỳ từ 1965-1970

Nguồn	Lượng thải ra (kg/người/năm)	
	N	P
Nước thải qua cống rãnh		
Các chất thải sinh lý	4.5	0.6
Chất tẩy rửa	0.0	1.1
Công nghiệp	0.5	0.1
Tổng số	5.0	1.8
Đưa vào nước	4.5	1.6
Nông nghiệp		
Chất thải động vật	45	6
Phân bón	20	8
Tổng số	65	14
Đưa vào nước	8	0.3

Nguồn từ Vallentyne, 1974

Có rất nhiều nguồn cung cấp phốt pho tự nhiên cho thủy vực nước ngọt. Nguồn phốt pho này bao gồm từ sự lắng đọng cả khô và ướt từ khí quyển, lọc qua đất vùng lưu vực và thậm chí thông qua việc truyền tải sinh học (ví dụ như việc cung cấp phốt pho từ biển cho các thượng nguồn vùng lưu vực sông như các loài cá có tập tính di cư ngược sông như cá Hồi (salmon), chúng có thể chết sau khi đẻ trứng và trở thành các chất dinh dưỡng thông qua sự phân hủy). Đặc biệt, nguồn cung cấp tự nhiên của P tổng số ít hơn 1kg/ha/năm, đạt mức trung bình trên toàn lưu vực (Freedman, 1981). Các nguồn cung cấp phốt pho nhân tạo có thể lớn hơn nhiều nguồn phốt pho tự nhiên, phụ thuộc vào mật độ dân cư và lượng gia súc trên vùng lưu vực.

Các chất tẩy rửa đã đóng góp một vai trò to lớn trong lượng phốt pho của đô thị vào những năm 1960 và đầu thập niên 1970. Công thức hóa học đặc trưng của các chất tẩy rửa gia đình được sử dụng lúc đó bao gồm khoảng 65% khối lượng (16% là P) của phốt phát phức hợp đặc biệt là tripoly phốt phát natri. Vào khoảng thời gian đó, tổng sản lượng và sử dụng các chất tẩy rửa ở Bắc Mỹ là vào khoảng 3 triệu kg/năm, phần lớn trong số này được đổ vào các thủy vực nước ngọt qua nước cống thải trong thành phố (hầu hết số còn lại được thải ra biển qua đường bờ biển).

Một số nghiên cứu đã cho thấy trong một vài trường hợp, thay đổi cấu trúc dinh dưỡng có thể ảnh hưởng đến mật độ thực vật nổi. Sự tác động đó có thể gây ảnh hưởng mạnh mẽ lên sự phú dưỡng, nhưng nó chỉ xảy ra nếu việc cung cấp dinh dưỡng là đủ để hỗ trợ cho việc tăng năng suất tảo.

Động vật ăn thịt có thể đóng vai trò quan trọng làm giảm độ phú dưỡng trong thủy vực. Đã có nghiên cứu và thấy rằng thả quần thể cá Hồi vào hồ Michigan đã làm giảm mật độ của loài cá ăn sinh vật nổi (*Alosa pseudoharengus*) làm tăng mật độ các loài động vật nổi ăn thực vật như *Daphnia sp.*, sau đó làm giảm mật độ thực vật nổi, làm tăng độ trong nước (Scavia *et al.*, 1996). Các ảnh hưởng dinh dưỡng này đã giúp làm giảm sự phú dưỡng trong các hồ nước lớn và tải lượng dinh dưỡng cũng đồng thời giảm theo vào giữa những năm 1970. Như vậy, thay đổi cấu trúc dinh dưỡng có thể gây ảnh hưởng đến các đặc tính của thủy vực phú dưỡng. Tác động này có thể được điều chỉnh nhằm làm giảm sự phú dưỡng, đặc biệt mật độ

thực vật nổi (Uhlmann, 1980; Shapiro và Wright, 1984). Các kỹ thuật này dường như đặc biệt có ích đối với các ao, hồ ít phú dưỡng.

1.1.2. Mô hình đánh giá sự phú dưỡng hồ

Mô hình đánh giá tình trạng dinh dưỡng của các thủy vực được biểu thị bằng các biểu thức toán học mô tả hiện tượng diễn ra trong hệ thống. Các thông số quan trọng có thể tác động tới hệ và các yếu tố ảnh hưởng tới chúng bao giờ cũng ở trong biểu thức toán học dưới một số dạng. Như vậy, độ chính xác của mô hình phản ánh tình trạng kiến thức liên quan đến hệ thống đã được mô hình hóa. Mô tả toán học của một hệ thống môi trường thường là sản phẩm của sự mô tả hệ riêng rẽ.

a. Mô hình lưu vực theo kinh nghiệm (empirical watershed model)

Khi nghiên cứu về môi trường của hồ và hồ chứa, trong tổng lượng các nguồn dinh dưỡng vào hồ, nguồn dinh dưỡng tiềm năng chủ yếu là nguồn phát pho và ni tơ luôn được lưu tâm nhiều nhất. Hai chất dinh dưỡng này là cơ sở vật chất ban đầu của chu trình thức ăn tự nhiên thủy vực, là xuất phát điểm quyết định chất lượng môi trường nước và trầm tích đáy. Các kết quả nghiên cứu từ trước tới nay về đầm hồ học đã tổng kết các nguồn dinh dưỡng tiềm năng đến hồ bao gồm:

- Nguồn dinh dưỡng ngoại lai (external sources) và
- Nguồn dinh dưỡng tại chỗ (internal sources).

Nguồn dinh dưỡng ngoại lai được phân biệt bởi nguồn dinh dưỡng điểm (point sources) và nguồn dinh dưỡng phân tán (diffuse sources). Nguồn dinh dưỡng điểm là nguồn thải dinh dưỡng từ các khu dân cư, các khu công nghiệp thải vào thủy vực qua các đường cống. Nguồn phân tán là nguồn thải vào thủy vực qua các quá trình rửa trôi, xói mòn do mưa và thải nước thải trên vùng lưu vực vào thủy vực không theo hệ thống cống rãnh cố định.

Như đã biết, các mô hình vùng lưu vực có thể cung cấp các thông tin về các nguồn dinh dưỡng tới thủy vực bao gồm tổng lượng dinh dưỡng đầu vào được ước tính và những tác động của các thông số riêng biệt kiểm soát hoặc điều chỉnh lượng dinh

dưỡng đầu vào. Mô hình lưu vực đặc biệt thường được sử dụng để đánh giá lượng dinh dưỡng đầu vào từ các nguồn phân tán. Để đánh giá lượng dinh dưỡng phân tán từ vùng lưu vực bên ngoài vào hồ, hồ chứa, người ta thường dùng phương pháp gián tiếp thông qua các hệ số xuất dinh dưỡng hay còn gọi là lượng dinh dưỡng của một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian (kg/ha/năm) (bảng 7.4).

Bảng 7.4. Hệ số xuất dinh dưỡng (kg/ha/năm) từ các loại hình đất khác nhau trên vùng lưu vực

Đất sử dụng	Nitơ tổng số (kg/ha. Năm)	Phốt pho tổng số (kg/ha. năm)
Đất rừng	0,007-0,88	1,0-6,3
Đất không sử dụng	0,05-0,25	0,5-6,0
Đất nông nghiệp	0,06-2,9	2,1-79,6
Đồng cỏ	0,05-0,6	3,2-14,0
Đất khu dân cư	0,77-2,2	5,0-7,3

Nguồn: Loehr, 1974.

Các nguồn thải dinh dưỡng từ lưu vực vào thủy vực theo con đường phân tán được phân biệt bao gồm:

- Lượng dinh dưỡng từ vùng lưu vực liên quan tới loại đất, phương thức sử dụng và mức độ thâm canh đất đai (nếu là đất nông nghiệp).
- Lượng dinh dưỡng từ khí quyển thông qua lượng mưa, trực tiếp rơi vào hồ. Lượng dinh dưỡng này liên quan tới tổng lượng mưa và diện tích bề mặt của hồ.
- Lượng dinh dưỡng thải ra từ lượng cư dân, lượng gia súc, gia cầm...
- Lượng dinh dưỡng từ trầm tích đáy quay trở lại hồ qua quá trình khoáng hóa các dinh dưỡng dạng hạt, dạng keo tụ.

Bảng 7.5. Hệ số xuất dinh dưỡng (kg/ha/năm) từ khí quyển đến hồ theo loại hình đất sử dụng ưu thế trên vùng lưu vực

Vùng	Nitơ tổng số (Kg/ha. Năm)	Phốt pho tổng số (kg/ha. năm)
Vùng có Rừng (cây gỗ)	0,07-0,54	0,99-11,3
Vùng Nông nghiệp	0,12-0,97	10,5-38,0
Vùng đô thị, khu công nghiệp	0,26-3,7	4,7-25,0

Nguồn: Loehr, 1974.

Bảng 7.6. Lượng dinh dưỡng xuất từ khu dân cư vùng lưu vực vào hồ

Kiểu	Đơn vị tương đương		
	BOD ₅	Ni tơ tổng số	Phốt pho tổng số
1 cư dân không có hệ thống xử lý chất thải	1	1,0	1,0
1 cư dân có hố xí tự hoại	0,7	0,8	0,8
1 đơn vị gia súc, gia cầm (=1 trâu, bò, ngựa hoặc 6 lợn, 14 cừu hoặc 150 ngỗng, vịt)		12,0	5,0

1 đơn vị tương đương tương ứng với 54 gr BOD₅, 13 gr Ni tơ, và 2 gr Phốt pho.

Nguồn: Tiêu chuẩn kỹ thuật, OECD, 1982.

Trong điều kiện hiện nay, chỉ có thể đánh giá được một số lượng dinh dưỡng phân tán từ vùng lưu vực và từ khí quyển trên cơ sở các hệ số xuất của tiêu chuẩn kỹ thuật của OECD (1982). Các hệ số này đã được nhiều tác giả sử dụng cho việc tính toán lượng dinh dưỡng vào hồ tại các nước nhiệt đới Châu Phi, Đông Nam Á và Trung Mỹ.

Từ những kết quả thực nghiệm trên (các bảng 7.3-7.5), có thể thấy trong các loại đất và phương thức sử dụng, đất nông nghiệp có hệ số xuất dinh dưỡng cao nhất. Trong các kiểu thảm thực vật, đất có rừng có hệ số xuất dinh dưỡng thấp nhất. Đây là cơ sở để đề xuất các giải pháp quản lý lượng dinh dưỡng thải từ vùng lưu vực đến hồ bằng cân bằng các hoạt động sử dụng ở các khu chức năng trên vùng lưu vực.

Mô hình lưu vực kinh nghiệm đơn giản nhất để đánh giá tải lượng dinh dưỡng tới thủy vực có dạng chung như sau:

$$A = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_mX_m$$

A = Tổng lượng dinh dưỡng trung bình hàng năm từ vùng lưu vực tới hồ (kg/năm)

$X_1, X_2, \dots$ = Diện tích (ha) của vùng lưu vực với các loại hình đất và phương thức sử dụng đất kiểu 1, 2...

$a_0, a_1, a_2, \dots$ = các hệ số xuất dinh dưỡng của từng kiểu đất 1, 2, ...

Mô hình tính toán này được sử dụng để dự báo tải lượng dinh dưỡng hàng năm vào hồ, đặc biệt đánh giá tải lượng dinh dưỡng hàng năm trên cơ sở các đặc điểm của vùng lưu vực. Nhìn chung, mô hình lưu vực kinh nghiệm với các hệ số xuất dinh dưỡng là phương tiện dễ sử dụng để ước tính được lượng dinh dưỡng hàng năm vào hồ và hồ chứa.

b. Mô hình thủy vực theo kinh nghiệm (empirical waterbody model)

Hiện nay, có nhiều mô hình tính toán sự phú dưỡng hồ và hồ chứa thông qua việc tính toán tải lượng và nồng độ photpho (Sakamoto, 1966; Vollenweider, 1968, 1975, 1976; Dillon & Rigler, 1975; Ras & Lee, 1978; Ryding, 1980); OECD, 1982; Ryding & Rass, 1989)... Khoảng 30 năm qua, nhiều tác giả đã áp dụng các mô hình tính toán này để đánh giá rất có hiệu quả sự phú dưỡng của hồ và hồ chứa.

Mô hình thủy vực kinh nghiệm là mô hình photpho đơn giản dựa trên các đặc tính tải lượng photpho nhiều hồ đã được sử dụng

để đánh giá trạng thái dinh dưỡng hoặc tiềm năng phú dưỡng của một số hồ ở nhiều khu vực. Wollenweider (1976a) dựa trên mối quan hệ kinh nghiệm đơn giản đã cải tiến và phát triển một mô hình tải lượng photpho:

$$TP = (L_p/q_s) / (1 + \sqrt{tw})$$

TP = Hàm lượng trung bình photpho tổng số hàng năm trong hồ (mg/l)

L_p = Lượng photpho theo diện tích hàng năm ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{năm}$)

q_s = Lượng nước dao động hàng năm ($\text{m}/\text{năm}$) ($= Z/tw$)

tw = Thời gian tồn lưu nước (năm) (V/Q)

Z = Độ sâu trung bình (m).

V = Thể tích hồ (m^3)

Q = Lượng nước vào hồ ($\text{m}^3/\text{năm}$)

Sai số chuẩn của mô hình này là 0,193 ($\log_{10}$ photpho tổng số). Đây là mô hình đơn giản nhất để đánh giá và dự báo hàm lượng photpho tổng số của hồ. Wollenweider (1976), Baker (1985), OECD (1982) và nhiều tác giả đã sử dụng mô hình này để dự báo giá trị TP các hồ vùng cận nhiệt đới nam Florida. Mô hình này đã được Thornton (1985, 1990) áp dụng dự báo giá trị TP của các hồ chứa nhiệt đới ở Châu Phi.

Chapa & Reckhow (1979) đã phát triển phân tích sai số và phân hạng tình trạng sinh dưỡng liên quan đến kiểu mô hình này. Một phiên bản mới cập nhật của mô hình này dựa trên các kết quả nghiên cứu sự phú dưỡng quốc tế của tổ chức OECD (OECD, 1982) như sau:

$$[P]_y = 1,55 \{ [P]_j / (1 + \sqrt{tw}) \}^{0,82}$$

$[P]_y$ = Hàm lượng trung bình photpho tổng số hàng năm trong hồ ($\mu\text{g}/\text{l}$)

$[P]_j$ = Hàm lượng phốt pho tổng số của dòng chảy vào hàng năm (ug/l) = L_p/q_s)

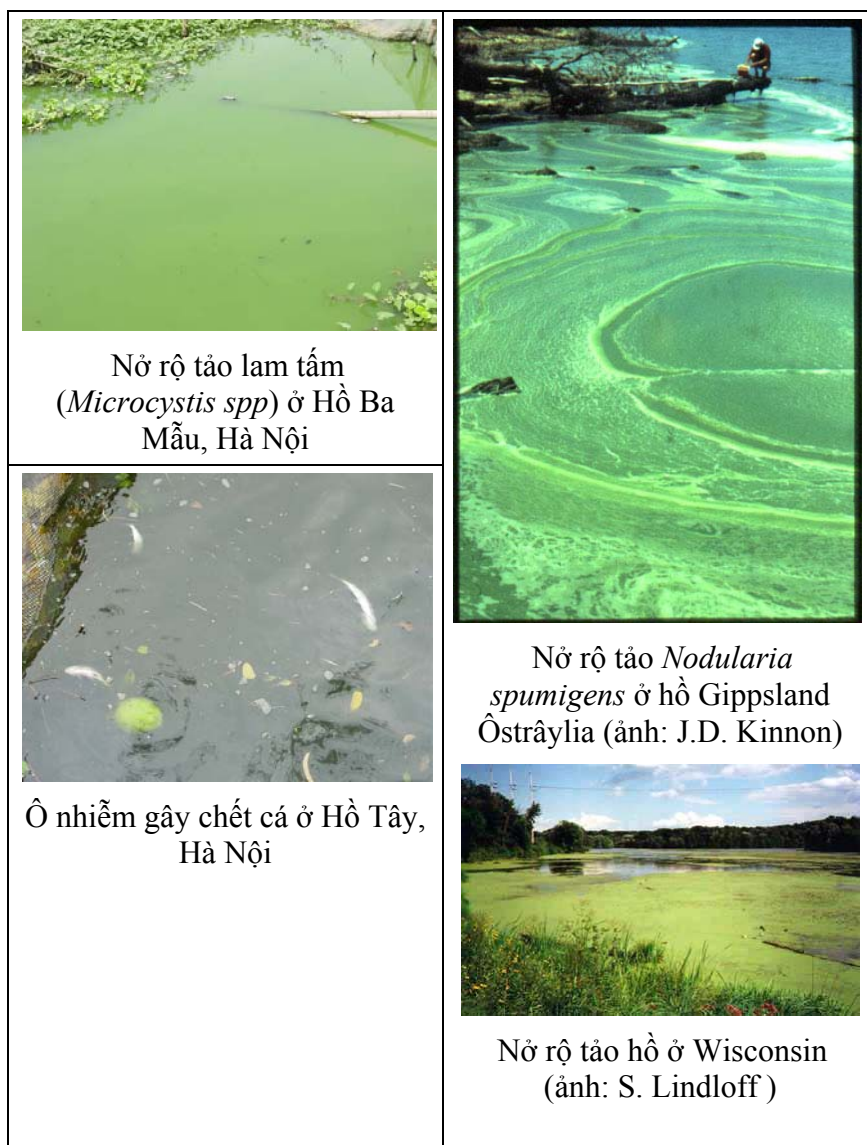
Với mô hình đã được cải tiến này, hệ số tương quan (r) là 0,93 và sai số chuẩn (SE) là 0,193.

Các mô hình lưu vực kinh nghiệm và mô hình thủy vực kinh nghiệm đã được sử dụng để dự báo lượng phốt pho và ni tơ vào hồ và hồ chứa hàng năm cũng như dự báo hàm lượng phốt pho trung bình hàng năm cho một số hồ và hồ chứa của Việt Nam như hồ Hòa Bình, Hồ Tây và hồ Ba Bể (Hồ Thanh Hải, 1995, 2001, 2003).

1.2. Sự nở rộ tảo độc

Các nghiên cứu cho thấy trong thành phần thực vật nổi nói chung, thực vật nổi nước ngọt nói riêng có một số loài có khả năng gây độc do sản sinh ra các độc tố trong cơ thể chúng. Các loài tảo gây độc ở nước ngọt chủ yếu thường nằm trong ngành vi khuẩn lam (Cyanobacteria): tảo lam tấm *Microcystis spp.*, tảo lam *Oscillatoria spp.*, *Anabaena spp.* Các độc tố được tạo ra từ vi khuẩn lam chủ yếu là nhóm microcystins (MCs) - một nhóm heptapeptit dạng vòng. Hiện nay, đã biết được 71 dạng khác nhau của MCs. Các độc tố thuộc nhóm MCs thường tạo các khối u. Ngoài MCs ra, còn thấy các độc tố dạng nodularin gây ung thư và anatoxin gây độc thần kinh (Metcalf & Codd, 2004).

Do việc gia tăng các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội trên các vùng lưu vực sông, hồ, môi trường các thủy vực nói chung, ở một số hồ đã có những dấu hiệu ô nhiễm. Theo đánh giá, hiện tượng ô nhiễm các thủy vực dạng hồ chủ yếu do phải tiếp nhận nước thải trực tiếp không qua xử lý như các hồ ở Hà Nội. Các kết quả nghiên cứu cho thấy hầu hết các hồ trong nội thành Hà Nội đều có mức dinh dưỡng cao, thể hiện bởi hàm lượng các muối dinh dưỡng có nguồn gốc phốt pho và ni tơ cao, hàm lượng khí H_2S , CH_4 , COD, BOD cũng rất cao, gây ra hiện tượng phú dưỡng và sự nở rộ thực vật nổi. Hiện tượng nở rộ thực vật nổi xảy ra ở Hồ Tây với mật độ tảo lên tới 249 triệu tb/l (Dương Đức Tiến, 1996). Trong đó, các loài tảo lam tấm thuộc chi *Microcystis* chiếm ưu thế (60-90% số lượng) và đóng góp chính cho sự nở rộ thực vật nổi.



Hình 7.1. Một số hình ảnh ô nhiễm các hồ do sự nở rộ tảo

Hiện tượng nở rộ thực vật nổi cũng thường xuyên diễn ra ở hồ Hoàn Kiếm. Các dẫn liệu về sự nở rộ thực vật nổi ở hồ Hoàn Kiếm cho thấy: vào thời kỳ tháng hai đến tháng sáu thường có hiện tượng nở rộ tảo lam *Microcystis spp.* Với mật độ tảo lên tới trên dưới 200

triệu tb/l, tạo thành váng tảo ở vùng nước ven bờ. Trong các kết quả khảo sát từ tháng 2 đến tháng 3/2004, mật độ các loài tảo thu được trong hồ dao động ở mức rất cao, từ hàng chục triệu đến trên 200 triệu tb/l, trung bình hơn 100 triệu tb/l. Ngoài tảo lam tảo, trong hầu hết các mẫu vật thu được, thấy xuất hiện cả tảo mắt (Euglenophyta - là các loài tảo thường sống trong môi trường giàu chất hữu cơ). Mật độ của các loài tảo mắt dao động trong khoảng trên 400.000 tb/l đến trên 1.000.000 tb/l. Mật độ tảo mắt lớn nhất là ở nơi tiếp nhận nguồn nước thải từ nhà vệ sinh và gần khu vực nhà Thủy Tạ, bãi đỗ xe (phía bắc hồ). Mật độ tảo mắt tại nơi này đều ở mức trên dưới 1.360.000 tb/l.

Từ năm 1994, hồ Ba Mẫu sau khi được cải tạo lại, liên tục từ đó đến 1996 đều quan sát thấy hiện tượng nở rộ loài tảo lam *Spirulina platensis* (trong thời kỳ mùa hè từ tháng 6 - tháng 8) với sinh khối rất lớn tạo thành từng váng nổi bồng bênh trên mặt nước (Dương Đức Tiến, 1996). Trong thời kỳ nở rộ tảo, một số loài tảo, đặc biệt tảo lam *Microcystis* trong quá trình phát triển có sản sinh ra những độc tố gây hại. Sau thời kỳ nở rộ thực vật nổi, lượng lớn tảo bị chết hàng loạt gây mùi khó chịu. Tảo chết chìm xuống đáy hồ, làm giảm lượng ô xy tầng đáy, làm chết cá và một số loài thủy sinh vật khác.

1.3. Ô nhiễm các độc tố hóa học

1.3.1. Ô nhiễm một số khu vực sông

Sông miền Bắc

Hệ thống sông lớn ở miền bắc bao gồm hệ thống sông Hồng (sông Thao, sông Hồng, sông Lô, sông Đà, sông Đáy, sông Trà Lý, sông Ninh Cơ, sông Đào, sông Nam Định), sông Thái Bình (sông Cầu, sông Đuống, sông Thương, sông Lục Nam, sông Thái Bình, sông Đá Bạch, sông Bạch Đằng, sông Kinh Thầy, sông Cẩm). Các số liệu về kết quả khảo sát trong thời gian 1995-1999 (Trần Hiếu Nhuệ, trong Báo cáo Hiện trạng Môi trường Việt Nam năm 2001) cho thấy:

- Ở hệ thống sông Hồng, hầu hết các chất chỉ thị ô nhiễm đều có nồng độ thấp. Tuy nhiên, tại một số khu vực gần điểm xả ven sông gần Nhà máy giấy Bãi Bằng, Nhà máy super phot

phát Lâm Thao, Khu công nghiệp Việt Trì thì giá trị trung bình một số chỉ tiêu vượt quá giới hạn cho phép chất lượng nước mặt loại A (tiêu chuẩn cho phép - TCCP) của Tiêu chuẩn chất lượng nước Việt Nam như: hàm lượng COD dao động 10 - 23,7mg/l (gấp gần 3 lần giới hạn cho phép), BOD 15,3mg/l (gấp gần 4 lần TCCP), NO_2 0,014mg/l (gấp gần 2 lần TCCP), NH_4 0,1 (gấp 2 lần TCCP). Các kết quả khảo sát năm 2002 (Hồ Thanh Hải và nnk., 2004) tại sông Hồng ở Hà Nội cho thấy hàm lượng ô xy hòa tan ổn định. Tuy nhiên, nhưng ở nơi cửa cống Thanh Liệt đổ nước thải của thành phố ra sông Hồng thường có DO thấp hơn so với các điểm khác ở phần thượng lưu, hàm lượng các chất hữu cơ (N, P), COD, BOD cao hơn so với các điểm khác. Các sông tiêu dẫn nước thải trong TP. Hà Nội như sông Tô Lịch, sông Kim Ngưu thường xuyên trong tình trạng yếm khí, hàm lượng DO rất thấp, dao động 0,3-0,7mg/l.

- Hệ thống sông Thái Bình: sông Cầu thuộc khu vực Thái Nguyên có mức ô nhiễm cao hơn: BOD dao động 9,15-30,2 mg/l (gấp 3-7 lần TCCP), NO_2 dao động 0,05-0,1mg/l (gấp 5-10 lần TCCP), NH_4 dao động 0,1-0,3mg/l (gấp 2-6 lần TCCP), hàm lượng H_2S cao, có khi tới 7,8-12mg/l. Sông Thương tại khu vực Bắc Giang có COD dao động 8-18,5mg/l (gấp gần 2 lần TCCP), BOD 10,7mg/l (gấp gần 3 lần TCCP), đặc biệt NO_2 dao động 0,7-2,0mg/l (gấp 70-200 lần TCCP).

Nhận xét chung chất lượng sông miền Bắc: Theo một số lớn các tham số phân tích, chất lượng nước sông miền Bắc chỉ đạt tiêu chuẩn nước mặt loại A (nguồn nước cấp sinh hoạt). Tuy vậy, tại một số khu vực của tất cả các con sông, một số chỉ số vượt quá tiêu chuẩn cho phép theo tiêu chuẩn chất lượng nước mặt Việt Nam.

Sông miền Trung

Theo Trần Hiếu Nhuệ, trong Báo cáo Hiện trạng Môi trường Việt Nam năm 2000, từ Thanh Hóa trở vào có hệ thống sông Mã (sông Chu), sông Cả, sông Hiếu, sông Hương... Các số liệu điều tra khảo sát ở sông Mã cho thấy hàm lượng NO_2 gấp 9-39 lần giới hạn cho phép tiêu chuẩn nước mặt, ammonia gấp 10-20 lần, sulphit gấp 2-24 lần, colform gấp 20-38 lần, COD gấp 2 lần.

Nước sông Hương, sông Hiếu nhìn chung còn tốt, hàm lượng các chỉ tiêu COD, BOD đều dưới mức cho phép. Tuy nhiên ở một số khúc sông thuộc khu vực Quảng Nam - Đà Nẵng, nơi đang khai thác khoáng sản trái phép, hàm lượng ammonia dao động 1,4 - 2,64 mg/l (gấp 3 lần), đặc biệt xyanua dao động 0,08-0,55mg/l (gấp 1,6-2 lần). Nước sông Tranh thuộc huyện Trà My có hàm lượng thủy ngân Hg gấp 5 lần cho phép.

Nhận xét chung: Chất lượng sông miền Trung còn tương đối tốt. Các vùng thượng và trung lưu các sông đều đạt tiêu chuẩn chất lượng nước loại A. Tuy nhiên, khu vực hạ lưu các sông đều phải nhận nước thải đô thị và công nghiệp nên một số chỉ tiêu đã vượt quá tiêu chuẩn cho phép và chỉ đạt loại B theo tiêu chuẩn Việt Nam.

Sông miền Nam

Theo Trần Hiếu Nhuệ (trong Báo cáo Hiện trạng Môi trường Việt Nam năm 2000), sông miền Nam bao gồm hai hệ thống sông chính là Cửu Long (sông Tiền, sông Hậu...), sông Sài Gòn - Đồng Nai.

- Hệ Thống sông Sài Gòn: hàm lượng DO thường thấp, 3,35-6,45mg/l (số liệu 1996), COD dao động 4,7-37mg/l, BOD thường dưới 10mg/l nhưng ở vùng nội thành, BOD cao, dao động 20-30mg/l (BOD tại cảng Nhà Rồng cao hơn 30mg/l). ở khu vực nội thành, hàm lượng nitơ thường cao hơn 0,5 mg/l N, hàm lượng photpho thường cao hơn 0,1mg/l P. Hàm lượng dầu vượt giới hạn cho phép, dao động từ 0,05 - 1 mg/l (số liệu 1996,1997), Coliform cao quá giới hạn cho phép, dao động từ 19.000 đến 179.000 MPN/100ml.
- Hệ thống sông Đồng Nai: hàm lượng DO cao hơn so với sông Sài Gòn, dao động 5,4-7,2mg/l. NO_3 dao động 0,11-0,54mg/l, Hàm lượng photpho tổng số dao động 0,01-0,215mg/l. Hàm lượng dầu cao vượt giới hạn cho phép: 0,16-0,36mg/l.
- Sông Thị Vải: sông Thị Vải là nơi chứa nước thải công nghiệp của tam giác phát triển kinh tế TP. Hồ Chí Minh - Biên Hòa - Vũng Tàu. Kết quả phân tích năm 1996-1998 cho thấy sông Thị Vải đang bị ô nhiễm hữu cơ khá nặng nề, hàm lượng DO sai khác rõ ràng theo từng khu vực. Khu vực từ nhà máy bột ngọt Vedan ra cửa sông (khoảng 10km) luôn

có DO thấp dưới 1,0mg/l, các nơi khác dao động trong khoảng 2,0-6,8mg/l. BOD dao động 48-72mg/l, COD dao động 114-180mg/l. Các yếu tố dinh dưỡng như tổng nitơ rất cao, có xu hướng ngày càng tăng: năm 1997, trị số TN dao động từ 0,738-4,35mg/l, trong khi số liệu TN của năm 1994 chỉ trong khoảng 0,32-0,809mg/l. Giá trị tổng phốt pho cũng có chiều hướng tăng tương tự.

Theo các kết quả quan trắc môi trường TP. Hồ Chí Minh (Lê Trình, 1997), hàm lượng các kim loại nặng, các hóa chất bảo vệ thực vật trong sông, kênh rạch thành phố còn thấp so với tiêu chuẩn của WHO và của Việt Nam. Nhưng theo một số kết quả khảo sát trong năm 1995 của Trung tâm Bảo vệ Môi trường EPC (Viện Kỹ thuật Nhiệt đới và Bảo vệ Môi trường), thì tuy hàm lượng các kim loại nặng và thuốc bảo vệ thực vật thấp trong nước nhưng lại khá cao trong bùn đáy vùng cửa sông. Trong trầm tích sông Thị Vải, hàm lượng chì dao động 7-55mg/kg, thủy ngân 0,1-0,2mg/kg, crôm dao động 38-110mg/kg, hàm lượng thuốc bảo vệ thực vật Clo hữu cơ (DDT, Lindan) dao động 6-32 µg/kg (Lê Trình, 1997).

Một đặc điểm quan trọng là có thời điểm, độ pH của nhiều sông, kênh rạch Nam Bộ đều rất thấp: sông Sài Gòn, Vàm Cỏ Đông có pH tương ứng 4,4-5,0 và 3,8-4,0 (Trần Hiếu Nhuệ, 2000). Điều đó một mặt do sự rửa trôi phenol từ vùng Đồng Tháp Mười, mặt khác cũng cho thấy dấu hiệu của sự chua hóa các con sông.

Từ những kết quả phân tích trên, có thể thấy phần lớn các sông có chất lượng nước đạt loại B. Các sông ở miền Trung sạch hơn so với các sông ở miền Bắc và miền Nam, một số sông ở Trung Bộ đạt tiêu chuẩn loại A. Nước sông ở các thành phố, khu công nghiệp và đô thị thường có chất lượng kém, hầu hết có hàm lượng dầu cao vượt mức giới hạn, một số đoạn sông đang bị ô nhiễm hữu cơ.

Tình trạng ô nhiễm sông Cầu khu vực làng nghề ở Bắc Ninh

Các kết quả nghiên cứu tại làng nghề làm giấy ở thôn Dương Ổ, xã Phong Khê, huyện Tiên Sơn, Bắc Ninh trong năm 1998 cho thấy nước thải từ khu sản xuất giấy có màu đen có mùi hôi khó chịu đổ ra một mương tiêu thoát chạy dọc thôn cùng hòa lẫn với nước thải sinh hoạt rồi đổ ra sông Cầu. Các kết quả phân tích chất lượng nước

thải và chất lượng nước các loại hình thủy vực ở Dương Ổ cho thấy một số nét nổi bật như sau:

- Chất lượng môi trường nước các thủy vực tự nhiên ở thôn Dương Ổ trong mùa mưa cũng như trong mùa khô có những biểu hiện bị ô nhiễm ở các mức độ khác nhau. Các thủy vực trực tiếp nhận nước thải xưởng giấy bị ô nhiễm nặng nhất, nước thường xuyên màu đen có mùi thối: dạng ô nhiễm bao gồm ô nhiễm hữu cơ (DO thấp 0,3-0,7mg/l, COD: 155-880mg/l, BOD: 50,8-85 mg/l), ô nhiễm vi sinh vật (5.400-9,2 triệu MPN/100ml) và ô nhiễm dầu thực vật (nhựa thông trong sản xuất giấy lịch: 20,23-40,15mg/l). Ngoài ra, hàm lượng phenol, ammonia, nitrit đều cao trên giới hạn cho phép nhiều lần.
- Trong mùa khô, khi mực nước sông Cầu thấp, nước thải từ làng nghề làm giấy đổ tự động xuống sông. Qua phân tích đã thấy rõ tác động tiêu cực của nước thải (nguồn điểm) của Dương Ổ đã góp phần gây ô nhiễm hữu cơ và dầu tới sông Cầu.
- Nguyên nhân gây ô nhiễm có thể thấy rõ là từ nguồn nước thải các xưởng sản xuất giấy với tổng lượng khoảng 2.000m³/ngày có độ đục cao 197-1.380mg/l, hàm lượng chất rắn tổng số rất cao, từ 331-1.470mg/l mà chủ yếu là bột giấy thừa đã đổ ra ruộng thải. Bên cạnh đó, nước thải khu công nghiệp giấy có hàm lượng COD, BOD rất cao cùng với hàm lượng dầu bao gồm dầu thực vật và dầu khoáng cũng rất cao từ trên 36 đến trên 37 mg/l..., đã vượt quá giá trị giới hạn bậc C của nước thải công nghiệp (không được phép đổ ra môi trường bên ngoài).

Ngoài ra, các nghiên cứu môi trường nước và trầm tích một số thủy vực các làng nghề khác cũng cho thấy những tín hiệu báo động về ô nhiễm cục bộ do các chất thải đổ vào. Lê Thị Lài và nnk. (2000) khi khảo sát môi trường nước làng nghề cơ khí (rèn, mạ kim loại...) ở xã Nam Giang, Nam Trực - Nam Định cho thấy hàm lượng một số kim loại nặng trong trầm tích bùn đáy hồ Đồng Côi (nơi nhận nước thải sau đó đổ ra sông Vân Chàng - hệ thống sông Hồng) rất cao như kẽm (Zn) là 17.210mg/kg và crôm (Cr) là 15.440mg/kg). Hàm lượng các kim loại như vậy cao quá giá trị chuẩn cho phép của Hà Lan nhiều lần.

1.3.2. Ô nhiễm một số hồ

Trong các năm 2003-2004 cho thấy sau khi đo đạc và phân tích các chỉ tiêu thủy - lý - hóa học cơ bản tại các điểm thu mẫu của một số hồ ở Hà Nội, các kết quả phân tích về môi trường nước đã một số nhận xét như sau:

- Trong các hồ, Hồ Gươm có giá trị ô xy hòa tan DO cao nhất, thường là bão hòa, dao động từ 5,2 đến 12,1mg/l (cũng lưu ý là thời điểm đo đạc Hồ Gươm thường vào buổi trưa, chiều là thời điểm cao đỉnh của sự quang hợp TVN). Kết quả này cũng phù hợp với kết quả phân tích DO tầng mặt của hồ Tây vào thời điểm buổi trưa, đầu giờ chiều. Tuy nhiên, tại các khu vực cửa cống đổ nước thải vào hồ như ở hồ Bảy Mẫu, hàm lượng DO thấp hơn nhiều.
- Hàm lượng COD, BOD thấp nhất ở sông Hồng, cao ở các thủy vực dạng hồ, cao nhất ở sông Kim Ngưu. Đặc biệt, các kết quả phân tích chất lượng nước liên tục tại Hồ Gươm từ tháng 1 đến tháng 3/2004 đã cho thấy, giá trị COD, BOD thường vượt quá tiêu chuẩn cho phép (TCVN 5942-1995, cột B)
- Hầu hết các hồ ở Hà Nội, hàm lượng khí H_2S không cao lắm, dao động từ 0,01 đến 1,55mg/l (Hồ Tây). Tuy vậy hàm lượng H_2S ở các hồ nhỏ hơn nhưng giàu hữu cơ hơn như hồ Trúc Bạch, Bảy Mẫu, Hoàn Kiếm lại cao hơn, dao động từ 0,1-4,8mg/l.
- Hàm lượng các muối dinh dưỡng N, P nhìn chung đều cao ở các thủy vực dạng hồ, cao nhất ở sông Kim Ngưu (một trong những sông chứa nước thải của Hà Nội).

1.4. Ảnh hưởng của mưa a xít

1.4.1. Nguồn gây mưa a xít

Sulphua dioxit (SO_2) và ô xít nitrogen (NO_x) là hai chất gây mưa a xít chủ yếu. Các chất này có nguồn gốc chủ yếu từ các nhà máy nhiệt điện, các khu công nghiệp, các phương tiện giao thông.

a. Khí sun phua

Khí sun phua phát thải nhiều là SO_2 và H_2S . Khí SO_2 không màu nhưng có mùi hăng và có thể có vị với nồng độ 0,3-1ppm. Khí đi hydrô sun phua (H_2S) là khí có mùi trứng thối, người thấy được tại nồng độ < 1ppm (Urone, 1976). Trong khí quyển, khí H_2S có thời gian tồn lưu < 1 ngày và nó nhanh chóng bị ô xy hóa thành SO_2 . SO_2 trong khí quyển cuối cùng chuyển sang anion sul phát (SO_4^{2-}). Tốc độ ô xy hóa SO_2 từ < 1%-5% trên giờ trong ngày và chịu ảnh hưởng bởi cường độ ánh sáng mặt trời, độ ẩm và sự hiện diện của ô xýt nito, hydrát các bon, các chất ô xy hóa mạnh và các hạt chứa kim loại xúc tác (Meszaros, 1981; Liebsch & de Pena, 1982; Fox, 1986). Do thời gian tồn lưu tương đối dài (khoảng 4 ngày), hầu hết SO_2 có thể di chuyển một quãng đường dài từ điểm phát thải trước khi chúng bị ô xy hóa hoặc bị lắng đọng thành sun phát.

SO_4^{2-} trong khí quyển được sinh ra từ sự ô xy hóa SO_2 và được cân bằng điện hóa bởi các cation khác nhau. Ở vùng phía đông của Bắc Mỹ, hầu hết là các sun phát dạng hạt như amônium sun phát ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) - một thành phần lớn của sương mù ô nhiễm (Ferman et al., 1981). Nếu không đủ các cation khác ngoài H^+ để cân bằng với SO_4^{2-} thì sẽ xảy ra hiện tượng sol khí a xít sul fua ríc (H_2SO_4) mà nó góp phần gây mưa a xít.

Bảng 7.7. Sự biến đổi lượng phát thải khí SO_2 vào khí quyển theo thời gian

Năm	Lượng phát thải SO_2 -S (10^6 MT/năm)			
	Than	Dầu lửa	Các loại khác	Tổng số
1860	2,4	0,0	0,1	2,5
1880	5,6	0,0	0,5	6,1
1900	12,6	0,2	1,3	14,1
1920	21,2	0,7	3,4	25,0
1940	24,2	2,3	6,2	32,7
1960	30,4	8,3	10,7	48,6
1970	32,4	17,6	12,0	62,0
1977	37,2	24,0	13,7	74,9
1985	48,0	25,0	17,0	90,0
2000	55,0	23,0	22,0	100,0

Nguồn: Moller (1984), Freedman đã sửa đổi (1989)

Một lượng lớn khí SO_2 được phát thải từ núi lửa và cháy rừng. Lượng phát thải SO_2 từ núi lửa ước tính từ 2-5 triệu tấn khối năm ($2-5 \times 10^6$ triệu tấn/năm). Khoảng 90% lượng phát thải sulfua từ núi lửa trên toàn cầu là khí SO_2 , 10% là khí H_2S . Chưa tính được lượng phát thải sul phua từ các vụ cháy rừng trên toàn cầu.

Lượng phát thải khí SO_2 do con người tạo ra lớn hơn nhiều so với từ tự nhiên, ước tính từ $146-187 \times 10^6$ triệu tấn/năm. Lượng khí SO_2 lớn nhất là từ sự đốt cháy các nhiên liệu hóa thạch, khoảng 54% tổng số lượng phát thải nhân tạo (Moller, 1984). Các nhiên liệu này chứa sun phua ở cả dạng khoáng và hữu cơ, khi bị đốt cháy, hơn 90% sun phua bị ô xy hóa để trở thành khí SO_2 .

Bảng 7.8. Lượng phát thải sun phua trong năm 1976

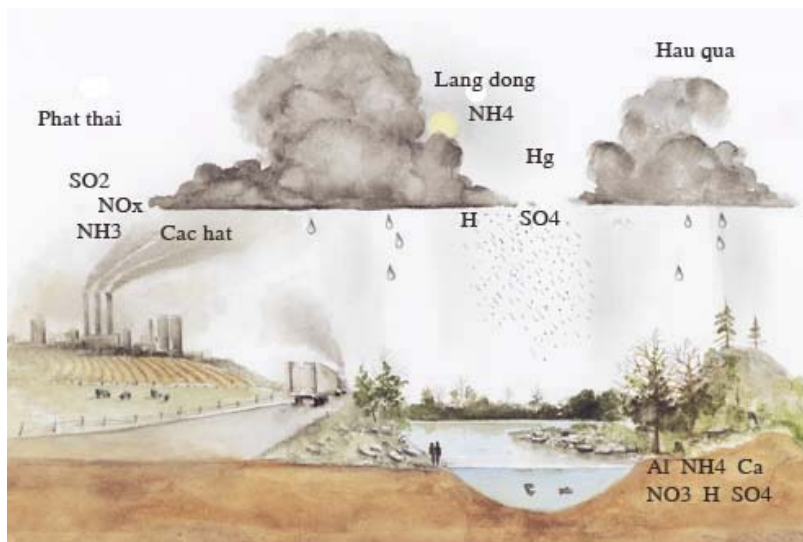
Nguồn	Lượng phát thải S (10 ⁶ triệu tấn/năm)		
Tự nhiên			
Núi lửa	3	2	5
Bụi nước biển	19	25	44
Sinh vật (trên cạn)	32	16	48
Sinh vật (đại dương)	22	28	50
Tổng số	76	71	147
Nhân tạo			
Than	59	2	61
Dầu lửa	24	1	25
Quặng sắt	8	3	11
Các loại khác	7	<1	7
Tổng số	98	6	104
Tổng lượng phát thải	174	77	251

Nguồn: Culis & Hirschler, Freedman B. đã sửa đổi (1989)

Lượng phát thải SO_2 đã tăng lên nhiều, từ khoảng 5 triệu tấn vào năm 1860 tới hơn 180 triệu tấn/năm vào giữa các năm 1980. Trong tương lai, nhu cầu điện năng tăng, một phần trong đó sẽ từ các nhà máy nhiệt điện. Điều đó tạo nên một lượng phát thải SO_2 lớn. Lượng phát thải SO_2 và các chất gây ô nhiễm khác biến đổi rất lớn giữa các quốc gia và bên trong quốc gia tùy thuộc vào sự khác nhau về mật độ dân số, mức độ và kiểu công nghiệp hóa, số lượng và kiểu sử dụng nhiên liệu... Giữa các quốc gia phát triển và các quốc gia chưa phát triển có sự khác nhau rất lớn về lượng phát thải SO_2 .

Nếu tính cả các khí SO_2 , H_2S và các khí sul phua khác thì lượng phát thải sun phua toàn cầu ước tính là 251×10^6 triệu triệu tấn/năm (số liệu năm 1976), 59% là lượng khí sun phua tự nhiên. Lượng phát thải khí sun phua tự nhiên tương đối bằng nhau giữa bắc bán cầu và nam bán cầu. Khoảng 94% lượng phát thải khí sul phua nhân tạo là từ bắc bán cầu, phản ánh sự phân bố và sự công nghiệp hóa toàn cầu của xã hội loài người.

b. Khí NO_x



Hình 7.2. Quá trình lắng đọng a xít từ con người gây tác động tới sinh thái
(nguồn: Hubbard Brook Research Foundation. Science Links™
Publication. Vol. 1, no.1)

Các khí ni tơ gây ô nhiễm quan trọng nhất bao gồm amôniac (NH_3), ô xýt ni tơ (NO), diôxýt ni tơ (NO_2), ô xýt nitơ (N_2O), trong đó, NO và NO_2 được nhóm thành NO_x . Amôniac là khí không màu, nguồn phát thải chính là từ tự nhiên - từ vùng đất ngập nước và được sinh ra trong quá trình phân hủy sinh học. Tổng lượng phát thải amôniac tự nhiên được ước tính khoảng $>10^9$ triệu tấn/năm. Lượng phát thải nhân tạo của NH_3 nhỏ hơn nhiều, từ đốt than (3×10^6 triệu tấn/năm), đốt dầu, khí (1×10^6 triệu tấn/năm) và từ nuôi động vật có sừng ($0,2 \times 10^6$ triệu tấn/năm) (Whelpdale & Munn, 1976).

N_2O là khí không màu, không gây độc. Chúng được sử dụng trong y tế như thuốc gây mê nhẹ. Nồng độ nền của N_2O trong khí quyển là 0,25ppm và do chúng không phản ứng nên thời gian tồn lưu dài 4 năm. Không có nguồn phát thải N_2O từ công nghiệp lớn. Các nguồn phát thải tự nhiên từ sự khử nitrit hóa của ni trát bằng vi sinh vật trong đất và nước (Box, 1982), Anejia và nnk., 1984). Đất nông nghiệp được bón phân cũng có thể là nguồn phát thải N_2O với tỷ lệ khá lớn và được ước tính là nền nông nghiệp hiện đại đã làm tăng 50% lượng phát thải N_2O toàn cầu (Anejia và nnk., 1984). Lượng phát thải N_2O toàn cầu được ước tính khoảng 590×10^6 MT/năm.

NO là khí không màu, không mùi và không vị trong khi NO_2 có màu nâu đỏ, mùi hăng và làm sưng tấy màng hô hấp. Nồng độ nền của NO trong khí quyển là 0,2-2ppb trong khi nồng độ nền của NO_2 là 0,5-4ppb. Trong khí quyển bị ô nhiễm, nồng độ các khí này khoảng 0,2ppm. Trong khí quyển, NO bị ô xy hóa nhanh chóng để trở thành NO_2 . Khí NO_2 cuối cùng bị ô xy hóa bằng quang hóa và các chất xúc tác thành ni trát - là một anion góp phần gây mưa a xít.

Cả NO và NO_2 đều có nguồn phát thải tự nhiên lớn hơn so với nguồn phát thải nhân tạo. Lượng phát thải tự nhiên của khí NO_x trên toàn cầu được ước tính 430×10^6 triệu tấn/năm, NO_2 là 658×10^6 triệu tấn/năm. Các nguồn phát thải lớn nhất của NO_x là i/ Lượng phát thải từ đất và nước trong quá trình khử ni trít hóa của ni trát bởi vi sinh vật. ii/ Khí ni tơ cố định bởi ánh sáng (ô xýt hóa N_2 thành NO_x ở nhiệt độ cao và iii/ Sự đốt cháy sinh khối (ô xy hóa N hữu cơ thành NO tại nhiệt độ cao cộng với ô xy hóa N_2 trong khi đốt cháy) (Urone, 1976; Box, 1982; Logan, 1983; Hov, 1984).

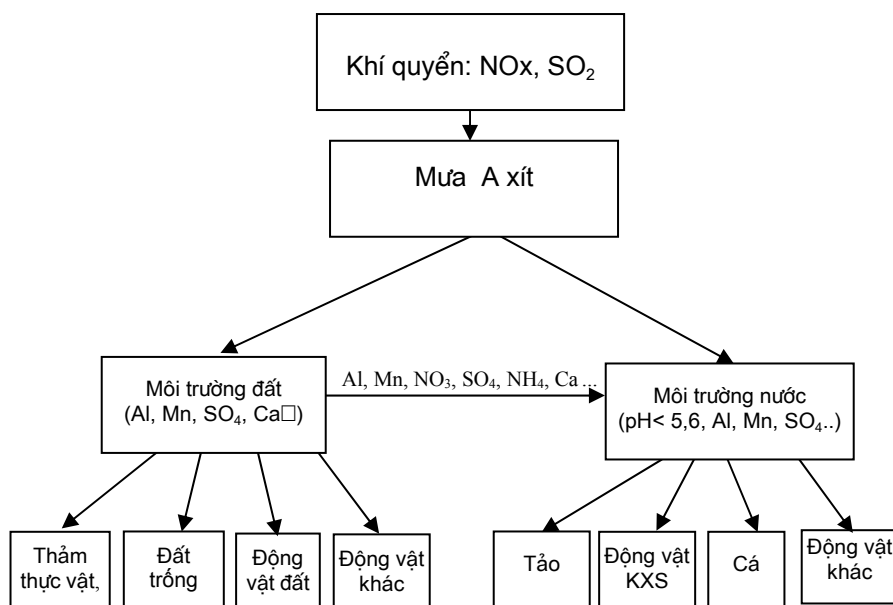
Có một con số ước tính lượng phát thải nhân tạo của NO_x từ $36-60 \times 10^6$ triệu tấn/năm (Urone, 1976; Whelpdale & Munn, 1976; Logan, 1983, Hov, 1984). Sự đốt cháy nhiên liệu hóa thạch chiếm phần lớn trong lượng phát thải nhân tạo. Sự ô xy hóa nitơ hữu cơ trong quá trình đốt cháy và sự ô xy hóa N_2 trong khí quyển thành NO_x . NO là khí NO_x sơ cấp và được tạo thành bởi sự ô xy hóa; NO_2 được tạo thành thứ cấp trong khí quyển bởi sự ô xy hóa NO phát thải.

1.4.2. Mưa a xít tác động đến môi trường sống trong thủy vực

Trên thế giới, mưa a xít và sự chua hóa các thủy vực nước ngọt đã được chú ý đến từ trên 25 năm nay. Các kết quả nghiên cứu chủ yếu được thực hiện ở các nước công nghiệp ở Tây, Bắc Âu và Bắc Mỹ thông qua các thực nghiệm và các quan sát trong thiên nhiên đã cho thấy mưa a xít đã gây nhiều tác động tiêu cực đến thảm thực vật, hệ động vật và các thành phần môi trường sống (đất, nước). Đối với các cơ thể sống, mưa a xít ảnh hưởng trực tiếp như gây các tổn thương tới cấu trúc cơ thể sinh vật, gián tiếp là tác động tới các thành phần môi trường sống như đất, nước, làm mất cân bằng các chu trình dinh dưỡng.

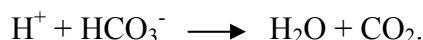
Thí dụ, các loài ếch nhái có thể chịu được độ a xít cao nhưng nếu chúng ăn côn trùng như các loài côn trùng phù du thì chúng có thể bị ảnh hưởng bởi khẩu phần thức ăn đó có thể bị giảm hoặc bị mất đi do bị a xít hóa. Do có mối liên hệ giữa nhiều loài cá, thực vật và các cơ thể sinh vật khác trong hệ sinh thái thủy vực, những biến đổi về pH hoặc hàm lượng nhôm cũng sẽ tác động tới đa dạng sinh học. Như vậy, do các hồ và suối bị chua hơn, số lượng các loài cá và các loài thực vật, động vật thủy sinh khác sống trong đó bị giảm.

Những ảnh hưởng chủ yếu của mưa axit tới môi trường nước diễn biến theo các hướng thay đổi thành phần thủy lý, thủy hóa và sự chua hóa (axít hóa). Trong ba chục năm trở lại đây, ở các nước công nghiệp phía bắc bán cầu, quá trình chua hóa các thủy vực diễn ra ngày một nhanh hơn. Thí dụ: khi quan sát 87 hồ ở phía nam Na Uy từ 1929 đến 1949 và từ 1970 đến 1980, thấy 24% số hồ có pH thấp dưới 5,5 trong thời gian đầu và 47% trong giai đoạn sau. Quá trình chua hóa phụ thuộc vào khả năng đệm/trung hòa của nước được xác định bởi hàm lượng các ion bicarbonate.



Hình 7.3. Sơ đồ biểu diễn tác động của mưa a xít tới các thành phần môi trường

- Giai đoạn đầu: bicarbonate hòa tan có thể trung hòa axit mạnh



Giai đoạn này pH thường > 6, nước mang tính kiềm,.

- Giai đoạn 2 là giai đoạn chuyển tiếp, bicarbonate bị mất đi khi trung hòa axit gây nên dao động lớn của pH.
- Giai đoạn 3, thủy vực mất hoàn toàn tính kiềm, pH thường < 5, trong khi đó, hàm lượng các kim loại, đặc biệt là hàm lượng Al tăng lên gây a xít hóa. Tuy nhiên, các hồ có khả năng đệm/trung hòa cao không bao giờ bị trạng thái a xít bền vững.

Các nghiên cứu đã cho thấy rằng, thời gian phản ứng lại những biến đổi do các phát thải gây mưa a xít đối với các vùng bị ảnh hưởng môi trường khác nhau (đất, thủy vực và hệ sinh thái rừng) là khác nhau rất nhiều. Các hệ sinh thái ở nước có thể bị ảnh hưởng chỉ

trong vài ngày hoặc vài tuần lễ, trong khi sức khỏe của rừng và sự dự trữ các chất dinh dưỡng trong đất có thể diễn ra hàng thập kỷ hoặc thế kỷ.

Tuy vậy, ảnh hưởng của mưa a xít tới các thủy vực phụ thuộc nhiều vào cấu tạo địa chất và tính chất thổ nhưỡng (khả năng làm trung tính axit) của vùng lưu vực. Các vùng có nền địa chất can xi không nhạy cảm với mưa a xít và thậm chí với lượng nhỏ, nền đá vôi trong vùng lưu vực cũng sẽ làm giảm đáng kể ảnh hưởng của mưa axit. A xít hóa thường xảy ra tại các vùng có nền đá gốc là granit hoặc gneiss với lớp đất bề mặt mỏng. Các dẫn liệu nghiên cứu mưa a xít từ 2000-2004 tại các thủy vực nội địa ở Bắc Bộ Việt Nam đã cho thấy, mặc dầu có biểu hiện mưa a xít ở hầu hết các trạm quan trắc ở khu vực nghiên cứu Bắc Bộ, nhưng *chưa thấy hiện tượng chua hóa* ở tất cả các loại hình thủy vực ở đây. Độ pH của hầu hết các thủy vực khảo sát từ trước tới nay, đặc biệt từ 1998 trở lại đây đều ở mức trung tính đến kiềm yếu.

Các suối sau khi chảy qua rừng sẽ làm bay hơi sulphua và nitrogen vào khí quyển, a xít sẽ được sản sinh ra từ quá trình ô xy hóa. Các nghiên cứu cho thấy có mối liên quan giữa rừng và tính chất thủy hóa của suối: Độ pH của nước suối ở vùng không có rừng lớn hơn ở vùng có rừng che phủ và ngược lại, hàm lượng Al và SO_4 ở vùng có rừng cao hơn so với suối ở vùng không có rừng.

Phương thức sử dụng đất có tác động rất lớn đến a xít hóa các thủy vực. Đất trong rừng thường bị a xít hóa cao hơn do:

- Sự tích lũy rác, thảm thực vật bị thối rữa, phân hủy thành các chất hữu cơ dưới dạng a xít hữu cơ gây a xít hóa đất.
- Tỷ lệ bốc hơi nước của cây cao hơn so với thảm cỏ nên làm giảm lượng nước với hàm lượng chất độc hữu cơ lớn hơn chảy qua đất.
- Các cây to có bộ rễ hút các chất dinh dưỡng trong đất để sinh trưởng và phát triển. Trong đó có cả các chất có khả năng làm trung hòa a xít.

Nhìn chung, sự chua hóa làm giảm đa dạng thực vật nổi: các hồ bị chua hóa có 10-20 loài, trong khi đó các hồ nghèo dinh dưỡng trung tính 30-80 loài (Muniz, 1991). Tuy vậy, vẫn có các loài tồn tại,

thậm chí phát triển trong điều kiện chua hóa bởi vì chúng có khả năng chịu đựng được chua trong điều kiện chuyển hóa phốt phát (Smith, 1990). Thí dụ như các loài tảo giáp thuộc *Dinoflagellate* chiếm ưu thế ở nhiều hồ bị chua hóa, mặc dầu chúng có giảm số loài nhưng ít khi giảm sinh khối (biomass) hoặc quang tổng hợp, nếu nguồn dinh dưỡng phốt phát vẫn được duy trì (Olaveson & Nalewajko, 1994).

Tảo bám ở đáy (*Peryphyton*) có những phản ứng khác nhau. Mặc dầu sự đa dạng nhìn chung giảm, nhưng vẫn có sự sinh sôi nảy nở do giảm động vật ăn mỗi khi môi trường bị chua hóa. *Periphyton* bắt đầu phát triển khi pH giảm xuống < 6 và gia tăng nữa khi pH $< 5,5$. Các loài tảo như *Mugeotia* và *Zygnema* thường ưu thế, trong khi các nhóm tảo lam có thể hình thành trong điều kiện quá a xít để hỗ trợ vi khuẩn lam trôi nổi. Tại các suối ở Welsh, tảo lục *Mugeotia*, *Ulothrix* và *Stigeoclonium* có tần số gặp lớn nhất tại môi trường nước pH thấp (Ormerod & Wade, 1990).

Thực vật thủy sinh bậc cao (*Macrophyta*) kém phát triển ở các hồ có pH thấp. Sự biến đổi rong trong hồ bị chua hóa bao gồm sự suy giảm loài vốn ưu thế như *Lobelia* tại pH 4 hoặc thấp hơn nữa và sự gia tăng loài ưu thế - rêu nước *Sphagnum* (Grahn, 1986). Ormerod et al., (1987) đã nghiên cứu nhóm thực vật (*Macroflora*) của các suối bị chua hóa ở xứ Wales đã cho rằng có thể sử dụng một số nhóm thực vật này như là các loài chỉ thị cho suối bị chua.

Đối với nhóm động vật không xương sống ở nước ngọt, khi nghiên cứu hơn 70 thủy vực bị chua hóa tại Anh, thấy có mối tương quan giữa nhóm giáp xác *Crustacea* và pH. Độ pH là yếu tố giám sát quần thể thủy sinh trong môi trường a xít. Các loài râu ngành *Daphnia* và chân chèo *Cyclops* rất ít gặp hoặc không thấy có ở các hồ bị chua hóa. Havas & Likens (1985) nghiên cứu ảnh hưởng kết hợp của a xít và nhôm lên tỷ lệ chết và cân bằng Na ở loài râu ngành *D. magna*. Cả H^+ và Al gây nhiều sự cân bằng Natri trong cơ thể loài này.

Các nghiên cứu tại các suối đầu nguồn của sông Tywi ở phía tây xứ Wales, Stoner et al. (1984) thấy rằng khi pH cao hơn 5,5 và độ cứng cao hơn 8mg/l thì quần xã động vật không xương sống có tới 60-80 taxa. Khi pH dưới 5,5, độ cứng dưới 10mg/l chỉ có 23-27 taxa. Động vật không xương sống nước ngọt cần các ion Na, Cl, K

và Ca hoạt tính để duy trì sự sống. Điều đó phụ thuộc vào hàm lượng các ion ở bên ngoài. Trong thủy vực bị a xít, hàm lượng các ion này quá thấp, trong khi đó các ion H^+ và Al trở nên ưu thế trong môi trường nước. Chúng xâm nhập vào bên trong cơ thể gây rối loạn các cân bằng nội tại, dẫn tới làm mất đi các ion hoạt tính trong mô và máu (Sutcliffe & Hildrew, 1989).

Bảng 7.9. Các ngưỡng pH trong môi trường nước gây tác động tới thủy sinh vật

Thấp nhất	Cao nhất	Tác động
3,8	10	Trứng cá có thể nở nhưng con non thường bị biến dạng
4	10,1	Giới hạn cho các loài cá có sức đề kháng nhất
4,1	9,5	Trong khoảng chống chịu được của cá Hồi
	4,3	Cá Chép bị chết sau 5 ngày
4,5	9	Trứng cá Hồi và ấu trùng phát triển bình thường
4,6	9,5	Giới hạn của cá rô
5	9	Giới hạn cho hầu hết cá loài cá
	8,7	Ngưỡng trên tốt nhất cho môi trường nước nuôi cá
5,4	11,4	Cá tìm cách tránh vùng nước vượt quá ngưỡng pH giới hạn
6	7,2	Giới hạn tốt nhất cho trứng cá phát triển
	1	Ấu trùng muỗi bị chết tại giá trị pH này
3,3	4,7	Ấu trùng muỗi sống trong giới hạn này
7,5	8,4	Dãy pH tốt nhất cho tảo sinh trưởng

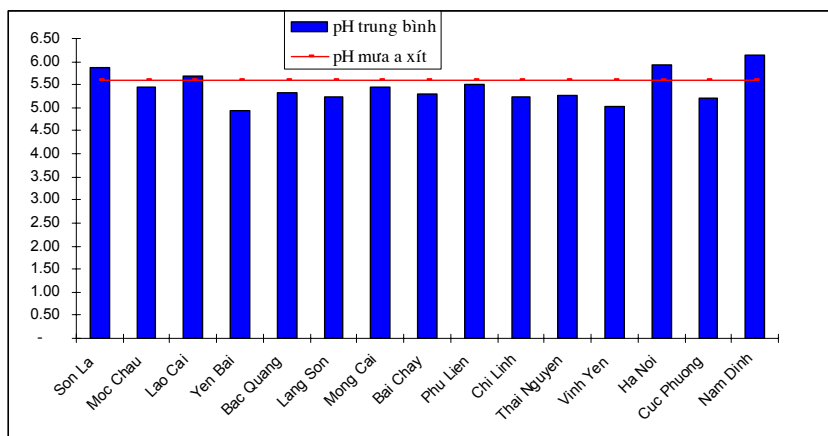
Trong các nghiên cứu ảnh hưởng của mưa a xít tới thủy sinh vật thì nguồn lợi cá các hồ được đặc biệt quan tâm. Các nghiên cứu tại các hồ của bán đảo Scandinavia cho thấy một số quần

thể cá mất dần từ đầu những năm 1920 do các hồ bị mưa axit làm chua hóa dần. Trong 7 sông ở phía nam Na Uy bị mưa axit, cá hồi bị suy giảm số lượng bắt đầu từ những năm 1970, trong khi 68 sông khác không bị mưa a xít thì sản lượng cá hồi không giảm. Tại các thủy vực bị mưa axit, tác động đến cá theo hai kiểu: làm chết cá ngay khi bị mưa a xít, và làm giảm dần quần thể trong thủy vực bị axit hóa.

Các nghiên cứu ở Hoa Kỳ cho thấy, mưa a xít gây nhiều hậu quả làm chết cá, làm giảm số lượng quần thể cá, thậm chí hủy diệt các loài cá của thủy vực và làm giảm độ đa dạng sinh học của thủy vực. Vì mưa a xít chảy qua đất ở vùng lưu vực, nhôm (Al) được giải phóng ra từ đất vào hồ hoặc suối ở đó nên pH trong hồ hoặc suối giảm, nồng độ Al tăng lên. Cả pH thấp lẫn nồng độ Al tăng cao đã trực tiếp gây độc cho cá. Thêm nữa là độ pH thấp và Al cao gây stress mãn tính, có thể không giết cá nhưng làm cho kích thước và khối lượng cá nhỏ hơn bình thường và cá mất khả năng cạnh tranh thức ăn cũng như nơi cư trú.

1.4.3. Mưa a xít ở Việt Nam

Ở Việt Nam hiện nay, quá trình công nghiệp hóa hiện đại hóa đất nước đang phát triển với tốc độ mạnh mẽ. Cùng với quá trình này, các nguồn tài nguyên thiên nhiên được khai thác và sử dụng ngày càng nhiều hơn, đặc biệt sử dụng các nhiên liệu hóa thạch dẫn đến môi trường sống bị tác động mạnh. Theo báo cáo Đánh giá hiện trạng môi trường Việt Nam, từ năm 1995-2002 môi trường không khí xung quanh của hầu hết các đô thị và một số khu công nghiệp bị ô nhiễm, mà hậu quả của ô nhiễm không khí là gây mưa axit. Số liệu đã cho thấy rằng mưa axit đã xuất hiện ở một số nơi. Hơn nữa, Việt Nam nằm sát với khu vực có tiềm năng gây mưa axit rất lớn đó là toàn bộ vùng duyên hải Trung Quốc. Một số kết quả nghiên cứu về mưa axit gần đây ở Việt Nam (Nguyễn Hồng Khánh và nnk. 2006) cho thấy mưa a xít đã xuất hiện trên toàn khu vực Bắc Bộ từ Ninh Bình trở ra. Phần lớn giá trị pH trung bình ở các trạm nghiên cứu đều $< 5,6$. Đặc biệt vào mùa khô, có 5/7 trận mưa có pH trung bình $< 5,0$ (hình 7.4).



Hình 7.4. Giá trị pH trung bình của nước mưa tại các trạm quan trắc (theo Nguyễn Hồng Khánh và nnk., 2006)

2. Ô nhiễm biển

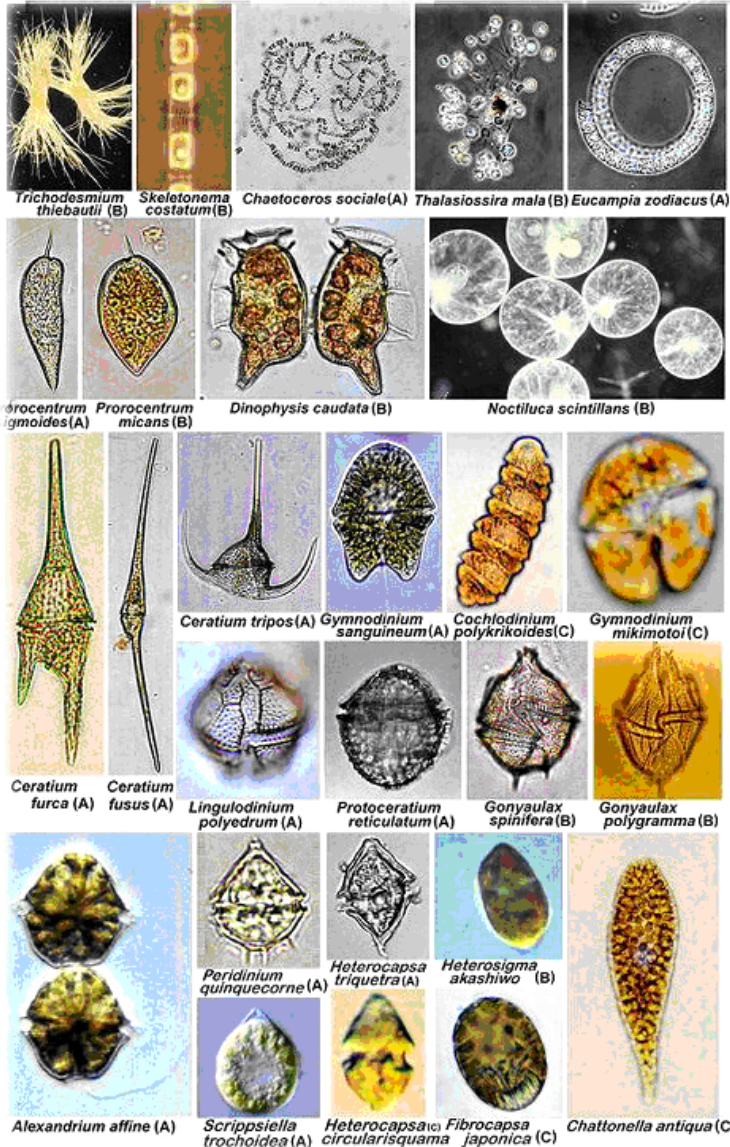
2.1. Thủy triều đỏ

Thủy triều đỏ (red tide) là một thuật ngữ sử dụng đầu tiên ở Hoa Kỳ để mô tả hiện tượng nở rộ loài tảo *Karenia brevis* ở phía đông vịnh Mexico và gọi là “thủy triều đỏ Florida”. Sau đó, hiện tượng thủy triều đỏ được gắn liền với sự nở rộ của tảo (algal bloom) bất thường với mật độ rất cao (hàng chục, thậm chí hàng trăm triệu tế bào/l) của một loài hoặc một vài loài vi tảo trong một khu vực biển. Các loài tảo chứa các sắc tố quang tổng hợp có thể biến đổi màu từ xanh tới nâu, tới đỏ và khi phát triển mật độ cao, sẽ làm cho màu nước chuyển sang màu nâu hoặc đỏ.

Chưa rõ nguyên nhân nào gây hiện tượng thủy triều đỏ nhưng sự kiện nở rộ tảo ở nhiều vùng biển trên thế giới đều có những liên hệ với lượng dinh dưỡng gia tăng từ các hoạt động của con người. Một yếu tố khác như bụi cát giàu sắt từ các sa mạc rộng lớn như Sahara bay ra biển, cũng được xem là có vai trò lớn gây ra thủy triều đỏ. Một số sự kiện nở rộ tảo biển liên quan tới hiện tượng El Nino. Các hiện tượng nhiệt độ nước biển ấm, độ mặn thấp, biển lặng, mưa sau những ngày mặt trời chiếu sáng vào mùa hè là điều kiện thuận lợi xảy ra thủy triều đỏ. Hơn nữa, thủy triều đỏ còn được gió, dòng chảy, bão

hoặc tàu thuyền phát tán đi xa. Như vậy, hiện tượng nở rộ tảo và thủy triều đỏ nhìn chung có thể được xem là hiện tượng tự nhiên.

A: Useful, mostly harmless B: Potentially harmful by oxygen depletion C: Harmful, responsible for fish mass mortality



Hình 7.5. Một số loài tảo độc hại khi nở rộ sẽ gây hiện tượng thủy triều đỏ

	
Thủy triều đỏ tại vùng biển Califonia (ảnh của PJS Franks)	Thủy triều đỏ tại vùng biển Califonia (ảnh của PJS Franks)
	
Nở rộ tảo đỏ tại Leigh, gần mũi Rodney (ảnh: Miriam Godfrey)	Thủy triều đỏ ở La Jolla Califonia (ảnh: P. Alejandro Diaz, trong English Wikipedia, 2005)
	
Sự nở hoa của vi khuẩn lam <i>Trichodesmium erythraeum</i> ghi nhận ngày 26-27/3/1999 trong vịnh Phan Rí, Bắc Bình, Bình Thuận, ảnh Nguyễn Ngọc Lâm (1999)	Sự nở hoa của vi khuẩn lam <i>Trichodesmium erythraeum</i> ghi nhận ngày 26-27/3/1999 trong vịnh Phan Rí, Bắc Bình, Bình Thuận, ảnh Nguyễn Ngọc Lâm (1999)

Hình 7.6. Một số cảnh thủy triều đỏ xảy ra ở biển

Trong những loài vi tảo có thể gây hiện tượng nở rộ, có nhiều loài là tảo độc (toxic algae) hoặc tảo gây hại (harmful algae). Cho đến nay, trong khoảng 5.000 loài vi tảo biển đã biết, người ta đã thống kê được khoảng 300 loài có thể gây ra hiện tượng thủy triều đỏ, trong đó 60-80 loài có thể gây hại mặc dù chỉ có khoảng 40 loài có thể sinh ra độc tố. Một số độc tố được tảo sản sinh ra bao gồm ASP (Amnesic Shellfish Poisoning - độc tố gây mất trí nhớ), PSP (Paralytic Shellfish Poisoning - độc tố gây liệt), DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning - độc tố gây tiêu chảy), AZP (Azaspiracid Shellfish Poisoning - độc tố thần kinh gây trầm cảm, phá hoại gan), CEP (Ciguatera Shellfish Poisoning - độc tố gây viêm loét dạ dày và các triệu chứng thần kinh khác), NSP (Neurotoxic Shellfish Poisoning - độc tố thần kinh gây tác hại tới hô hấp).

Hiện tượng thủy triều đỏ mang tính toàn cầu, đã được ghi nhận ở nhiều vùng biển khác nhau trên thế giới. Tuy nhiên, thủy triều đỏ và hiện tượng nở rộ tảo bên cạnh làm suy giảm hàm lượng ô xy hòa tan trong nước, nhưng xảy ra bởi các loài vi tảo độc hại mới là vấn đề đang được chú ý bởi mức độ tác hại của chúng tới chất lượng môi trường nước, gây ảnh hưởng tới các quần thể động, thực vật thủy sinh khác, đặc biệt các loài có giá trị kinh tế, thường được khai thác làm thực phẩm cho con người. Trong các năm từ 1987-1991, tại vùng biển Seto Inland và Kyu Syu của Nhật đã có hàng ngàn trường hợp bùng phát của tảo độc hại, gây thiệt hại hàng tỷ yên (Andersen, 1996). Vào các tháng 3, tháng 4 năm 1998, sự bùng phát mật độ của các loài tảo *Gyrodinium aureolum*, *Alexandrium* sp. và *Cochlodinium polykrioides* ở vùng biển Hồng Kông đã ảnh hưởng nghiêm trọng tới 2/3 nghề nuôi cá lồng ở khu vực này, ước tính gây thiệt hại khoảng 42 triệu USD (IOC, 1999).

Ở Việt Nam, hiện tượng nở rộ vi tảo biển đã được ghi nhận đầu tiên ở vịnh Bắc Bộ vào những năm đầu 1960 trong Chương trình khảo sát biển Việt - Xô (Gurianova, 1972). Nhưng thời đó, chưa chú ý tới những mặt tiêu cực của hiện tượng nở rộ vi tảo. Cho tới đầu những năm 1990, các nhà khoa học của Việt Nam mới bắt đầu quan tâm đến lĩnh vực nghiên cứu tảo độc hại và thủy triều đỏ. Một số hiện tượng nở rộ vi tảo biển và những tác hại của chúng đã được công bố như: sự bùng phát số lượng của

loài *Noctiluca scintillans* ở vịnh Văn Phong - Bến Gỏi vào các tháng 5, 6/1995 đã làm cho các trại nuôi tôm hùm trong khu vực bị thiệt hại hàng tỷ đồng (Nguyễn Ngọc Lâm và nnk., 1996), sự bùng phát loài vi tảo lam *Trichodesmium erythraeum* trong vịnh Văn Phong (Bình Thuận) đã được ghi nhận vào tháng 3/1999 (Nguyễn Ngọc Lâm, 1999), sự bùng phát của loài tảo sợi bám *Phaecocystis globosa* diễn ra và trải dài trên khoảng 30km ven bờ trong vịnh Phan Rí, Bình Thuận trong các tháng 7, 8 năm 2002 và đã hủy diệt hết các loài thủy sinh vật trong vùng (Báo Tuổi trẻ chủ nhật số 31, 2002). Trong tháng 4/2003, 82 người dân ở làng ven biển Phú Hải (Phan Thiết - Bình Thuận) đã phải nhập viện do bị nhiễm độc tố của loài vi khuẩn lam *Lyngbya majuscula* (Nguyễn Ngọc Lâm và cs., 2004). Các nghiên cứu về tảo độc và thủy triều đỏ ở ven biển Việt Nam cho thấy hiện tượng nở rộ một số các loài vi tảo độc có xu hướng phát triển mạnh vào thời gian từ tháng 3 tới tháng 9, gây thiệt hại cho ngành nuôi trồng hải sản ở các vùng nước, vùng triều ven biển.

Như vậy, thủy triều đỏ và tảo độc hại đã trở thành vấn đề môi trường mang tính toàn cầu. Trong khi các nhà khoa học chưa xác định ra nguyên nhân chính và chưa đưa ra những giải pháp ngăn chặn cụ thể thì việc nghiên cứu cảnh báo sớm hiện tượng bùng phát vi tảo độc và thủy triều đỏ để có những giải pháp giảm thiểu là cần thiết được thực hiện.

2.2. Ô nhiễm các độc tố hóa học

Vấn đề gây ô nhiễm môi trường vùng nước, đất ven bờ đang là một yếu tố trở lên cấp bách trong xã hội do sự phát triển công nông - ngư nghiệp vùng ven biển đang ngày một gia tăng mạnh mẽ. Các nguồn thải điểm, phân tán càng ngày càng lớn, cùng với phương thức khai thác nguồn lợi tự nhiên lạc hậu, đang đe dọa môi trường sinh thái nước, đất vùng triều. Một số hiện tượng ô nhiễm đã xảy ra tại các hệ sinh thái nhân tạo như đầm nuôi hải sản có những thời điểm, môi trường nước xấu đã dẫn tới các loại bệnh tôm làm tôm chết hàng loạt. Tại vùng nước ven bờ, hiện tượng nở hoa thực vật nổi do phú dưỡng, gây nên thủy triều đỏ (chủ yếu là các loài tảo giáp), thủy triều xanh (chủ yếu các loài tảo silic)... tác động xấu tới chất lượng môi trường nước và quần xã thủy sinh vật.

Các kết quả điều tra tổng lượng nước thải công nghiệp các tỉnh ven biển phía bắc của Phân Viện Hải dương học Hải Phòng (Lưu Văn Diệu và nnk., 2000) cho thấy Quảng Ninh là tỉnh có lượng nước thải công nghiệp lớn nhất (21, 219 triệu m³ /năm. Trong đó, có các chất thải là kim loại nặng với tổng lượng như Cu là 1,55 tấn/năm, Pb-0,51 tấn/năm, Zn-32,8, Hg-0,03 tấn/năm, As-0,23 tấn/năm, Cd-0,05 tấn/năm. Các nguồn thải tại chỗ cùng với lượng thải do sông từ lục địa tải ra sẽ góp phần làm gia tăng hàm lượng các chất gây độc như kim loại nặng trong khối nước biển và trầm tích ven bờ.

Khi phân tích mô của 4 loài thân mềm hai vỏ ở khu vực vịnh Hạ Long: ngao vân (*Meretrix meretrix*), ngán (*Donsinia gibba*), ngó (*Cyclina sinensis*) và sò huyết (*Anadara (Arca) gramosa*), nhóm tác giả trên đã xác định hàm lượng Pb dao động 2,5-34,5 µg/g khô và Zn dao động 52,5-195,5 µg/g khô, vượt quá giới hạn cho phép (GHCP) với thực phẩm biển của một số nước. Riêng với ngao, hàm lượng Hg trong mô cũng vượt quá GHCP. Như vậy, các loài thân mềm hai vỏ trên đều có khả năng tích lũy sinh học cao các kim loại nặng trong cơ thể.

Ven bờ Vịnh Hạ Long - Bái Tử Long là khu công nghiệp khai thác than lớn nhất Việt Nam. Các khảo sát về trầm tích vụn than ở vịnh Hạ Long - Bái Tử Long của Nguyễn Chu Hồi và nnk. (1999) cho thấy hạt vụn than có ở hầu hết các loại trầm tích với các mức hàm lượng khác nhau. Hạt vụn than cao nhất thường ở vùng nước Cửa Ông, vịnh Cửa Lục. Đây cũng là các nơi gần nguồn phát thải chúng như hệ sông Diên Vọng và cửa sông Hồng Gai đổ vào trung tâm vịnh Hạ Long. Sông, suối phía bắc Cửa Ông và cảng than Cẩm Phả, Cửa Ông và bãi thải ven Cẩm Phả đổ vào vịnh Bái Tử Long.

Từ những dấu hiệu về môi trường như trên, vịnh Hạ Long trong đó có cả vịnh Bãi Cháy đã được coi như một cái bẫy ô nhiễm lớn (khu vực có khả năng tích tụ cao các chất ô nhiễm ở vùng cửa sông ven biển phía bắc). Tình trạng này sẽ tác động rất lớn đến đa dạng sinh học và nguồn lợi thủy sản ở đây cả về chất lẫn lượng.

Các điều tra và khảo sát chất lượng nước ven bờ Nam Bộ Việt Nam được chú trọng từ chục năm trở lại đây do sự phát triển kinh tế mạnh mẽ của khu vực tam giác TP. Hồ Chí Minh - Đồng Nai - Bà Rịa, Vũng Tàu và của ngành công nghiệp dầu khí. Trong công trình

nguyên cứu ô nhiễm biển do các sông Đồng Nai, Sài Gòn tải ra, Vương Quang Việt và nnk, (1999) đã nhận xét: tải lượng ô nhiễm từ lưu vực sông Đồng Nai - Sài Gòn qua mặt cắt Nhà Bè (tháng 1/1993) cao hơn hẳn tải lượng ô nhiễm từ thượng lưu sông Mê Kông qua mặt cắt Mỹ Tho. Kết quả khảo sát chất lượng nước ven bờ Bà Rịa - Vũng Tàu của các tác giả trên đã cho thấy một số đặc trưng quan trọng như sau: Hàm lượng Hg, Cd, Pb trong vùng nước Đông Nam Bộ thấp, không đáng kể. Vẫn ghi nhận có hiện tượng lan truyền dầu từ các bến cảng và tàu biển vào ven bờ Vũng Tàu; Một số các điểm khảo sát như bến Đình, cảng Dầu khí, Quân cảng... bị ô nhiễm dầu mỡ, chất hữu cơ; Chưa thấy dấu hiệu ô nhiễm thuốc BVTN ở vùng này.

Vùng biển ven bờ Bà Rịa - Vũng Tàu hiện nay đang phát triển nghề nuôi thủy sản (nuôi tôm, cua trong đầm, nuôi ngao trên bãi triều, nuôi trai cấy ngọc, cá mú, cá giò trong lồng trên biển). Hầu hết các vùng nuôi thủy sản hiện nay theo phương thức thâm canh, công nghiệp (mật độ nuôi cao, lượng thức ăn cung cấp nhiều...) nhưng chưa có hệ thống cấp thoát nước và xử lý nước thải. Lượng nước thải chưa được xử lý này, cùng với hàm lượng một số chỉ tiêu dinh dưỡng cao như các chất có nguồn gốc nitơ, photpho, các chỉ tiêu môi trường cơ bản BOD, COD do lượng dinh dưỡng dư thừa từ nguồn cung cấp thức ăn, từ bài tiết của đối tượng nuôi được đổ ra môi trường ven biển bên ngoài. Ngoài ra, trong nước thải có thể còn có các mầm bệnh (vi khuẩn, virus) gây hại cho vật nuôi. Điều đó, một mặt làm ảnh hưởng đến chất lượng môi trường nước ven biển làm tăng khả năng phú dưỡng ven biển, gây nở hoa thực vật nổi, mặt khác tăng khả năng lây truyền dịch bệnh thủy sản nuôi cho các đầm nuôi ở khu vực khác.

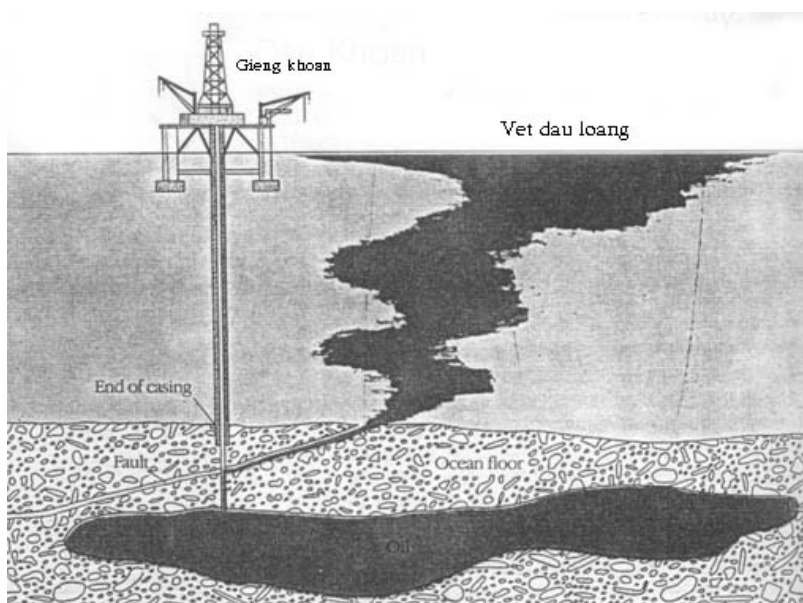
Với các kết quả phân tích thủy hóa học như đã nêu ở trên, có thể thấy vấn đề ô nhiễm dầu tại các vùng cửa sông hiện nay là rất đáng kể. Hàm lượng dầu cao hơn nhiều lần so với tiêu chuẩn cho phép là một trong những nguyên nhân dẫn tới suy giảm về thành phần loài và sinh khối nhiều nhóm thủy sinh vật vùng nước và vùng bãi triều.

Với các kết quả phân tích dư lượng các chất bảo vệ thực vật trong vùng nước, trầm tích đáy ven bờ cho thấy hàm lượng còn thấp so với tiêu chuẩn cho phép, nhưng đáng chú ý là hàm lượng các chất bảo vệ thực vật trong cơ thể một số loài động vật đáy thường là

thức ăn cho nhân dân như ngao, ngó, tôm cao gấp nhiều lần so với hàm lượng của các yếu tố này trong môi trường nước. Điều đó, một mặt làm giảm chất lượng thực phẩm, mặt khác có thể gây tích tụ độc tố lâu dài cho người sử dụng.

2.3. Ô nhiễm dầu

Theo đánh giá, hàng năm có khoảng 3,2 triệu tấn dầu xâm nhập vào các đại dương từ nhiều con đường khác nhau: Khoảng một nửa số dầu gây nhiễm bẩn biển do thẩm tự nhiên từ lớp trầm tích đáy biển vùng khơi. Khoảng 1/5 từ các sự cố vỡ đường ống hoặc sự tràn dầu từ các bể chứa dầu. Phần còn lại, rất ngạc nhiên lại là từ lục địa đổ ra theo các dòng sông.



Hình 7.7. Mặt cắt sơ đồ một giếng khoan cho thấy dầu bị tràn ra nước biển từ một lỗi kỹ thuật ở ống khoan sát tầng chứa dầu
(theo Chiras, 1990)

Sự rò rỉ dầu từ các giếng khai thác dầu xảy ra khi vận chuyển dầu vào bờ, kể cả khi vận hành bình thường. Sự nhiễm bẩn từ nguồn này không gây sự chú ý của công chúng, mặc dầu điều đó tác động lớn

tới môi trường sống ở biển, đặc biệt các loài chim biển. Điều mà gây nhiều chú ý của công chúng là các sự cố tràn dầu lớn. Từ 1980 tới 1986, có 77.000 sự cố tràn dầu và các chất hóa học với các mức độ khác nhau ở vùng biển của Hoa Kỳ, trung bình 11.000 vụ/năm, trong đó, 90% là tràn dầu.

Tác hại của dầu rất lớn, giết chết các loài thực vật, động vật ở vùng cửa sông. Đặc biệt các loài hàu, vẹm, cua, tảo bám trên đá. Sau sự cố tràn dầu lớn, phải mất từ hai đến mười năm mới có thể khôi phục lại khu hệ này. Dầu đọng trên bờ biển sẽ giết các cơ thể sống ở đó. Dầu lắng đọng trong lớp trầm tích đáy biển sẽ giết chết các loài động vật đáy như giáp xác, thân mềm. Những cá thể còn sống sót có thể tích tụ dầu và không thể ăn được. Dầu còn gây tác động tới các quần xã tảo và qua đó, ảnh hưởng tới cả chuỗi thức ăn tự nhiên của biển, làm giảm sản lượng cá cũng như nhiều nhóm động vật biển khác.

Trong tổng lượng dầu tràn, khoảng 25% của lượng dầu thô là dễ bay hơi, có thể bay hơi trong ba tháng. Những hợp chất khác không dễ bay hơi nhưng nhẹ hơn nước, nổi trên mặt nước và bị phân hủy bởi vi sinh vật trong vài tháng sau đó. Khoảng 60% lượng dầu tràn được phân hủy theo kiểu này. Khoảng 15% còn lại bao gồm các hợp chất nặng hơn, dính với nhau và chìm xuống dưới đáy biển thành từng khối lớn. Trong những vùng biển ở cực, dầu phân hủy rất chậm trong môi trường nước lạnh giá, thậm chí chúng có thể dính kết với băng và vài năm sau đó mới có thể tách ra.

Sự ô nhiễm dầu tràn còn phụ thuộc vào gió và dòng chảy trên biển. Nếu gió thổi vào bờ thì dầu gây ô nhiễm vùng nước ven bờ và bờ biển. Dầu tràn cũng có thể di chuyển ra vùng thềm lục địa, nơi có năng suất sinh học cao và gây ảnh hưởng tới đời sống sinh vật biển ở đó. Dầu tràn khi ở vùng biển sâu thì chỉ gây một số hậu quả tới môi trường sống.

Tác hại của ô nhiễm dầu tràn cũng phụ thuộc vào thời điểm xảy ra sự cố. Thí dụ, sự cố dầu tràn xảy ra tại ven bờ biển Alaska trong năm 1989 chỉ hai tuần trước khi có hàng trăm ngàn ngỗng trời và các loài chim biển khác di cư đến eo biển và làm tổ. Nếu sự cố dầu tràn xảy ra sau thời kỳ di cư đó thì hậu quả có thể bớt đi nhiều. Các nghiên cứu ở Alaska năm 1989 cũng cho thấy hydrat các bon trong dầu bền vững hơn ở vùng biển nước lạnh so với vùng biển nước ấm.



Hình 7.8. Một số hình ảnh về tràn dầu trên biển và dạt vào bờ

Để khắc phục sự cố tràn dầu, ở Hoa Kỳ, Thượng viện đã thông qua dự luật thành lập một quỹ với 1 tỷ USD để sử dụng làm sạch dầu tràn ngay lập tức. Số tiền này được lấy từ 3% thuế từ sản xuất dầu trong nước và nhập khẩu dầu.

Ở Việt Nam, một số sự cố tràn dầu từ các tàu biển ở các khúc sông ra vào cảng biển hoặc các vịnh biển đã gây ô nhiễm nghiêm trọng tới vùng nước cửa sông ven biển, nơi có các hệ sinh thái hết sức nhạy cảm như rừng ngập mặn, cỏ biển, bãi triều, rạn san hô với quần xã thủy sinh vật phong phú và đa dạng. Riêng thống kê từ 1995 đến 2004, đã có tới 35 vụ tràn dầu ở biển ven bờ Việt Nam với tổng lượng dầu tràn là 1.600 tấn (Báo cáo hiện trạng MT quốc gia 2005). Năm 1989, sự cố tràn khoảng 200 tấn dầu từ tàu Leela tại vịnh Quy Nhơn đã gây tổn hại nghiêm trọng tới môi trường nước trong vịnh, cũng như hệ thống rừng ngập mặn và các đầm nuôi tôm trong đầm Thị Nại. Các khảo sát vịnh Quy Nhơn và đầm Thị Nại ngay sau vụ tràn dầu đã cho thấy, so với thời kỳ trước khi xảy ra sự cố, mật độ thực vật nổi vùng vịnh Quy Nhơn và đầm Thị Nại giảm tới 20 lần, mật độ động vật nổi giảm tới 30 lần (Hồ Thanh Hải, 1990).

Gần đây, vào những tháng đầu năm 2007, đã xảy ra những vụ tràn dầu vào vùng biển Việt Nam. Hậu quả là toàn vùng biển ven bờ và bờ biển từ Hải Phòng tới Cà Mau bị ô nhiễm dầu. Dầu vón cục trôi dạt vào bờ cát, bãi đá ven biển và các vùng cửa sông. Tại Quảng

Bình, Đà Nẵng, hàng chục kilômét bờ biển bị dầu tràn vào. Dầu tràn đã gây ảnh hưởng tới chất lượng nước biển và cảnh quan môi trường ven bờ, đặc biệt các khu du lịch ven biển. Theo số liệu thống kê của Bộ Tài nguyên & Môi trường, tới tháng 6/2007, nhân dân ở các địa phương ven biển đã thu gom được trên 2071 tấn dầu trôi dạt lên bờ biển. Các kết quả khảo sát vẫn chưa xác định được nguồn gốc gây tràn dầu từ đâu, mới xác định chính xác đây là dầu thô.

IV. BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG NƯỚC VÀ NGUỒN NƯỚC SẠCH THIÊN NHIÊN

1. Bảo vệ môi trường nước

1.1. Các văn bản pháp luật liên quan

Việt Nam nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa, là một nước nông nghiệp có nhiều sông, hồ, hồ chứa. Do tầm quan trọng của việc khai thác, sử dụng nguồn tài nguyên nước, đồng thời bảo tồn được các giá trị của đa dạng sinh học trong các HST thủy vực, ngay từ những năm đầu sau hòa bình lập lại ở miền Bắc, Chính phủ Việt Nam đã ban hành nhiều văn bản, chỉ thị có tính chất pháp lý để quy định, hướng dẫn sử dụng và quản lý các nguồn tài nguyên thiên nhiên này. Ngoài ra, Chính phủ còn tham gia ký kết một số công ước quốc tế liên quan đến bảo tồn tài nguyên sinh vật.

1. Luật Bảo vệ và phát triển rừng đã được bổ sung năm 2004, trong đó các điều khoản bảo vệ và phát triển hệ thống rừng đầu nguồn các lưu vực sông.
2. Luật Bảo vệ môi trường đầu tiên do Quốc hội thông qua 27/12/1993. Luật này đã quy định trách nhiệm bảo vệ môi trường cho các ngành, các địa phương và các tổ chức xã hội, quy định lập các báo cáo đánh giá tác động môi trường, thanh tra, giám sát môi trường và các tiêu chuẩn môi trường phù hợp với điều kiện của Việt Nam. Đến năm 2005, Luật Bảo vệ môi trường đã được sửa đổi và được Chủ tịch nước ra quyết định có hiệu lực.
3. Chỉ thị 487/TTg ngày 30/7/1996 của Thủ tướng chính phủ về *Tăng cường quản lý nhà nước với tài nguyên nước*.

4. Luật Tài nguyên nước được Quốc hội thông qua ngày 20/5/1998. Luật này có 10 chương, 75 điều quy định rõ tài nguyên nước thuộc quyền sở hữu của toàn dân do nhà nước thống nhất quản lý. Chính phủ đã giao cho Bộ NN&PTNT quản lý tài nguyên nước trên phạm vi toàn lãnh thổ (trừ nước khoáng và nước nóng thiên nhiên).
5. Nghị định số 109/2003/NĐ của Chính phủ về *Bảo tồn và phát triển bền vững các vùng đất ngập nước*.
6. Luật Thủy sản đã được Quốc hội thông qua ngày 26/11 năm 2003, được Chủ tịch nước ký lệnh công bố ngày 10/12/2003 và có hiệu lực từ ngày 01 tháng 7 năm 2004. Trong luật này, có các điều khoản về quản lý, bảo vệ nguồn lợi thủy sản, Quan trắc môi trường nước các vùng nuôi thủy sản. Tại chương II (điều 7 đến điều 10) quy định nội dung *Bảo vệ môi trường sống của các loài thủy sản; bảo tồn, Bảo vệ, tái tạo và phát triển nguồn lợi thủy sản; Quy hoạch và quản lý các khu bảo tồn vùng nước nội địa phục vụ công tác nuôi trồng thủy sản, bảo tồn nguồn gen quý hiếm là vô cùng quan trọng và cấp thiết*.
7. Năm 2003, Thủ tướng Chính phủ đã ra quyết định số 256/2003/QĐ-TTg ngày 02/12/2003 phê duyệt *Chiến lược bảo vệ môi trường quốc gia đến năm 2010 và định hướng đến năm 2020*. Trong chiến lược này, trình bày tình trạng môi trường, quan điểm, mục tiêu và các nội dung cơ bản về bảo vệ môi trường và giải pháp thực hiện chiến lược môi trường của Việt Nam.
8. Nghị định 109/2003/NĐ-CP của Chính phủ về *Bảo tồn và phát triển bền vững các vùng đất ngập nước*; tại chương III điều 9 nêu rõ: phân công, phân cấp, nghiên cứu, điều tra các vùng đất ngập nước cho các ngành, trong đó, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Bộ Thủy sản tổ chức điều tra, nghiên cứu các vùng ĐNN có tính chuyên ngành, có tầm quan trọng quốc tế, quốc gia và nằm trên địa bàn nhiều tỉnh.
9. Quyết định số 131/2004/QĐ-TTg ký ngày 16/7/2004 phê duyệt *Chương trình Bảo vệ và Phát triển nguồn lợi thủy*

sản đến năm 2010. Đây là cơ sở để thực hiện các mục tiêu bảo vệ, bảo tồn đa dạng thủy sinh vật bao gồm cả bảo tồn nội vi, phục hồi nguồn lợi thủy sản, nâng cao nhận thức về tầm quan trọng của nguồn lợi thủy sản và tăng cường năng lực quản lý nhà nước về nguồn lợi thủy sản. Một trong những dự án ưu tiên thuộc Chương trình Bảo vệ và Phát triển nguồn lợi thủy sản đến năm 2010 đề trong Quyết định này là Quy hoạch và tổ chức thực hiện việc quản lý các khu bảo tồn biển, bảo tồn thủy sản nội địa, các vùng cấm và hạn chế khai thác thủy sản.

10. Nghị định 27/NĐ - CP của Chính phủ ngày 8/3/2005 quy định chi tiết và hướng dẫn thi hành một số điều luật thủy sản. Tại điều 5 đã quy định:
 - Khu bảo tồn vùng nước nội địa là nơi được khoanh vùng thuộc các vùng đất ngập nước để bảo vệ nghiêm ngặt các HST đặc thù, có tầm quan trọng quốc gia, quốc tế, có giá trị ĐDSH cao nhằm cân bằng sinh thái, bảo vệ các giống, loài đang sinh sống, cư trú.
 - Khu bảo tồn vùng nước nội địa được quản lý theo quy định của Nghị định số 109/2003/NĐ-CP ngày 23 tháng 9 năm 2003 của Chính phủ về bảo tồn và khai thác bền vững các vùng đất ngập nước.

Một số hành động và các dự án quan trọng liên quan

1. Ủy ban sông Mê Kông của Việt Nam được thành lập từ tháng 4/1995. Ủy ban này có trách nhiệm thay mặt nhà nước Việt Nam phối hợp với các bên tham gia là Lào, Thái Lan và CamPuChia thực hiện các công tác sử dụng bền vững tài nguyên nước sông Mê Kông.
2. Hội đồng quốc gia về tài nguyên nước được thành lập theo quyết định số 67/2000QĐ-TTg, ngày 15/6/2000. Hội đồng có trách nhiệm tư vấn cho chính phủ về chiến lược, quy hoạch sử dụng và bảo vệ hợp lý tài nguyên nước của Việt Nam.
3. Trong khuôn khổ hợp tác với Chương trình phát triển của Liên hợp quốc (UNDP), Ngân hàng thế giới (WB), Ngân

hàng phát triển Châu Á (ADB), Việt Nam đã xây dựng hai quy hoạch tổng thể cho hai vùng lưu vực sông lớn nhất nước: *Quy hoạch tổng thể đồng bằng sông Cửu Long* (1992-1995) và *quy hoạch tổng thể đồng bằng sông Hồng* (1994-1996). Ngoài ra, trong khuôn khổ hợp tác song phương với các cơ quan tài trợ như JICA (Nhật Bản), KOICA (Hàn quốc), Việt Nam đã lập các quy hoạch tổng thể cho các lưu vực sông: *Quy hoạch tổng thể lưu vực sông Đồng Nai* (1995-1996); *Quy hoạch tổng thể sông Srêpok* (1995-1997); *Nghiên cứu khả thi phát triển tổng hợp sông Ia Soup* (1995-1997).

4. Đặc biệt, trong phạm vi khuôn khổ về hợp tác kỹ thuật, Việt Nam đã đề nghị Nhật Bản trợ giúp kỹ thuật cho Dự án *Nghiên cứu về phát triển và quản lý tài nguyên nước trên toàn quốc*. Dự án này đã được Chính phủ Việt Nam và Nhật Bản ký ngày 20/8/1998 và Bộ NN&PTNT là cơ quan quản lý và thực hiện dự án. Mục tiêu của dự án là quy hoạch tổng thể phát triển và quản lý tài nguyên nước tại 14 lưu vực sông chính trên toàn quốc và tiến hành chuyển giao công nghệ cho nhân sự của đối tác trong suốt quá trình nghiên cứu. Tuy nhiên, dự án bắt đầu thực hiện từ 2001. Giai đoạn 1 (2001-2002) đã lập *Quy hoạch tổng thể quản lý lưu vực sông Hương* (Thừa Thiên - Huế); *Quy hoạch tổng thể quản lý lưu vực sông Kôn* (Bình Định). Một trong các kết quả đã đạt được trong giai đoạn 1 của dự án này là đề xuất các phương án ưu tiên (các đập/hồ chứa đa mục tiêu, chủ yếu là tưới tiêu và chống lũ lụt) để lập nghiên cứu khả thi.

1.2. Xây dựng tiêu chuẩn chất lượng nước

Tiêu chuẩn chất lượng môi trường nước là những tiêu chuẩn quốc gia, phù hợp với điều kiện thực tế thiên nhiên và xã hội ở mỗi nước để sử dụng vào đời sống và sản xuất như một cơ sở pháp lý trong hoạt động của các ngành. Hầu hết các quốc gia đều có bộ tiêu chuẩn riêng đánh giá chất lượng nước phù hợp với điều kiện thực tế của nước mình.

Ở nước ta, các tiêu chuẩn chất lượng nước bao gồm nước mặt, nước ngầm và nước nuôi trồng thủy sản đã được ban hành theo TCVN từ năm 1995 và đang được các ngành, các địa

phương và cả các tổ chức nước ngoài đang hoạt động ở Việt Nam sử dụng trong đời sống, sản xuất, nghiên cứu và ứng dụng. Do nhu cầu cấp bách của công tác bảo vệ môi trường, các tiêu chuẩn quy định trong TCVN thường được đề ra dựa trên cơ sở các tư liệu môi trường khu vực và trên thế giới. Chưa có một nghiên cứu đầy đủ, trong điều kiện khí hậu nhiệt đới Việt Nam, với con người và thủy sinh vật ở Việt Nam để có được những tiêu chuẩn phù hợp nhất với tình hình thiên nhiên và xã hội nước ta. Chính vì vậy, tiêu chuẩn chất lượng nước của Việt Nam ban hành theo từng giai đoạn cho từng từng đối tượng và cho từng loại hình sử dụng:

- Năm 1995, ban hành tiêu chuẩn chất lượng nước mặt, nước thải công nghiệp, nước ngầm và vực nước ven bờ cho nuôi thủy sản.

- Năm 2000, bổ sung tiêu chuẩn chất lượng nước sử dụng cho sinh hoạt.

- Năm 2001, bổ sung tiêu chuẩn chất lượng nước sông dùng cho mục đích bảo vệ thủy sinh.

- Năm 2005, ban hành tiêu chuẩn mới về chất lượng nước thải công nghiệp. So với tiêu chuẩn năm 1995, tiêu chuẩn nước thải công nghiệp lần này có nhiều thông số hơn (37 chất so với 33), các thông số mới chủ yếu trong nhóm hóa chất bảo vệ thực vật. Một số giá trị được điều chỉnh để phù hợp với điều kiện hiện nay (xem phụ lục của chương 7). Ngoài ra, ngành y tế cũng đã ban hành tiêu chuẩn chất lượng nước uống của mình.

Trong quá trình sử dụng, đặc biệt là trong các công trình nghiên cứu khoa học và cả trong sản xuất, đã thấy nảy sinh một số vấn đề sau:

- Một số yếu tố tiêu chuẩn khi xác định trong môi trường nước biển và nước ngọt nội địa thường thấy vượt quá các chỉ tiêu cho phép đã được quy định trong TCVN, đặc biệt là một số kim loại nặng (như Zn, Cu, Pb...) mà chưa giải thích được nguyên nhân. Đáng chú ý là trong trường hợp này chưa thấy có những sự cố môi trường nào xảy ra.
- Các phương pháp kỹ thuật xác định các tiêu chuẩn trong TCVN hiện nay là những phương pháp cơ bản, song trong thực tế khó được áp dụng vì mức độ phức tạp và tốn kém,

nhất là ở các địa phương. Hơn nữa, hiện nay các phương pháp kỹ thuật này cũng được vận dụng rất khác nhau, tùy theo khả năng và điều kiện kỹ thuật ở mỗi cơ sở. Vì vậy, các số liệu thu được thường rất khó cho so sánh và kiểm chứng. Tình hình này đặt ra yêu cầu cần có một phương pháp kỹ thuật chuẩn, thích hợp với điều kiện thực hiện phổ biến ở nước ta trong việc xác định chất lượng môi trường nước (biển cũng như nước ngọt nội địa) để có thể có điều kiện thống nhất phương pháp xác định trong phạm vi cả nước.

Hiện nay, các phương pháp sử dụng chỉ số sinh học đang là xu thế của thế giới trong việc đánh giá tình trạng môi trường nước. Ở nước ta, một số đơn vị đã có nghiên cứu song chưa có được thử nghiệm trong thực tế sản xuất và đời sống để trở thành những quy trình công nghệ thật tin cậy, có thể ứng dụng có hiệu quả, khả thi với mọi cơ sở, đặc biệt là với các địa phương trong các hoạt động đời sống và sản xuất.

1.3. Xử lý ô nhiễm môi trường nước

Trong thực tế, hiện công tác xử lý các thủy vực bị phú dưỡng đã được nhiều quốc gia trên thế giới quan tâm. Từ các hình thức thụ động như cải tạo nền đáy (đào thải lớp bùn đáy), tạo lớp phẩm màu trên mặt nước ngăn cản khả năng quang hợp phát triển thực vật nổi đến các giải pháp chủ động như kiểm soát các nguồn thải, giám sát chất lượng nước. Điều mà tất cả các nhà môi trường học đề thống nhất là cần thiết nghiên cứu, áp dụng các biện pháp kỹ thuật xử lý nước thải từ các nguồn điểm (cơ học, lí hóa học, sinh học) trước khi đổ vào môi trường bên ngoài, và cho rằng đây là giải pháp hiệu quả nhất để bảo vệ môi trường nước.

1.3.1. Các biện pháp kỹ thuật xử lý nước thải

Nước thải là một trong những nguyên nhân trực tiếp gây ô nhiễm môi trường nước. Việc xử lý nước thải trước khi đổ vào môi trường bên ngoài được đặt ra như là điều kiện ưu tiên hàng đầu để tránh gây ảnh hưởng tới chất lượng nước mặt cũng như nước ngầm. Theo truyền thống, các phương pháp xử lý nước thải tập trung vào hai nguyên lý chính là vật lý - hóa học và sinh học. Tuy nhiên, tùy thuộc vào từng loại hình nước thải với các loại chất gây ô nhiễm và

các mức độ ô nhiễm, người ta sẽ quyết định sử dụng các phương pháp xử lý nào phù hợp hoặc từng bước thực hiện cả hai nguyên lý hỗ trợ nhau.

1.3.2. Các phương pháp xử lý vật lý - hóa học

Với nước thải có chứa các chất gây ô nhiễm là những hóa chất vô cơ độc hại như kim loại nặng, a xít, bazơ hoặc các chất hữu cơ bền vững như clo ben zen, PCB, phenol... thường được xử lý bằng phương pháp vật lý - hóa học. Có năm phương pháp vật lý hóa học thường được dùng trong xử lý nước thải là:

- Phương pháp lắng và keo tụ để loại bỏ các chất rắn lơ lửng.
- Phương pháp hấp thụ.
- Phương pháp trung hòa các a xít và bazơ.
- Phương pháp chiết tách.
- Phương pháp clo hóa để diệt vi trùng gây bệnh và phân hủy độc tố.

a. Phương pháp lắng và keo tụ

Các hóa chất thường được sử dụng trong phương pháp lắng và keo tụ để loại bỏ các chất rắn lơ lửng trong nước thải là:

- Phèn $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($n=13-18$) được sử dụng để loại bỏ phốt phát
- Sô đa kết hợp phèn $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
- Sun phát sắt $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
- Nước vôi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ được sử dụng để loại bỏ các bô nát, ma nhê.
- Nát tri aluminat $\text{Na}_2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ được dùng để loại bỏ phốt phát
- Clo rua sắt FeCl_3 và sun phát sắt (III) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ cũng được dùng để loại bỏ phốt phát.

b. Phương pháp hấp phụ

Phương pháp này dựa trên khả năng hấp phụ các chất hòa tan của một số nguyên liệu như than hoạt tính (dạng hạt hoặc dạng bột), than bùn... Phương pháp hấp phụ được sử dụng tốt trong việc xử lý nước thải có chứa các chất hữu cơ, các kim loại nặng, màu.

c. Phương pháp trung hòa

Sử dụng các nguyên liệu có tính kiềm như vôi, đá vôi để trung hòa nước thải có tính a xít. Ngược lại, sử dụng các a xít kỹ thuật đã pha loãng để trung hòa nước thải có tính kiềm.

d. Phương pháp clo hóa

Sử dụng biện pháp clo hóa nước thải để sát trùng, giảm mùi.

1.3.3. Các phương pháp xử lý sinh học

Phương pháp xử lý sinh học được thực hiện trên cơ sở có sự tham gia của các nhóm vi sinh vật và một số nhóm sinh vật bậc cao trong quá trình xử lý. Phương pháp xử lý sinh học thường có hiệu quả khi xử lý nước thải thuộc các cơ sở chế biến thực phẩm chứa nhiều chất hữu cơ hoặc các nước thải chứa nhiều chất dinh dưỡng vô cơ. Tùy theo từng nhóm vi sinh vật đặc trưng, phương pháp xử lý sinh học được phân biệt thành ba kiểu:

- Xử lý hiếu khí (aerobic) sử dụng các vi sinh vật hiếu khí phân hủy các chất hữu cơ thông qua các kỹ thuật tạo bùn hoạt tính, lọc sinh học, ao hồ ổn định nước thải.
- Xử lý thiếu khí (anoxic) sử dụng vi sinh vật trong điều kiện môi trường thiếu khí để loại bỏ ni tơ ra khỏi nước thải.
- Xử lý kỵ khí (anaerobic) với sự tham gia của các nhóm vi sinh vật tùy nghi và vi sinh vật kỵ khí để phân hủy các chất hữu cơ trong nước thải thông qua các kỹ thuật lên men kỵ khí

Nhìn chung, sau khi trải qua xử lý sinh học, hầu hết nước thải đã giảm đi cơ bản mức độ ô nhiễm. Tuy nhiên, trong nhiều công trình, người ta đã sử dụng hồ điều hòa để loại bỏ triệt để hơn các yếu tố ô nhiễm, thường là các chất dinh dưỡng với sự tham gia của các nhóm sinh vật ăn lọc (động vật thân mềm), ăn chất hữu cơ (một số loài cá), hấp thụ hoặc hấp phụ (các loài thực vật thủy sinh có rễ trong tầng nước như bèo Nhật Bản, bèo cái; Có rễ trong đất như rong, sậy...).

Trong những năm gần đây, do phong trào nuôi trồng thủy sản phát triển, hàng trăm các chế phẩm hóa học, đặc biệt, nhiều loại chế phẩm sinh học được nghiên cứu và sử dụng để cải tạo môi trường nước các đầm nuôi và hạn chế bệnh dịch của các đối tượng nuôi. Theo các

nghiên cứu, đánh giá, một số các chế phẩm này có hiệu quả và được người nuôi trồng thủy sản ở ven biển chấp nhận sử dụng.

1.4. Giám sát chất lượng nước

Giám sát (monitoring) chất lượng nước là sự đo đạc chất lượng nước theo phương pháp tiêu chuẩn tại một hệ thống các điểm quan trắc nhất định, với tần số quan trắc nhất định, trong thời gian dài nhằm đánh giá hiện trạng và xu hướng diễn biến chất lượng nước.

Trên thế giới, nhiều quốc gia, đặc biệt ở các nước công nghiệp phát triển như Mỹ, Thụy Điển, Hà Lan, Bỉ... đã thiết lập mạng lưới giám sát chất lượng nước. Mạng lưới giám sát chất lượng nước liên quốc gia cũng đã được xây dựng như Hệ thống giám sát môi trường nước sông Rhine (Đức, Pháp, Hà Lan, Thụy Sĩ).

Ở Việt Nam, từ năm 1995, Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường, nay là Bộ Tài nguyên & Môi trường đã xây dựng hệ thống quan trắc môi trường quốc gia, trong đó có hệ thống quan trắc môi trường nước (môi trường nước nội địa và nước biển).

1.4.1. Sinh giám sát (Biomonitoring) môi trường nước

Sinh giám sát môi trường là quan sát các phản ứng của các cơ thể sinh vật để đánh giá những biến đổi môi trường dưới tác động của con người. Như vậy, sinh giám sát môi trường thực tế là sử dụng các chỉ số sinh học hoặc sinh vật chỉ thị để đánh giá chất lượng môi trường.

Trên thế giới, việc nghiên cứu và sử dụng các yếu tố sinh học đánh giá, giám sát và cải thiện chất lượng môi trường đã đạt được nhiều thành tựu có ý nghĩa khoa học và thực tế. Tại các nước phát triển ở Châu Âu và Bắc Mỹ, đặc biệt là ở ngay một số nước trong khu vực như Trung Quốc, Ấn Độ, Thái Lan đã có những nghiên cứu nhiều năm sử dụng các nhóm sinh vật đánh giá và giám sát môi trường. Riêng về lĩnh vực môi trường nước, nhiều quốc gia đã thiết lập những chỉ số sinh học riêng của mình để đánh giá chất lượng môi trường nước như những thông số không thể thiếu được bên cạnh những chỉ tiêu thủy hóa - lý truyền thống (chỉ số sinh học của Bỉ - BBI, chỉ số Pháp - FI, chỉ số Anh - Trend Index, chỉ số hoại sinh - SI, chỉ số đa dạng - DI,...). Cho đến nay, có khoảng 50 phương pháp sinh học đánh giá chất lượng nước mặt. Các phương

pháp này đều đưa ra hệ thống chỉ số ô nhiễm, chỉ số sinh học khác nhau cho đánh giá chất lượng môi trường nước.

Ở Việt Nam, việc nhìn nhận môi trường dưới góc độ sinh học, sinh thái học cũng như việc nghiên cứu sử dụng sinh vật chỉ thị chất lượng môi trường bắt đầu được đề cập, nhưng chưa được thực hiện một cách đồng bộ và mới dừng ở mức đánh giá định tính. Vì vậy, cho đến nay, ta chưa có được các chỉ số sinh học riêng, phù hợp với đặc điểm tự nhiên của mình để đánh giá, giám sát chất lượng môi trường và tiến tới dự báo diễn thế môi trường sinh thái, dưới các tác động của tự nhiên và nhân tác, đặc biệt trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội nhanh chóng và mạnh mẽ như hiện nay.

Để giám sát môi trường, có thể sử dụng 2 phương pháp liên quan đến hai loại dữ liệu:

- Phương pháp lý - hóa học: là phương pháp kinh điển được phổ biến từ lâu, sử dụng các tiêu chuẩn lý hóa học nước.

- Phương pháp sinh học: phát triển trong thời gian sau này và ngày càng tỏ ra có những ưu điểm hơn phương pháp lý hóa học. Đó là:

- Phương pháp lý hóa học xác định các yếu tố riêng lẻ trong môi trường nước ô nhiễm, tác động này rất khác với tác động tổng hợp của toàn bộ các yếu tố. Tác động tổng hợp này chỉ được thể hiện qua các dữ liệu sinh học, do phương pháp sinh học thu được trên cá thể sinh vật hoặc quần xã sinh vật trong môi trường nước bị ô nhiễm.
- Phương pháp lý hóa học xác định chất lượng môi trường nước trong một thời điểm tức thời. Trong khi đó, phương pháp sinh học thể hiện chất lượng môi trường nước qua một quá trình diễn ra trong một thời gian nhất định, đủ cho một vài chu kỳ sống của sinh vật chỉ thị.
- Các phương pháp, kỹ thuật phân tích lý hóa học hiện nay chưa có khả năng xác định các chất có hàm lượng siêu nhỏ trong môi trường nước nằm dưới giới hạn phân tích. Trong khi đó, phương pháp sinh học có khả năng gián tiếp xác định được các chất có hàm lượng siêu nhỏ, dựa vào khả năng tích tụ sinh học (bioaccumulation) của các sinh vật chỉ thị.

- Các phương pháp phân tích lý hóa học truyền thống hiện nay chỉ xác định được khoảng 25 chất ô nhiễm thải vào môi trường nước, trong khi đó, số chất ô nhiễm được thải vào môi trường hiện nay là rất lớn, tới khoảng 1.500 chất, vượt qua khả năng kỹ thuật và đặc biệt kinh phí phân tích lý hóa học trong giám sát môi trường nước.

Phương pháp sinh học thường được thực hiện theo hai hướng, dựa trên hai loại dữ liệu:

- a. Phương pháp sinh thái (Ecological): dựa trên các dữ liệu về sự biến đổi thành phần phân loại, cấu trúc quần xã sinh vật chỉ thị của môi trường ô nhiễm.
- b. Phương pháp sinh lý - sinh hóa (physiologico-biochemical): dựa trên các dữ liệu về sự biến đổi chức năng sinh lý (sinh sản, phát triển), sinh hóa (thành phần protein), di truyền (cấu trúc nhiễm sắc thể và gen), hoạt chất (enzym), tập tính (behaviour), tổ chức bệnh lý (phản ứng, kháng thể trong máu).

Trong môi trường tự nhiên, môi trường sinh học, sinh thái học được coi như một đối tượng giám sát. Sinh giám sát ghi nhận những biến đổi về cấu trúc, chức năng của các thành phần hữu sinh và vô sinh diễn ra trong hệ sinh thái. Qua đó là cơ sở đánh giá nguyên nhân, dự báo diễn thế sinh thái và đề xuất các biện pháp duy trì cân bằng sinh thái.

Tại một số các quốc gia, hiện có hai kiểu sinh giám sát môi trường:

- Giám sát quốc gia (Governmental monitoring) là giám sát theo diện rộng được thiết lập bởi các trạm giám sát cố định, liên tục tương ứng với các trạm giám sát môi trường khác.
- Giám sát theo đề án (Project monitoring) theo diện hẹp, được thực hiện trong phạm vi một vùng lãnh thổ, một khu vực nào đó có nhiều kiểu hệ sinh thái hoặc một hệ sinh thái nhất định trong một khoảng thời gian nhất định.

Nội dung chính của sinh giám sát môi trường là sử dụng các chỉ số sinh học như là một chỉ số trong quan trắc môi trường. Tuy nhiên, tùy thuộc vào kiểu giám sát mà có những nội dung phù hợp như với kiểu Giám sát quốc gia, là xác định các chỉ số môi trường cơ bản, trong đó có chỉ số sinh học đánh giá môi trường. Trong kiểu Giám

sát theo đề án, bên cạnh xác định các chỉ số sinh học, cần có thêm một số nội dung nghiên cứu khu hệ, đa dạng sinh học và đặc tính phân bố số lượng.

1.4.2. Sử dụng sinh vật chỉ thị (Bioindicator) giám sát môi trường nước

Ý tưởng về sinh vật có thể biểu thị một tình trạng chất lượng nào đó của môi trường nước và khái niệm sinh vật chỉ thị xuất hiện từ lâu, song định nghĩa và việc sử dụng tên gọi sinh vật chỉ thị lại có những sai khác tùy từng tác giả. Khái niệm chung và cơ bản của sinh vật chỉ thị được mọi người thừa nhận là: *"Những đối tượng sinh vật có yêu cầu nhất định về điều kiện sinh thái liên quan đến nhu cầu dinh dưỡng, hàm lượng ô xy, cũng như khả năng chống chịu (tolerance) một hàm lượng nhất định các yếu tố độc hại trong môi trường sống và do đó, sự hiện diện của chúng biểu thị một tình trạng điều kiện sinh thái của môi trường sống nằm trong giới hạn nhu cầu và khả năng chống chịu của đối tượng sinh vật đó"*.

Đối tượng sinh vật là sinh vật chỉ thị, có thể là các loài (loài chỉ thị) hoặc các tập hợp loài (nhóm loài chỉ thị).

Các điều kiện sinh thái chủ yếu là các yếu tố vô sinh như hàm lượng các chất dinh dưỡng, nhu cầu ô xy, chất độc (kim loại nặng, thuốc trừ sâu, diệt cỏ, dầu, các chất PAH, chất phóng xạ...) và các chất gây ô nhiễm khác.

Một số khái niệm mở rộng về sinh vật chỉ thị:

- *Sinh vật cảm ứng* (Biosensor): là những sinh vật chỉ thị có thể tiếp tục hiện diện trong môi trường ô nhiễm thích ứng, phù hợp với tính chất sinh vật chỉ thị song có thể có ít nhiều biến đổi, do tác động của chất ô nhiễm như giảm tốc độ sinh trưởng, giảm khả năng sinh sản, biến đổi tập tính...
- *Sinh vật tích tụ* (Bioaccumulator): là những sinh vật chỉ thị, không chỉ có tính chất chỉ thị cho môi trường thích ứng, mà còn có khả năng tích tụ một số chất ô nhiễm nào đó trong cơ thể chúng với hàm lượng cao hơn nhiều lần so với ở môi trường ngoài (kim loại nặng, chất organochlorine,...). Nhờ đó, bằng phương pháp phân tích hóa sinh hữu cơ mô cơ thể chúng, người ta có thể phát hiện, đánh giá các chất ô nhiễm này dễ dàng hơn nhiều so với phương pháp phân tích thủy hóa.

- *Cấu trúc quần xã chỉ thị*: tính chất chỉ thị không dừng ở loài mà từng nhóm loài, từng quần xã sinh vật trong một vùng sinh cư. Sự biến đổi môi trường nước đã tác động đến cấu trúc quần xã sinh vật nào đó (sinh vật nổi, sinh vật đáy, cá, rong...).
- *Quần thể sinh vật chỉ thị*: sự biến đổi môi trường thể hiện ở sự có mặt, không có mặt của một loài, một nhóm loài mà còn thể hiện ở sự biến đổi về số lượng, cấu trúc quần thể các loài chỉ thị
- Cá thể sinh vật chỉ thị là những dấu hiệu mang tính chỉ thị về sinh lý, sinh hóa, tập tính, tổ chức tế bào của cá thể sinh vật chỉ thị.

Có thể rút ra một số ý tưởng cơ bản, quan trọng về tính chất chỉ thị của sinh vật (bioindication) và sinh vật chỉ thị (bioindicator) như sau:

- Tính chỉ thị môi trường của sinh vật dựa trên khả năng chống chịu của sinh vật với yếu tố vô sinh của môi trường sống, trong tác động tổng hợp của chúng. Do vậy, muốn sử dụng một loài sinh vật làm chỉ thị, cần hiểu biết đầy đủ về đặc tính sinh thái của loài, các chuẩn môi trường sống đối với loài đó.
- Tính chỉ thị môi trường của sinh vật được thể hiện ở các bậc khác nhau: cá thể, quần thể, nhóm loài, quần xã.
- Phương pháp sinh học trong giám sát môi trường, sử dụng sinh vật chỉ thị đánh giá môi trường có thuận lợi, hiệu quả hơn so với phương pháp lý hóa học nhờ khai thác khả năng tích tụ các chất ô nhiễm trong cơ thể sinh vật và giá trị biểu thị tác động tổng hợp các yếu tố môi trường của sinh vật.

Các tác giả đã xác định một số tiêu chuẩn cơ bản để chọn sinh vật chỉ thị :

- Đã được định loại rõ ràng, dễ nhận dạng;
- Dễ thu mẫu ngoài thiên nhiên, có số lượng nhiều, kích thước vừa phải;
- Có phân bố rộng (tối ưu là phân bố toàn cầu);
- Có nhiều dẫn liệu về sinh thái cá thể của đối tượng qua thử nghiệm sinh học;
- Có giá trị kinh tế (hoặc là nguồn dịch bệnh);
- Có khả năng tích tụ các chất ô nhiễm;
- Dễ nuôi trong phòng thí nghiệm;

- Ít biến dị.

Cấu trúc quần xã, và mật độ (quần xã, quần thể sinh vật chỉ thị): được sử dụng trên cơ sở đặc tính thay đổi cấu trúc thành phần loài, tỷ lệ về mật độ giữa các nhóm sinh vật.

Chỉ số ưu thế: sử dụng một số nhóm loài đặc trưng phát triển ưu thế về số lượng và tần xuất.

Chỉ số đa dạng: Các chỉ số đa dạng được tính theo nhiều công thức của các tác giả đưa ra như Chỉ số Shannon & Weaver (H'), Margalef (D), chỉ số đa dạng cá (α).

Bảng 7.10. Xếp hạng chất lượng nước theo chỉ số đa dạng

Chỉ số đa dạng	Chất lượng nước
< 1	Rất ô nhiễm
1 - 2	Ô nhiễm
> 2 - 3	Hơi ô nhiễm
> 3 - 4,5	Sạch
> 4,5	Rất sạch

Nguồn: Stau et al., (1970).

Chỉ số sinh học tổ hợp (Integrated Biological Index - IBI)

Chỉ số này thường được sử dụng trên cơ sở tính toán cho nhóm cá. Chỉ số tổ hợp sinh học cá (IBI) đã phát triển và được ứng dụng rộng rãi ở Bắc Mỹ. Ngày nay, chỉ số IBI đang được cải tiến và phát triển ở một số nước khác như ở Pháp (Oberdorff và Hughes, 1992), ở Ấn Độ (Ganasan và Hughes). Trong quá trình nghiên cứu phát triển lý thuyết và nguyên lý tính IBI phải kể đến Karr et al (1986), Hughes và Gammon (1987), Oberdorff và Hughes (1992), Lyon et al. (1995). Chỉ số IBI bao gồm 12 chỉ số cần được tính đến đó là:

1. Tổng số loài cá bản địa.
2. Số loài cá vược *Percidae*.
3. Số loài cá *Centrarchidae*.
4. Số loài cá *Catostomidae*.
5. Số loài cá nhạy cảm với thay đổi môi trường.

6. Phần trăm số cá thể các loài cá chịu đựng tốt với môi trường.
7. Phần trăm số cá thể ăn tạp.
8. Phần trăm số cá thể ăn động vật phù du đặc biệt là ăn côn trùng nước.
9. Phần trăm số cá thể là cá dữ (ăn cá).
10. Tàn số bị đánh bắt (số cá bắt được trung bình trên một đơn vị khai thác ở các sinh cảnh lớn ven bờ).
11. Phần trăm số cá thể là cá lai.
12. Phần trăm số cá thể bị bệnh, bị u, bị hồng vân, và các bất thường khác.

Cả 12 chỉ số trên được đánh giá theo thang điểm: xấu (1 điểm), trung bình (3 điểm), tốt (5 điểm). Các thủy vực được đánh giá theo 6 mức độ (Karr et al, 1986):

- Môi trường rất tốt khi đạt 58-60 điểm, đặc trưng là không có tác động của con người; Có tất cả các loài cá sống trong vùng nước đặc trưng cho sinh cảnh và cỡ tuổi bao gồm hầu như tất cả các loài cá nhạy cảm và tồn tại đầy đủ các thể hệ và ở tất cả hai giống, ổn định cấu trúc chuỗi dinh dưỡng.
- Môi trường tốt khi đạt 48-52 điểm, đặc trưng bởi sự giàu có thành phần loài nhưng dưới mức mong đợi, đặc biệt là mất đi những loài nhạy cảm nhất với môi trường thay đổi, một số loài ít hơn mức tối ưu hoặc phân bố kích thước (cỡ cá); Cấu trúc chuỗi dinh dưỡng có dấu hiệu bị ức chế.
- Môi trường trung bình khi đạt 39-44 điểm, đặc trưng bởi có dấu hiệu suy thoái bổ sung bao gồm số dạng loài nhạy cảm ít đi, cấu trúc chuỗi dinh dưỡng bị thu hẹp (như tăng tần suất của các loài ăn tạp), các lứa tuổi trên của các loài cá dữ trở nên hiếm.
- Môi trường xấu khi đạt 28-35 điểm, đặc trưng bởi có các loài cá ăn tạp, cá chịu đựng tốt với môi trường bị ô nhiễm chiếm ưu thế và các loài sống trong sinh cảnh, một ít loài ăn sinh vật chết bậc cao, tốc độ sinh trưởng và điều kiện sống nhìn chung suy giảm, cá lai tạo và cá bị bệnh thường hay gặp.

Bảng 7.11. Chỉ số tổ hợp sinh học cá (IBI)

Các tiêu chí	Các chỉ số tổ hợp	Cách tính điểm		
		5	3	1
I. Thành phần cấu tạo quần xã	1. Tổng số loài cá	phong phú	vừa phải	ít,hiếm
	2. Số loài cá đáy - gần đáy	phong phú	vừa phải	ít,hiếm
	3. Số loài cá nổi - sống ở tầng nước	phong phú	vừa phải	ít,hiếm
	4. Số loài cá bóng	> 3	2-3	0
	5. Số loài cá da trơn (lăng, chiêm, nheo, lươn, chạch, trê,...)	> 4	2-4	< 2
	6. Số loài cá nhảy cảm	> 4	2-4	< 2
II. Cấu trúc dinh dưỡng	7. % số cá thể ăn tạp	< 35	35-60	> 60
	8. % số cá thể ăn ĐVKXS, côn trùng	> 50	25-50	< 25
	9. % số cá thể cá dữ ăn ĐVCXS, tôm	> 5	2-5	< 2
III. Cấu trúc chức năng, phong phú và điều kiện môi trường	10. Tổng số cá thể cá	nhiều	vừa phải	hiếm,ít
	11. % số cá thể lai tạp, ngoại nhập	< 2	2-8	> 8
	12. % số cá thể bị bệnh, dị tật, u, hồng vân, và các khuyết tật khác	< 2	2-5	> 5

- Môi trường rất xấu khi đạt 12-22 điểm, đặc trưng là cá ít mà đại bộ phận là các loài cá du nhập vào hoặc các loài chịu đựng tốt với môi trường ô nhiễm, thường gặp các dạng cá lai, cá mắc các bệnh, cá bị nhiễm ký sinh, cá bị hồng vân và các khuyết tật khác.
- Môi trường đặc biệt ô nhiễm rất nặng, không có cá.

1.4.3. Sử dụng động vật đáy cỡ lớn (Macrobenthos) để đánh giá nhanh chất lượng nước

Nhóm động vật đáy cỡ lớn từ lâu đã là đối tượng được nghiên cứu sử dụng trong sinh giám sát môi trường nước, bởi đây là một nhóm đa dạng có chu kỳ sống khá lâu. Các loài động vật đáy sống tĩnh tại có phản ứng mạnh và thường có thể dự báo các ảnh hưởng đến môi trường. Nhóm động vật đáy cỡ lớn ở sông suối và hồ đã sớm được sử dụng trong sinh giám sát ô nhiễm hữu cơ. Trên cơ sở các nhóm động vật đáy, hệ thống tính điểm số BMWP (Biological Monitoring Working Party) (Armitage et al., 1983) đã được các nhà sinh thái học Anh sử dụng để tiêu chuẩn hóa việc đánh giá chất lượng nước. Hệ thống điểm BMWP đang hiện hành một số bảng tính điểm. Trong đó, có hệ áp dụng ở Anh (theo Armitage et al., 1983) gọi là hệ tính điểm BMWP^{Anh}, một hệ khác được cải tiến và áp dụng ở Thái Lan (theo Stephan Mustow, 1997) gọi là hệ tính điểm BMWP Thái

Ở Việt Nam, trong khuôn khổ hợp tác giữa một số cơ sở nghiên cứu của Anh như Hội Nghiên cứu thực địa và Viện Sinh thái nước ngọt với Khoa Sinh học Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội, các nhà khoa học hai nước đang nghiên cứu, điều chỉnh hệ thống tính điểm BMWP phù hợp với Việt Nam. Tập hợp các hệ thống tính điểm đã có, hệ thống tính điểm BMWP^{Vietnam} phù hợp với đặc điểm khu hệ ĐVKXS và điều kiện môi trường tự nhiên của Việt Nam đã được đề xuất và sử dụng thử để tính toán và phân hạng chất lượng nước trong một số đề tài. Hệ thống này sử dụng bậc phân loại (taxon) động vật đáy chỉ tới họ.

- Một số họ động vật đáy được lựa chọn tham gia một lần tính điểm bao gồm các họ có tính nhạy cảm cao nhất (tương đương với điểm cao nhất - điểm 10) sau đó là các họ có tính nhạy cảm giảm dần và cuối là các họ có khả năng thích nghi với điều kiện môi trường thay đổi (tương đương với số điểm thấp nhất - điểm 1).
- Sau khi tổng hợp các kết quả phân tích và định loại từ các mẫu vật thu được ta sử dụng phương pháp tính toán theo hệ thống tính điểm BMWP và tài liệu hướng dẫn sử dụng chỉ thị sinh học để đánh giá chất lượng nước.

- Điểm số của BMWP được tính như sau:
 - Mẫu vật sau khi thu thập được tại các thủy vực, tiến hành phân loại và nhận biết chúng. Lập ra một bảng danh sách các ĐVKXS cỡ lớn thu được tại khu vực lấy mẫu.
 - Dựa vào thành phần các họ tương ứng với các họ có mặt trong bảng tính điểm BMWP để tính theo từng họ (Bảng tính điểm BMWP), nếu họ nào không có trong bảng tính điểm thì có thể bỏ qua.
 - Cộng tất cả các điểm số thu được từ mỗi họ tại từng điểm nghiên cứu ta sẽ được điểm số tổng cộng BMWP.
 - Sau khi có điểm tổng cộng BMWP, tính điểm số trung bình hay còn gọi là ASPT (Average Score Per Taxon) bằng cách lấy tổng số điểm chia cho tổng số họ đã tham gia tính điểm. Điểm số ASPT là chỉ số sinh học tương ứng với một mức chất lượng nước. Chỉ số này trong khoảng từ 1-10.

Bảng 7.12. Hệ thống điểm BMWP^{Vietnam} sử dụng cho Việt Nam

	Tên taxon động vật KXS ở đáy	Điểm
a)	Ephemeroptera : Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potaminiidae, Ephemeridae (mayflies)	10
b)	Plecoptera : Leuctridae, Perlidae, Perlodidae (Stoneflies)	
c)	Hemiptera : Aphelocheiridae (bugs)	
d)	Odonata : Amphipterygidae (damselflies and Dragonflies)	
e)	Trichoptera : Phryganeidae, Molannidae, Odontoceridae/Brachycentridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae (caddis-flies)	

a)	Crustacea : Potamidae (crabs),	8
b)	Trichoptera : Psychomyiidae, Philopotamidae (caddis-flies)	
a)	Ephemeroptera : Caenidae (mayflies)	7
b)	Plecoptera : Nemouridae (stoneflies)	
c)	Trichoptera : Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae (Caddis-flies)	
a)	Mollusca : Neritidae, Ancyliidae (snails)	6
b)	Crustacea: Atyidae, Palaemonidae (Prawns, Shrimps)	
c)	Trichoptera : Hydroptilidae (caddis-flies)	
d)	Odonata : Lestidae, Agriidae (Calopterygidae), Gomphidae, Cordulegastridae, Aeshnidae, Corduliidae/Libellulidae, Coenagrionidae/Platycnemidae, Chlorocyphidae, Macromidae (dragonflies)	
a)	Hemiptera : Veliidae, Mesovelidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Belostomatidae, Hebridae, Pleidae, Corixidae (bugs)	5
b)	Coleoptera : Haliplidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Helodidae, Dryopidae, Elmidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Psephenidae, Ptilodactylidae (beetles)	
c)	Trichoptera : Hydropsychidae (caddis-flies)	
d)	Diptera : Tipulidae, Simuliidae (dipteran flies)	
e)	Platyheminthes : Planariidae (Dugesidae) (triclads)	
f)	Mollusca : Viviparidae, Amblemidae (bivalves)	
a)	Ephemeroptera : Baetidae/Siphonuridae (mayflies)	4
b)	Megaloptera : Sialidae, Corydalidae (alderflies and dobsonflies)	

c)	Mollusca: Ampullariidae, Corbiculidae, Unionidae (snails, bivalves)	
d)	Oligochaeta : Piscicolidae (leeches)	
a)	Mollusca : Hydrobiidae (Triculinea), Bithyniidae, Lymnaeidae, Planorbidae, Pachychilidae, Thiaridae, Sphaeriidae (Pisidiidae) (snails)	3
b)	Oligochaeta : Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae (leeches)	
c)	Crustacea : Parathelphusidae (crabs)	
d)	Odonata : Protoneuridae (dragonflies)	
a)	Dipetra : Chironomidae (Diptera)	2
a)	Oligochaeta (whole class)	1

Nguồn: Stepan Mustow, 1997; Nguyen Xuan Quynh, Mai Dinh Yen, Cliver Pinder, Steve Tilling, 2000 có sửa đổi.

Bảng 7.13. Xếp loại mức độ ô nhiễm các thủy vực theo hệ thống điểm BMWP

Thứ hạng	Chỉ số ô nhiễm (ASPT) hay chỉ số sinh học (Bio-index)	Đánh giá chất lượng nước
I	10 - 8	Không ô nhiễm, nước sạch
II	7,9 - 6	Ô nhiễm nhẹ (Oligosaprobe)
III	5,9 - 5	Ô nhiễm vừa (β Mesosaprobe)
IV	4,9 - 3	Khá ô nhiễm (α Mesosaprobe)
V	2,9 - 1	Ô nhiễm nặng (Polysaprobe)
VI	0	Ô nhiễm rất nặng (không có Động vật KXS)

Nguồn : Environment Agency, UK, 1997.

Qua việc áp dụng hệ thống điểm BMWP^{Vietnam} và điểm sinh học trung bình ASPT cho việc phân hạng chất lượng nước một số thủy vực nước chảy phía bắc Việt Nam, có một số nhận xét sau:

- Hầu hết các thủy vực sông suối miền núi đều có giá trị ASPT tương ứng từ mức *Ô nhiễm nhẹ* đến *Khá ô nhiễm*. Không có điểm khảo sát nào có môi trường nước đạt mức *Không bị ô nhiễm (nước sạch)*. Trong khi đó, các kết quả phân tích môi trường nước thông qua các chỉ số thủy lý hóa chỉ danh ô nhiễm hữu cơ tại hầu hết các thủy vực ở đây cho thấy chất lượng nước đều dưới mức giới hạn cho phép nhiều lần theo Tiêu chuẩn Việt Nam. Điều đó cho thấy các mức phân hạng môi trường nước các thủy vực sông suối theo hệ thống điểm BMWP có thể sử dụng để cảnh báo về chất lượng môi trường sinh thái thủy vực.
- Giá trị điểm tính được phụ thuộc khá nhiều vào chất lượng lấy mẫu và kích thước mẫu. Một quy trình lấy mẫu nhất quán sẽ cho điểm số ASPT chính xác và tin cậy. Kích thước mẫu lớn cho tổng số điểm cao, nhưng điểm ASPT có thể không cao, do số lượng các taxon tham gia tính điểm nhiều, trong đó nhiều họ thường có điểm chuẩn không cao. Điều đó cho thấy điểm BMWP có thể bị ảnh hưởng bởi tính mùa vụ hoặc điều kiện tự nhiên, trong khi đó, điểm ASPT sẽ ít bị tác động hơn.
- Hệ thống tính điểm áp dụng cho Anh, Thái Lan và hệ thống tính điểm cải tiến áp dụng cho Việt Nam đưa ra giá trị điểm trung bình cho những taxon tham gia tính điểm (ASPT) không chênh lệch nhau nhiều. Điều đó cho thấy có thể cải tiến hệ thống tính điểm (thay thế các họ không có bằng các họ phổ biến, thay đổi điểm chuẩn cho một số họ) để phù hợp với đặc điểm riêng về khu hệ cũng như tiêu chuẩn môi trường của mỗi quốc gia và từng vùng.
- Ở một số quốc gia như Bỉ, lấy điểm sinh học > 6 là giới hạn chấp nhận với tiêu chuẩn nước mặt cho năm 1995. Ở Việt Nam hiện nay, đề xuất điểm sinh học giới hạn cho tiêu chuẩn nước mặt để phân đầu là > 5 , tương ứng với chất lượng nước ở mức ô nhiễm vừa (β Mesotrobic)
- Cuối cùng, do yêu cầu phân tích chỉ đến bậc phân loại là họ, nên việc thu mẫu, phân tích và tính điểm theo hệ thống BMWP là

không khó khăn nhiều cho nhân viên phân tích (không phải là một nhà phân loại học) nếu được qua một khóa tập huấn ngắn.

2. Quản lý nguồn nước trên cơ sở quản lý tổng hợp vùng lưu vực sông

Trong các nghiên cứu gần đây về quản lý nguồn nước cần để duy trì môi trường nước và các hệ sinh thái thủy vực, đặc biệt các thủy vực nước chảy, các hướng nghiên cứu quản lý tổng hợp vùng lưu vực sông (QLTHLVS) (Integrated River Basin Management-IRBM) được đề xuất và thực hiện.

2.1. Khái niệm

Quản lý tổng hợp lưu vực sông: là một khái niệm bao hàm ý nghĩa phối kết hợp sự bảo vệ, quản lý và phát triển tài nguyên nước, đất và tài nguyên liên quan khác trong vùng lưu vực sông, nhằm tối ưu hóa các lợi ích kinh tế và xã hội (như cầu cấp nước, tưới tiêu, thủy điện, giao thông, du lịch, môi trường và đa dạng sinh học) có được từ tài nguyên nước một cách hợp lý, trong khi vẫn gìn giữ và khi cần thiết thì khôi phục lại những hệ sinh thái thủy vực nước ngọt (Global Water Partnership Technical Advisory Committee, No.4, 2000).

2.2. Tình hình quản lý tổng hợp lưu vực sông trên thế giới

QLTHLVS dựa trên nguyên lý xem các hệ sinh thái trên lưu vực sông có các chức năng tự nhiên như đất ngập nước, nguồn nước ngầm là tài nguyên nước ngọt. Bởi vậy, quản lý lưu vực sông cần phải duy trì các hệ sinh thái với những chức năng tự nhiên đó. Các vùng lưu vực sông biến động theo không gian và thời gian, bất kỳ một sự can thiệp quản lý đơn lẻ nào cũng sẽ có tác động đến hệ.

Xuất phát từ ý nghĩa đó, việc thành lập các cơ quan liên quan QLTHLVS đã được thực hiện ở các nước phát triển từ trên một thế kỷ nay ở Châu Âu, từ hàng chục năm nay ở Mỹ và Úc. Tại các nước này, việc QLTHLVS đã có những thành công nhằm khai thác hiệu quả nguồn nước đồng thời bảo vệ môi trường nước và các hệ sinh thái trong vùng lưu vực.

Trên thế giới, *Nhà đương cục thung lũng sông Tennessee* (The Tennessee Valley Authority-TVA) ở Hoa Kỳ cho đến nay là một

hình mẫu được biết đến nhiều nhất về phát triển và QLTHLVS một cách toàn diện. Cơ quan này được thành lập từ 1933 và được đích thân tổng thống Mỹ thời đó là Franklin. D. Roosevelt bảo trợ và xây dựng. Ngay từ những năm đầu khi mới thành lập, TVA có ý tưởng quản lý một cách độc lập tài nguyên nước, xây dựng và quản lý các công trình đập trên sông Tennessee với vùng lưu vực rộng lớn 105.930km² trên một diện tích của bảy bang ở đông nam Hoa Kỳ. Trong 12 năm kể từ khi thành lập, TVA đã thiết lập được khung thể chế và xây dựng các công trình hạ tầng cơ sở như hệ thống các đập nước và hồ chứa đa mục tiêu, sớm có hiệu quả nhằm cải thiện nông nghiệp, sử dụng đất, lâm nghiệp để bảo tồn và duy trì tốt môi trường sống.

Hệ thống kiểm soát nước của TVA hiện nay bao gồm 54 đập và hồ chứa hoạt động tổng hợp đa chức năng. Mục tiêu chính là giao thông thủy, kiểm soát lụt, phát điện, hạn chế dòng chảy để duy trì chất lượng nước và nơi cư trú của thủy sinh vật. Ngoài ra, hồ chứa cung cấp nước làm mát cho các nhà máy điện hạt nhân và nhiệt điện. Mặc dầu các dự án của TVA phục vụ đa mục tiêu nhưng các dự án chính được phân hạng bởi các mục tiêu cơ bản mà theo đó để xây dựng. Trong 65 năm hoạt động, kể từ khi thành lập từ năm 1933 cho đến 1998, TVA đã có nhiều thành công và cũng có một số thất bại trong việc phát triển và quản lý một cách toàn diện vùng lưu vực sông Tennessee.

Thời gian sau này, QLTHLVS cũng đã được các quốc gia đang phát triển khác quan tâm với các mức độ khác nhau, tùy theo vấn đề sử dụng nguồn nước. Ở Trung Quốc, ngay từ những năm 1950, ủy ban quản lý lưu vực các sông lớn: Dương Tử, Hoàng Hà đã được thành lập nhằm quy hoạch khai thác sử dụng các sông này cho các mục tiêu thủy điện, hạn chế lũ lụt, giao thông thủy. Tuy nhiên ủy ban này nhanh chóng bỏ rơi các chương trình to lớn, chỉ hạn chế cho việc kiểm soát ngập lụt.

Ở Ấn Độ, cũng thành lập một mô hình quản lý sông Damodar (Damodar Valley Authority-DVA) với mong muốn hoạt động giống như TVA. Nhưng sau 40 năm kể từ khi thành lập, cơ quan này cũng chỉ có thể quản lý các nhà máy nhiệt điện trên vùng lưu vực. Ở Srilanka, Ban quản lý tài nguyên nước cũng đã được thành lập từ năm 1964 cũng với các mục tiêu thúc đẩy quy hoạch sử dụng nguồn

nước. Đối với các sông quốc tế như sông Mê Kông, đã thành lập các cơ quan quản lý chung như ủy ban sông Mê Kông gồm các nước Trung Quốc, Lào, Thái Lan, CamPuChia và Việt Nam.

3. Quản lý hồ, hồ chứa và đảm bảo dòng chảy môi trường

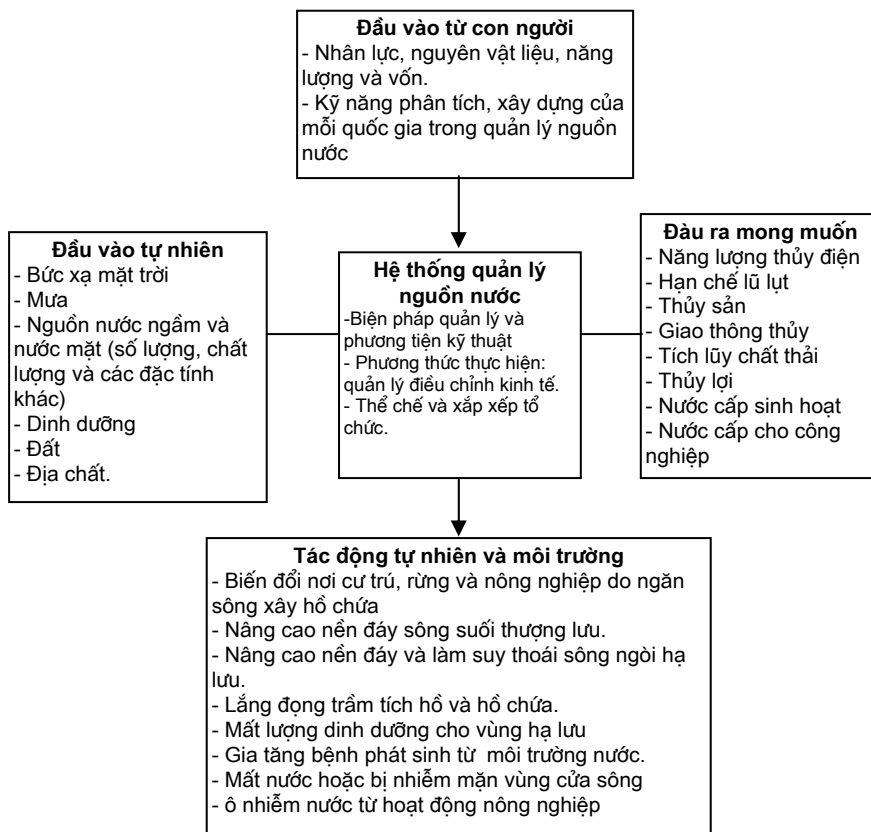
3.1. Quản lý

Hồ và hồ chứa có nhiều vai trò trong phát triển kinh tế - xã hội: trữ nước, thủy điện, thủy lợi và điều tiết nguồn nước, cấp nước sinh hoạt và công nghiệp, khai thác và nuôi thủy sản, vui chơi - giải trí, chứa nước thải... Do ý nghĩa và tầm quan trọng của chúng như vậy nên nhiều nước trên thế giới đã rất quan tâm nghiên cứu để khai thác và quản lý hồ ở nhiều khía cạnh khác nhau:

- Đánh giá chất lượng môi trường, sự cân bằng nước và tải lượng dinh dưỡng.
- Nghiên cứu áp dụng các mô hình như là những công cụ quản lý, kiểm soát, giám sát nguồn nước.
- Duy trì dòng chảy môi trường cho vùng hạ lưu.
- Quy hoạch quản lý toàn diện môi trường hồ: khung luật pháp, nghiên cứu khoa học, đa dạng sinh học, sự phú dưỡng (eutrophication), quản lý nghề cá, diễn thế sinh thái, nâng cao đời sống cộng đồng vùng lưu vực (giảm đói nghèo), mối quan hệ giữa hoạt động nhân tác trên vùng lưu vực và chất lượng nước hồ, giám sát chất lượng nước...

Ủy ban môi trường hồ quốc tế (International Lake Environment Committee - ILEC) đã được thành lập từ năm 1986, cứ hai năm một lần, tổ chức một hội nghị quốc tế với các mục tiêu trao đổi thông tin, số liệu và kinh nghiệm trong các lĩnh vực nghiên cứu khoa học, quản lý lưu vực hồ, môi trường và bảo tồn đa dạng sinh vật hồ. Năm 2005, ILEC phối hợp với Bộ Tài nguyên nước và Thủy lợi Kenya sẽ tổ chức ở Kenya một hội nghị quốc tế với chủ đề *Quản lý lưu vực hồ cho sử dụng chúng một cách bền vững: Những kinh nghiệm toàn cầu và các vấn đề ở Châu Phi*. Điều đó cho thấy cũng như đối với quản lý lưu vực sông, trên toàn thế giới, việc quản lý vùng lưu vực

hồ cũng là phương thức chủ đạo cho việc quản lý và khai thác, sử dụng hồ hiện nay.



Hình 7.9. Sơ đồ hệ thống quản lý nguồn nước
(Theo Bower và Hufschmidt, 1984)

Sự phát triển nhanh chóng về kinh tế - xã hội trên vùng lưu vực sông/hồ ngày càng tăng các mối đe dọa tới chất lượng môi trường hồ. Sự phát triển nông nghiệp, công nghiệp, tình trạng thảm thực vật rừng... là những yếu tố tác động quan trọng tới môi trường hồ về mọi mặt. Như vậy, đã rõ ràng là việc quản lý hồ/hồ chứa cần phải được thực hiện trên cơ sở quản lý tổng hợp vùng lưu vực sông/hồ hoặc hồ chứa. Từ nhận thức đó, phương hướng tiếp cận với quản lý vùng lưu vực sông/hồ và hồ chứa là giải pháp cần tiến hành khi quản lý hồ/hồ chứa. Trong việc quản lý tổng hợp vùng lưu vực sông/hồ, khía cạnh kinh tế - xã hội đã được đề cập tới như những

yếu tố cơ bản tác động tới hồ/hồ chứa ở các mặt tài nguyên nước và quần xã thủy sinh vật.

Trong hướng nghiên cứu khoa học về đầm hồ học (limnology) hiện nay, một số các khái niệm mới được đề cập như sự *phân phối nước* (water allocation) và *dòng chảy môi trường* (environmental flows). Trong đó, đáng lưu ý là dòng chảy môi trường được xem là khối lượng nước đi ra từ sông/hồ hoặc hồ chứa có khả năng duy trì và khôi phục các giá trị sinh thái đặc trưng.

Một số trường hợp cụ thể

Sự quản lý hồ Dianchi - Trung Quốc

Hồ Dianchi là hồ nước ngọt ở Côn Minh (tỉnh Vân Nam). Khoảng 100 năm trước, diện tích mặt hồ Dianchi hơn 500km². Ngày nay, diện tích hồ chỉ còn 307km². Theo đánh giá, sự suy giảm diện tích hồ do suy giảm diện tích rừng trên vùng lưu vực nên làm tăng sự xói mòn, lắng đọng trầm tích lòng hồ. Một nguyên nhân khác làm suy giảm dung tích hồ là chính sách sai lầm trong những năm 1950-1970: gia tăng việc khai hoang diện tích đất trên vùng lưu vực để trồng các loại cây cho hạt (ngũ cốc), đồng thời thúc đẩy phát triển công nghiệp nặng, phát triển đô thị tập trung nhưng không chú trọng đến vấn đề môi trường. Nước thải, chất thải rắn không xử lý đổ vào hồ.

Để xây dựng một chiến lược quản lý sinh thái vùng lưu vực hồ, năm 1998, sắc lệnh bảo vệ hồ Dianchi được ban hành. Để thực hiện sắc lệnh này, một kế hoạch toàn diện cho việc đổi mới hồ Dianchi được xây dựng một năm sau đó. Theo đó, một lộ trình 3 giai đoạn làm đổi mới hồ được thực hiện trong 20 năm với các công việc cơ bản như khôi phục rừng, xây dựng 5 nhà máy xử lý nước thải... Một cơ quan là ủy ban bảo vệ hồ Danchia được thành lập để quản lý, điều phối các dự án đổi mới. Một số chính sách mới được ban hành như quy định phí sử dụng nước, tiêu chuẩn chất lượng nước và giấy phép sử dụng nước đã được đề ra.

Hồ Biwa (Nhật Bản)

Hồ Biwa là hồ lớn nhất ở Nhật Bản, diện tích mặt hồ 674km², dung tích 27,5tỷ m³. Hồ có chức năng cấp nước sinh hoạt, công nghiệp, thủy điện và thủy lợi. Diện tích vùng lưu vực gấp 4,7 lần

so với diện tích hồ bao gồm 60% diện tích là đồi núi có rừng, 25% đất nông nghiệp, còn lại là đô thị và công nghiệp. Trong lịch sử, ở đây đã có những xung đột về sử dụng và quản lý nước giữa vùng thượng lưu và hạ lưu, kiểm soát ngập lụt, phát triển nguồn nước, quản lý chất lượng nước. Để giải quyết các xung đột này, chính phủ Trung ương đã thực hiện một số đề án như: Xây dựng, chỉnh trị các công trình kiểm soát dòng chảy vào và ra của hồ Biwa; Xây dựng một kế hoạch phát triển toàn diện cho hồ Biwa nhằm phát triển nguồn nước cấp; Thành lập một dự án cải thiện môi trường chất lượng nước hồ Biwa.

Hồ Victoria ở Kenya

Hồ Victoria là hồ nước ngọt lớn thứ hai trên thế giới, nằm ở giữa lục địa Phi Châu, có diện tích mặt nước 68.800km², Diện tích vùng lưu vực rộng tới 184.000km² phủ trên lãnh thổ của ba nước Kenya, Uganda và Tanzania. Các mối đe dọa chủ yếu đối với hồ là sự suy giảm chất lượng nước qua sự phú dưỡng bởi dòng chảy giàu dinh dưỡng từ vùng lưu vực có mật độ dân cư cao và nông nghiệp phát triển. Mặt khác, các loài bèo phát triển dày đặc làm giảm đi tính nhạy cảm sinh thái của hồ và ngăn cản nghề bắt cá. Trong số các mối đe dọa lớn thì tỷ lệ phát triển dân số với nhiều hoạt động trong vùng lòng hồ cũng như ở trên vùng lưu vực đã dẫn tới sự xung đột làm môi trường hồ không bền vững.

Cộng đồng dân cư ở đây sống nhờ khai thác nguồn cá trong hồ. Trong số 50 loài cá ở đây có tới 23 loài đặc hữu, 1 giống đặc hữu. Tuy nhiên, sự khai thác quá mức, sự phú dưỡng làm giảm lượng ô xy hòa tan, sự di nhập các loài cá đã làm tuyệt chủng một số loài cá bản địa. Sự di nhập loài cá Perch sông Nile đã làm chuyển nghề cá ở đây sang xuất khẩu hàng hóa hơn là cung cấp thực phẩm cho địa phương. Một nửa số loài cá bản địa ở đây đã bị tuyệt chủng, 30 triệu cư dân địa phương sống nhờ nguồn cá hồ đang lâm vào cảnh khó khăn.

Xuất phát từ thực tế trên, ngay từ 1994 đã có hiệp định ba bên (Kenya, Uganda và Tanzania) về hợp tác xây dựng một kế hoạch hành động chiến lược, nhằm giải quyết các vấn đề tồn tại của hồ Victoria. Trong thời gian tới, một dự án *quản lý môi trường hồ Victoria* cũng sẽ được thực hiện với các đề mục: Quản lý nghề cá; Nghiên cứu nghề cá, Sinh học cá và bảo tồn ĐDSH; Nghề nuôi thủy

sản; Cơ sở dữ liệu về kinh tế - xã hội; Đánh giá trữ lượng cá; Quản lý chất thải công nghiệp, nông nghiệp và đô thị; Kiểm soát môi trường nước; Quản lý sử dụng đất trên vùng lưu vực.

3.2. *Bảo đảm dòng chảy môi trường cho vùng hạ lưu*

Các dòng sông cũng như các hệ sinh thái thủy vực cần nước để có thể tồn tại lâu dài và cung cấp các lợi ích thiết thực cho con người. Khi sông hoặc hệ thống nước ngầm bị thiếu hụt nước thì nó không chỉ phá hủy toàn bộ hệ sinh thái thủy vực mà nó còn đe dọa đến đời sống con người và quần xã sinh vật. Do vậy, ở góc độ sinh thái, lượng nước cần cho việc duy trì cấu trúc và các chức năng của hệ sinh thái thủy vực trên lưu vực sông nhằm đảm bảo cho các hệ sinh thái tồn tại và phát triển một cách bền vững là một nhu cầu quan trọng. Đặc biệt, trong thời gian gần đây, các công trình xây dựng đập - hồ chứa nước phát triển mạnh mẽ cho các mục tiêu thủy điện, thủy lợi. Trong quá trình vận hành của các công trình hồ chứa, sự điều tiết nước cho vùng hạ lưu có thể đã không đáp ứng cho việc duy trì nguồn nước ở đó đã gây những tác động nhất định tới các hệ sinh thái ven sông vùng hạ lưu sau đập. Từ nhu cầu nguồn nước cho hệ sinh thái đã dẫn đến khái niệm *dòng chảy môi trường* (environmental flows) mà con người trong quá trình sử dụng nguồn nước cần phải duy trì trong sông để nuôi dưỡng và phát triển các hệ sinh thái ven sông, bảo vệ đa dạng sinh học và các chức năng của dòng sông.

3.2.1. *Khái niệm về dòng chảy môi trường*

Megan Dyson và các cộng sự đã định nghĩa *dòng chảy môi trường là chế độ nước cung cấp cho một con sông, đầm phá hay vùng ven biển nhằm duy trì hệ sinh thái và lợi ích của nó khi có sự cạnh tranh nhau giữa các mục đích sử dụng nước và ở những nơi mà dòng chảy bị điều tiết.*

Theo Tổ chức bảo tồn thiên nhiên Quốc tế (IUCN) thì *dòng chảy môi trường là sự cung cấp nước trong hệ thống sông và các mạch ngầm để duy trì các hệ sinh thái và lợi ích của chúng ở hạ lưu, nơi diễn ra sự cạnh tranh về sử dụng nguồn nước và điều hòa dòng chảy.*

Tóm lại, dòng chảy môi trường là lượng nước được quản lý nhằm sử dụng cho mục tiêu bảo tồn hoặc đơn giản là bảo đảm tính

liên tục của dòng sông, làm cho các hệ sinh thái thủy vực thực hiện được các chức năng của mình.

3.2.2. Tình hình nghiên cứu dòng chảy môi trường trên thế giới

Dòng chảy môi trường đã được nghiên cứu từ khá lâu ở các nước phát triển nhưng gần đây mới được đề cập nghiên cứu ở nước ta. Phần phân tích ý nghĩa của việc nghiên cứu dòng chảy môi trường và vấn đề quản lý tổng hợp vùng lưu vực sông dưới đây dựa trên cơ sở các thông tin hiện có.

Do yêu cầu của sự phát triển mà nhu cầu sử dụng nước tăng lên không ngừng, khiến cho mâu thuẫn giữa các mục đích khai thác tài nguyên nước và bảo tồn các giá trị đa dạng sinh học của hệ sinh thái dòng sông ngày càng trở nên gay gắt. Vấn đề được đặt ra là, làm sao có thể kết hợp hài hòa giữa lợi ích kinh tế, công bằng xã hội cũng như bảo đảm một hệ sinh thái sông được duy trì cân bằng dưới góc độ môi trường - sinh thái để chúng không những đáp ứng nhu cầu cấp nước cho người sử dụng một cách công bằng nhất, mà còn cho chính sự tồn tại lâu dài của bản thân con sông đó.

Khi đó, xuất hiện một lĩnh vực nghiên cứu đang rất được quan tâm đó là đánh giá dòng chảy môi trường với mục tiêu xác định số lượng và chất lượng nước trong sông đủ để bảo vệ hệ sinh thái sông cũng như các giá trị tài nguyên khác.

Phương pháp đánh giá dòng chảy môi trường được khởi xướng đầu tiên ở phía Tây nước Mỹ vào cuối những năm 1940. Sau đó, vấn đề này phát triển rầm rộ vào những năm 1970, khi có những cơ sở pháp lý ban đầu về quy hoạch và quản lý tài nguyên nước, môi trường với những yêu cầu định lượng về dòng chảy môi trường, khi mà kỹ nguyên xây dựng các đập nước đạt tới đỉnh cao.

Trong những năm 1980, Úc, Anh, New Zealand, Nam Phi tiếp theo đó là Brazil, Tiệp, Bồ Đào Nha, Nhật cũng bắt đầu có sự phát triển mạnh mẽ về đánh giá dòng chảy môi trường. Phần còn lại của thế giới nói chung là chưa chú ý nhiều đến vấn đề này.

Tại Na Uy, trong Luật tài nguyên nước, đã đòi hỏi một dòng chảy tối thiểu khoảng 10% dòng chảy trung bình để duy trì chức năng của hệ sinh thái thủy vực ở hạ lưu sau đập. Trong năm 1984,

một số công trình thủy lợi ở Pháp đã duy trì dòng chảy môi trường bằng 1/40 dòng chảy trung bình. Tại Anh, dòng chảy môi trường là dòng chảy tự nhiên thấp nhất. Chỉ số Q_{95} (dòng tương ứng với hoặc vượt quá 95% thời gian) được sử dụng để xác định dòng chảy môi trường.

Hiện nay, trong số 44 quốc gia trên thế giới, có đến 207 phương pháp luận khác nhau về đánh giá dòng chảy môi trường. Những phương pháp này dựa trên các hướng nghiên cứu thủy văn, thủy lực, mô hình hóa môi trường sống/nơi cư trú, và một số tổ hợp các yếu tố khác nhau.

Trong các phương pháp đánh giá dòng chảy môi trường, hai phương pháp tiếp cận thủy văn (Hydrological) và phương pháp chuyên gia/chính thể luận (Holistic) được sử dụng nhiều.

- Theo phương pháp thủy văn, dạng đơn giản nhất đánh giá dòng chảy môi trường là đề xuất một dòng chảy hoặc một lượng nước tối thiểu theo một tỷ lệ phần trăm của dòng chảy xuống vùng hạ lưu để duy trì các quá trình tự nhiên và ý nghĩa sinh thái trong môi trường sống thủy vực ở đây. Tiềm ích của phương pháp này là xác định nhanh, có thể áp dụng trong giai đoạn Quy hoạch phát triển nguồn nước. Phương pháp này xác định và đánh giá dòng chảy môi trường nhằm duy trì các đặc trưng sinh thái của sông ở mức chấp nhận được, thông qua việc duy trì sự kết nối giữa các vực suối sâu đồng thời bảo đảm chất lượng nước. Theo phương pháp này, dòng chảy môi trường đề xuất là một thể tích nước hàng năm hoặc phổ biến là chế độ dòng chảy có thể thay đổi được phân phối dựa trên những sự kiện đặc biệt như sự đẻ trứng của cá.
- Phương pháp chuyên gia hoạt động trên nguyên lý phòng ngừa và sử dụng hội thảo chuyên gia với các thông tin hiện có, thay cho thu thập các số liệu hàng năm. Vì vậy mà phương pháp này được sử dụng rất rộng rãi. Theo phương pháp này, tiêu chí là xác định một dòng chảy với khả năng biến đổi của một số hoặc tất cả các dòng chảy chính của hệ sinh thái sông. Một dòng chảy biến đổi có thể được tính cho từng thời kỳ (hàng tháng) hoặc từng thành phần có thuộc tính quan trọng trong hệ thống (địa mạo, sinh thái, chất lượng nước, xã hội, văn hóa...) Nhìn chung, công

việc này cần sự tham gia của nhiều nhà chuyên môn của các ngành khác nhau.

Bảng 7.14. Đánh giá dòng chảy môi trường theo phương pháp Tennant: tỷ lệ phần trăm của dòng chảy trung bình hằng năm (AAF)

Điều kiện	Dòng chảy môi trường (tỷ lệ % dòng chảy trung bình/năm do AAF đề xuất)	
	Mùa kiệt	Mùa lũ
Trung bình hoặc suy giảm	10	30
Tốt	20	40
Rất tốt	30	50

3.2.3. Duy trì dòng chảy môi trường cho vùng sau đập hồ chứa

Các hồ chứa đều có khả năng điều tiết dòng chảy của sông, cụ thể là làm giảm đỉnh lũ trong thời gian mùa lũ và làm tăng lượng dòng chảy trong sông trong thời gian mùa cạn. Hệ thống 5 công trình thủy điện bậc thang trên sông Sê San thuộc hệ thống sông Mê Kông (Plei Krong, Yaly, Sê San 3, Sê San 3A, Sê San 4) khi hoạt động có thể làm tăng lượng dòng chảy trung bình tháng mùa cạn tại sau điểm nhập lưu của sông Sê San với sông Sa Thầy từ 1,3 đến 1,4 lần.

Tuy nhiên, hầu hết các hồ chứa thủy điện ở Việt Nam hiện nay đều vận hành điều tiết ngày đêm theo chế độ phủ đỉnh biểu đồ phụ tải điện năng của hệ thống điện quốc gia. Vì thế, trong giờ cao điểm ban ngày, các hồ đều phát điện với công suất tối đa và trong giờ thấp điểm ban đêm thì phát điện với công suất tối thiểu. Nhiều hồ đã vận hành theo chế độ 12 giờ hoạt động với công suất tối đa, còn 12 giờ ngừng hoạt động tắt cả các tổ máy để thu được hiệu quả phát điện tối đa. Điều này khiến cho trong các giờ thấp điểm vào ban đêm các ngày, sẽ không có dòng chảy xả xuống khu vực hạ lưu của hồ chứa. Vận hành điều tiết ngày như trên của các hồ thủy điện sẽ gây biến đổi dòng

chảy đột ngột cho khu vực hạ lưu, gây nên tình trạng dòng sông ở hạ lưu bị cạn kiệt nước một số giờ nhất định hàng ngày, ảnh hưởng đến việc sử dụng nước và hệ sinh thái hạ lưu. Để giảm thiểu tác động tiêu cực này, Chính phủ Việt Nam đã đồng ý cho xây dựng bổ sung một hồ điều hòa dòng chảy môi trường cho khu vực hạ lưu tại sau hồ Sê San 4, bậc thang cuối của hệ thống thủy điện trên sông Sê San (Nguyễn Văn Thắng, 2004).

Thời gian sử dụng một hồ chứa cho mục tiêu phát điện có thể là 50 năm hoặc có thể kéo dài trên 100 năm. Những biến đổi về thủy văn mà thường là lưu lượng dòng chảy thay đổi là nguyên nhân cơ bản gây tác động tới môi trường. Đời sống thủy sinh vật đã trải qua sự thích nghi hàng nghìn năm với chế độ thủy văn nhất định. Mùa mưa, nước sông cao tạo điều kiện cho sự di cư đẻ trứng của hầu hết các loài cá. Vùng ngập lụt và những đồng bằng ngập nước là một trong những nơi cư trú quan trọng của cá. Khi mùa khô đến, quần xã cá lại quay trở về những dòng sông lớn hoặc trở lại các vực suối sâu. Các hồ thủy điện với các đập chắn được xây dựng đã phá vỡ chu trình thủy văn tự nhiên mà con người và thủy sinh vật vốn đã thích ứng. Việc có đập chắn có thể làm khô cạn một số khúc sông sau đập, làm mất tính liên tục về mặt sinh thái của dòng sông, đồng thời ngăn cản các đàn cá di cư tới bãi đẻ hoặc bãi kiếm mồi. Mặt khác, sự hình thành hồ chứa thường gia tăng sự xói mòn, tăng trầm tích đáy, tác động tới chất lượng nước và đời sống thủy sinh vật.

Vấn đề then chốt của công trình thủy điện với khía cạnh bảo vệ chất lượng nước và đời sống thủy sinh vật là:

- Duy trì dòng chảy môi trường cho vùng sau đập
 - Có được một lượng nước tối thiểu qua đập
 - Điều chỉnh dòng chảy vùng sau đập tạo điều kiện thuận lợi cho sự di cư của cá.
- Giữ mực nước dao động giữa cao nhất và thấp nhất không chênh lệch nhiều, ví dụ: đối với công trình Sông Bung 4 trên hệ thống sông Vu Gia ở Quảng Nam là 4m.
- Tạo lập đàn cá hồ chứa trên cơ sở các loài bản địa.

- Xây dựng mô hình nuôi cá lồng ở hồ chứa và phổ biến cho nhân dân địa phương.

Tại Việt Nam, trong tài liệu Tiềm khả thi hồ chứa Phước Hòa, dòng chảy môi trường được đề xuất khoảng $10,2\text{m}^3/\text{s}$, tương đương với dòng chảy thấp nhất của sông Bé khi chưa có các dự án hồ chứa khác (Thác Mơ, Cần Đơn)

Trong Dự án thủy điện sông Bung 4 (Dự án do SWECO thực hiện trong năm 2005-2006 bởi tài trợ của ADB), trên cơ sở đánh giá sự xâm nhập mặn ở vùng hạ lưu sông Vu Gia - Thu Bồn và các vấn đề khác, các tác giả đã đề xuất 10% dòng chảy trung bình năm qua đập sông Bung 4 ($7,2\text{m}^3/\text{s}$) được xem là dòng chảy môi trường cho vùng hạ lưu vùng lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn. Việc sử dụng dòng chảy 10% trung bình năm là dựa trên chỉ dẫn của Ủy ban thế giới về đập (WCD) và Bộ Tài nguyên & Môi trường Việt Nam (Basberg, 2006). Tuy nhiên chỉ dẫn chính thức về dòng chảy môi trường của Việt Nam vẫn chưa được xây dựng. Để bảo đảm tính liên tục của dòng sông bao gồm dòng chảy tối thiểu cần cho cá di cư để trứng, người ta đã đề xuất dòng chảy trung bình $6,8\text{m}^3/\text{s}$, chiếm 9,4% dòng chảy trung bình năm, thấp hơn một chút so với đề nghị của nhóm nghiên cứu thủy động lực (Basberg, 2006). Đồng thời, các tác giả cũng đề xuất có thể xây dựng một tổ máy nhỏ tại chân đập để nó sản xuất một lượng điện từ dòng chảy tối thiểu.

Tại công trình thủy điện Nam Theun 2 (miền trung Lào), duy trì một dòng chảy môi trường hay là lượng nước xuống vùng sông sau đập là điều kiện bắt buộc phải thực hiện và được ghi trong điều khoản 16 của thoả thuận của Tổ hợp điện lực Nam Theun (NTPC): *Thực hiện một lượng nước tối thiểu bất biến từ hồ chứa vào sông Nam Theun, tương đương với thể tích nước hàng tuần là $2\text{m}^3/\text{s}$. Công ty bắt buộc phải sử dụng sự cố gắng hợp lý đó để bảo đảm điều đó mỗi tuần.* Thêm nữa, Hiệp định đề nghị “lượng nước bổ sung” là số lượng nước gộp chung không vượt quá 5 triệu m^3 trong bất kỳ một thời kỳ 12 tháng. Lượng nước bổ sung này là vượt quá dòng chảy tối thiểu $2\text{m}^3/\text{s}$ và chảy tràn tự nhiên trong thời kỳ tràn đầy hồ chứa. Giá trị $2\text{m}^3/\text{s}$ này tương đương với 10% dòng chảy trung bình năm tại đập Nakai ($19,4\text{m}^3/\text{s}$).

4. Quản lý môi trường biển trong quản lý tổng hợp đới bờ

Nếu trên lục địa, quan niệm chất lượng môi trường nước các thủy vực phụ thuộc rất nhiều vào việc quản lý các hoạt động kinh tế - xã hội ở trên vùng lưu vực thì tương tự, chất lượng nước biển, đặc biệt vùng biển ven bờ cũng phải chịu tác động của các hoạt động của con người ở đới bờ.

Theo định nghĩa, *Đới bờ (hay vùng bờ) là vùng biển ven bờ và đất ven biển có ranh giới phía đất liền là nơi tác động qua lại với biển không còn đáng kể và ranh giới phía biển là nơi mà các hoạt động của con người ảnh hưởng đến*. Xuất phát từ thực tế phát triển kinh tế - xã hội và hiện trạng môi trường toàn cầu, trong chương 17 của Chương trình Nghị sự 21, đã đề cập tới các vấn đề về đại dương và vùng bờ đồng thời nêu rõ sự cần thiết xây dựng và thực hiện các chương trình Quản lý tổng hợp đới bờ (QLTHĐB). Những mục tiêu cơ bản của QLTHĐB là:

- Duy trì môi trường vùng bờ với chất lượng cao nhất, xác định và bảo vệ các loài sinh vật có giá trị, xác định và bảo tồn các sinh cảnh vùng bờ quan trọng;
- Xác định các vùng đất thích hợp cho phát triển;
- Giải quyết các mâu thuẫn giữa các hoạt động tác động tới tài nguyên vùng bờ và việc sử dụng không gian;
- Xác định và kiểm soát các hoạt động gây tác hại tới môi trường vùng bờ;
- Kiểm soát ô nhiễm từ nguồn, từ dòng chảy tràn mặt và từ việc tràn hóa chất do sự cố;
- Phục hồi các hệ sinh thái bị phá hủy;
- Điều phối các nỗ lực của chính quyền trong việc tăng cường sự phát triển bền vững các nguồn tài nguyên vùng bờ;
- Đảm bảo cân bằng áp lực kinh tế và môi trường vùng bờ vì chúng tác động đến sự phát triển và sự bảo tồn các tài nguyên vùng bờ;

- Cung cấp, hướng dẫn cho việc lập kế hoạch phát triển vùng bờ nhằm giảm thiểu các tác động không thể đảo ngược;
- Đưa ra các phương án phát triển vùng bờ an toàn hơn;
- Nâng cao nhận thức, phát triển cộng đồng.

Như vậy, có thể thấy QLTHĐB bao trùm lên hầu khắp các lĩnh vực cho một mục tiêu lâu dài là phát triển kinh tế - xã hội kết hợp với bảo vệ môi trường vùng biển ven bờ. Một số các quốc gia sau khi thực hiện QLTHĐB như Trung Quốc, đã thành công khi có được các chương trình hành động cụ thể cho từng giai đoạn: phân khu chức năng cho từng vùng ven biển, kiểm soát các nguồn thải, xây dựng các cơ sở xử lý nước thải, cải thiện môi trường nước các hệ sinh thái ven bờ tiêu biểu...

Ở Việt Nam, ngay sau khi thống nhất đất nước, kể từ 1975 đến 2000, đã thực hiện năm chương trình điều tra nghiên cứu tổng hợp về biển, đặc biệt giai đoạn 1996-2000, chương trình KHCN 06 đã xây dựng một đề tài: “Nghiên cứu xây dựng phương án quản lý tổng hợp vùng bờ biển Việt Nam, góp phần đảm bảo an toàn môi trường và phát triển bền vững” (KHCN.06.07) do Phân viện Hải dương học Hải Phòng là cơ quan chủ trì thực hiện, phối hợp với nhiều cơ sở nghiên cứu khác cũng như các tổ chức quốc tế. Một trong những kết quả của đề tài này là đề xuất khung hành động: Đánh giá môi trường chiến lược; Quản lý ô nhiễm có nguồn gốc lục địa; phát triển nghề cá bền vững; phục hồi các hệ sinh thái bị tổn thương.

Trong khuôn khổ của Dự án Việt Nam - Hà Lan về quản lý tổng hợp dải ven bờ (VNICZM), chương trình hợp tác vùng bờ Việt Nam - Hà Lan (CCP) và dự án Điểm trình diễn quốc gia về quản lý tổng hợp vùng bờ tại Thành phố Đà Nẵng, Nam Định, Thừa Thiên - Huế, Bà Rịa - Vũng Tàu đã bước đầu đưa các được các khái niệm quản lý tổng hợp đới bờ vào thực tiễn nhằm khai thác bền vững các nguồn tài nguyên vùng bờ, đồng thời bảo vệ môi trường vùng đới bờ.

Phụ lục chương 7

Giá trị giới hạn cho phép của các thông số và nồng độ các chất ô nhiễm trong nước mặt (TCVN. 5942-1995)

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị giới hạn	
			A	B
1	pH	-	6 đến 8,5	5,5 đến 9
2	BOD5 (20° C)	mg/l	<4	<25
3	COD	mg/l	<10	<35
4	Oxy hòa tan	mg/l	≥6	≥2
5	Chất rắn lơ lửng	mg/l	20	80
6	Asen	mg/l	0,05	0,1
7	Bari	mg/l	1	4
8	Cadimi	mg/l	0,01	0,02
9	Chì	mg/l	0,05	0,1
10	Crom (VI)	mg/l	0,05	0,05
11	Crom (III)	mg/l	0,1	1
12	Đồng	mg/l	0,01	1
13	Kẽm	mg/l	1	2
14	Mangan	mg/l	0,1	0,8
15	Niken	mg/l	0,1	1
16	Sắt	mg/l	1	2

17	Thủy ngân	mg/l	0,001	0,002
18	Thiếc	mg/l	1	2
19	Amoniac (tính theo N)	mg/l	0,05	1
20	Florua	mg/l	1	1,5
21	Nitrat (tính theo N)	mg/l	10	15
22	Nitrit (tính theo N)	mg/l	0,01	0,05
23	Xianua	mg/l	0,01	0,05
24	Phenola (tổng số)	mg/l	0,001	0,02
25	Dầu, mỡ	mg/l	không	0,3
26	Chất tẩy rửa	mg/l	0,5	0,5
27	Coliform	MPN/100 ml	5000	10000
28	Tổng hóa chất bảo vệ thực vật (trừ DDT)	mg/l	0,15	0,15
29	DDT	mg/l	0,01	0,01
30	Tổng hoạt động phóng xạ α	Bq/l	0,1	0,1
31	Tổng số hoạt động phóng xạ β	Bq/l	1,0	1,0

Chú thích :

- Cột A áp dụng đối với nước mặt có thể dùng làm nguồn nước cấp sinh hoạt (nhưng phải qua quá trình xử lý theo quy định)
- Cột B áp dụng đối với nước mặt dùng cho các mục đích khác. Nước dùng cho nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản có quy định riêng.

Giá trị giới hạn các thông số và nồng độ chất ô nhiễm của Nước thải công nghiệp

(TCVN. 5945 – 1995)

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị giới hạn		
			A	B	C
1	Nhiệt độ	° C	40	40	45
2	pH		6 - 9	5,5 - 9	5 - 9
3	BOD 5 (20° C)	mg/l	20	50	100
4	COD	mg/l	50	100	400
5	Chất rắn lơ lửng	mg/l	50	100	200
6	Asen	mg/l	0,05	0,1	0,5
7	Cadimi	mg/l	0,01	0,02	0,5
8	Chì	mg/l	0,1	0,5	1
9	Clo dư	mg/l	1	2	2
10	Crom (VI)	mg/l	0,05	0,1	0,5
11	Crom (III)	mg/l	0,2	1	2
12	Dầu mỡ khoáng	mg/l	KPHĐ	1	5
13	Dầu động thực vật	mg/l	5	10	30
14	Đồng	mg/l	0,2	1	5
15	Kẽm	mg/l	1	2	5
16	Mangan	mg/l	0,2	1	5
17	Niken	mg/l	0,2	1	5
18	Photpho hữu cơ	mg/l	0,2	0,5	1
19	Photpho tổng số	mg/l	4	6	8

20	Sắt	mg/l	1	5	10
21	Tetracloetylen	mg/l	0,02	0,1	0,1
22	Thiếc	mg/l	0,2	1	5
23	Thủy ngân	mg/l	0,005	0,005	0,01
24	Tổng nito	mg/l	30	60	60
25	Tricloetylen	mg/l	0,05	0,3	0,3
26	Amoniac (tính theo N)	mg/l	0,1	1	10
27	Florua	mg/l	1	2	5
28	Phenola	mg/l	0,001	0,05	1
29	Sulfua	mg/l	0,2	0,5	1
30	Xianua	mg/l	0,05	0,1	0,2
31	Coliform	MPN /100 ml	5000	10000	-
32	Tổng hoạt động phóng xạ α	Bq/l	0,1	0,1	-
33	Tổng số hoạt động phóng xạ β	Bq/l	1,0	1,0	-

Chú thích :

- Nước thải công nghiệp có giá trị các thông số và nồng độ các chất thành phần bằng hoặc nhỏ hơn giá trị quy định trong cột A có thể đổ vào các thủy vực dùng làm nguồn nước cấp sinh hoạt.
- Nước thải công nghiệp có giá trị các thông số và nồng độ các chất thành phần bằng hoặc nhỏ hơn giá trị quy định trong cột B chỉ được đổ vào các vực nước dùng cho mục đích giao thông, thủy lợi, bơi lội, nuôi thủy sản, trồng trọt...
- Nước thải công nghiệp có giá trị các thông số và nồng độ các chất thành phần lớn hơn giá trị quy định trong cột B nhưng

không vượt quá giá trị quy định trong cột C chỉ được phép đổ vào các nơi quy định.

- Nước thải công nghiệp có giá trị các thông số và nồng độ các chất thành phần lớn hơn giá trị quy định trong cột C thì không được phép thải đổ ra môi trường.

Giá trị giới hạn cho phép của các thông số và nồng độ các chất ô nhiễm trong nước ngầm (TCVN. 5944 – 1995)

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị giới hạn
1	pH		6,5 đến 8,5
2	Màu	Pt - Co	5 đến 50
3	Độ cứng (tính theo CaCO ₃)	mg/l	300 đến 500
4	Chất rắn tổng số	mg/l	750 đến 1500
5	Asen	mg/l	0,05
6	Cadimi	mg/l	0,01
7	Clorua	mg/l	200 đến 600
8	Chì	mg/l	0,05
9	Crom (VI)	mg/l	0,05
10	Xianua	mg/l	0,01
11	Đồng	mg/l	1,0
12	Florua	mg/l	1,0
13	Kẽm	mg/l	5,0
14	Mangan	mg/l	0,1 đến 0,5
15	Nitrat	mg/l	45
16	Phenola	mg/l	0,001
17	Sắt	mg/l	1 đến 5
18	Sunfat	mg/l	200 đến 400
19	Thủy ngân	mg/l	0,001
20	Selen	mg/l	0,01
21	Faecal coliform	MPN/100 ml	không
22	Coliform	MPN/100 ml	3

Giá trị giới hạn cho phép của các thông số và nồng độ các chất ô nhiễm trong nước sinh hoạt (TCVN 6772-2000).

Thông số ô nhiễm	Đơn vị	Giới hạn cho phép				
		Mức I	Mức II	Mức III	Mức IV	Mức V
1. pH		5-9				
2. BOD	mg/l	30	30	40	50	200
3. Chất rắn lơ lửng	mg/l	50	50	60	100	KQĐ
4. Chất rắn có thể lắng được	mg/l	0.5	0.5	0.5	0.5	KQĐ
5. Tổng chất rắn hòa tan	mg/l	500	500	500	500	KQĐ
6. Sunfua (theo H ₂ S)	mg/l	1.0	1.0	3.0	4.0	KQĐ
Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/l	30	30	40	50	KQĐ
8. Dầu mỡ (thực phẩm)	mg/l	20	20	20	20	100
9. Phosphats (PO ₄ ³⁻)	mg/l	6	6	10	10	KQĐ
10. Tổng Coliforms)	MPN/100ml	1000	1000	5000	5000	10000
KQĐ: Không qui định						

Tiêu chuẩn nước thải công nghiệp thải vào vực nước sông dùng cho mục đích bảo vệ thủy sinh (TCVN 6984-2001- Chất lượng nước)

TT	Thông số	Q > 200 m ³ /s			Q = 50-200 m ³ /s			Q < 50 m ³ /s		
1	Màu, Co-Pt ở pH = 7	50	50	50	50	50	50	50	50	50
2	Mùi, cảm quan	nhẹ	nhẹ	nhẹ	nhẹ	nhẹ	nhẹ	nhẹ	nhẹ	nhẹ
3	Tổng chất rắn lơ lửng (mg/l)	100	100	100	90	80	80	80	80	80

4	pH	6-8,5	6-8,5	6-8,5	6-8,5	6-8,5	6-8,5	6-8,5	6-8,5	6-8,5
5	BOD ₅ (mg/l)	50	45	40	40	35	30	30	20	20
6	COD (mg/l)	100	90	80	80	70	60	60	50	50
7	Arsen, As (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,08	0,05	0,05	0,05
8	Cadimi, Cd (mg/l)	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
9	Chì, Pb (mg/l)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
10	Sắt, Fe (mg/l)	5	5	5	4	4	4	3	3	3
11	Xyanua, CN (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
12	Dầu và mỡ khoáng (mg/l)	10	5	5	10	5	5	5	5	5
13	Dầu và mỡ động, thực vật (mg/l)	20	20	20	20	10	10	10	10	10
14	Phốt pho hữu cơ (mg/l)	1	1	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
15	Phốt pho tổng số (mg/l)	10	8	8	6	6	6	5	5	4
16	Clorua, Cl ⁻ (mg/l)	1000	1000	1000	800	800	800	750	750	750
17	Chất hoạt động bề mặt (mg/l)	10	10	10	5	5	5	5	5	5
18	Coliform (MPN/100ml)	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
19	PCB (mg/l)	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Chú thích; Q: lưu lượng sông (m³/s)

Nước thải công nghiệp - tiêu chuẩn thải (TCVN 5954 : 2005)

Giá trị giới hạn các thông số và nồng độ chất ô nhiễm trong nước thải công nghiệp

Stt	Thông số	Đơn vị	Giá trị giới hạn		
			A	B	C
1	Nhiệt độ	⁰ C	40	40	45
2	pH	-	6 đến 9	5.5 đến 9	5 đến 9
3	Mùi	-	Không khó chịu	Không khó chịu	-
4	Màu sắc, Co-Pt ở pH=7	mg/l	20	50	-
5	BOD ₅ (20 ⁰ C)	mg/l	30	50	100

6	COD	mg/l	50	800	400
7	Chất rắn lơ lửng	mg/l	50	100	200
8	Asen	mg/l	0.05	0.1	0.5
9	Thủy ngân	mg/l	0.005	0.01	0.5
10	Chì	mg/l	0.1	0.5	1
11	Cadmi	mg/l	0.005	0.01	0.5
12	Crom (VI)	mg/l	0.05	0.1	0.5
13	Crom (III)	mg/l	0.2	1	2
14	Đồng	mg/l	2	2	5
15	Kẽm	mg/l	3	3	5
16	Niken	mg/l	0.2	0.5	2
17	Mangan	mg/l	0.5	1	5
18	Sắt	mg/l	1	5	10
19	Thiếc	mg/l	0.2	1	5
20	Xianua	mg/l	0.07	0.1	0.2
21	Phenol	mg/l	0.1	0.5	1
22	Dầu mỡ khoáng	mg/l	5	5	10
23	Dầu động thực vật	mg/l	10	20	30
24	Clo dư	mg/l	1	2	-
25	PCB _s	mg/l	0.003	0.01	0.05
26	Hóa chất bảo vệ thực vật: Lân hữu cơ	mg/l	0.3	1	
27	Hóa chất bảo vệ thực vật: Clo hữu cơ	mg/l	0.1	0.1	
28	Sunfua	mg/l	0.2	0.5	1
29	Florua	mg/l	5	10	15
30	Clorua	mg/l	500	600	1000
31	Amoni (tính theo Nito)	mg/l	5	10	15
32	Tổng nito	mg/l	15	30	60
33	Tổng photpho	mg/l	4	6	8
34	Coliform	MPN/100 ml	3000	5000	-
35	Xét nghiệm sinh học		90% cá sống sót sau 96 giờ trong 100% nước thải		-
36	Tổng hoạt độ phóng xạ α	Bq/l	0.1	0.1	-
37	Tổng hoạt độ phóng xạ β	Bq/l	1.0	1.0	-

1. Phạm vi áp dụng

- 1.1. Tiêu chuẩn này quy định giới hạn nồng độ các chất ô nhiễm của công nghiệp.
- 1.2. Tiêu chuẩn này để kiểm soát chất lượng nước thải công nghiệp khi thải vào thủy vực có mục đích sử dụng cho nước sinh hoạt, thủy vực có yêu cầu sử dụng nước thấp hơn hoặc các nơi tiếp nhận nước thải khác.

2. Giá trị giới hạn

- 2.1. Nước thải công nghiệp có nồng độ các chất ô nhiễm nhỏ hơn giá trị quy định trong cột A có thể đổ vào các thủy vực dùng cho nước sinh hoạt.
- 2.2. Nước thải công nghiệp có nồng độ các chất ô nhiễm lớn hơn A nhưng nhỏ hơn hoặc bằng B thì được đổ vào các vực nước nhận thải khác trừ các thủy vực quy định ở cột A (có thể tưới tiêu, bơi lội, nuôi thủy sản).
- 2.3. Nước thải công nghiệp có nồng độ các chất ô nhiễm lớn hơn B nhưng nhỏ hơn C chỉ được thải vào các nơi quy định (hồ chứa nước thải riêng, cống dẫn đến nhà máy xử lý nước thải tập trung).
- 2.4. Nước thải công nghiệp có nồng độ các chất ô nhiễm lớn hơn cột C thì không được phép thải ra môi trường.

I. NGUỒN NƯỚC SẠCH VÀ HIỆN TRẠNG SỬ DỤNG	501
1. Các nguồn nước	501
1.1. Nước mặt và vùng lưu vực	501
1.2. Nước ngầm	501
1.3. Tài nguyên nước ở Việt Nam	502
2. Hiện trạng sử dụng nguồn nước	503
2.1. Nước sử dụng cho dân dụng	503
2.2. Thủy lợi	503
2.3. Thủy điện	504
2.4. Nước cho công nghiệp	505
2.5. Khai khoáng	506
2.6. Nước dùng cho nhiệt điện	506
II. TỔNG QUÁT VỀ Ô NHIỄM NƯỚC	507
1. Ô nhiễm	507
2. Nguồn gây ô nhiễm	508
3. Chất gây ô nhiễm	508
3.1. Chất ô nhiễm không phải là độc tố	509
3.2. Chất ô nhiễm là chất độc	509
3.3. Nguồn nhiệt	509
3.4. Vi sinh vật	510
4. Các dạng ô nhiễm nước đặc trưng	510
4.1. Ô nhiễm dinh dưỡng	510
4.2. Ô nhiễm hữu cơ	511
4.2.1. Chất hữu cơ dễ bị phân hủy	511
4.2.2. Các chất hữu cơ bền vững	512
4.3. Ô nhiễm do trầm tích	512
4.4. Ô nhiễm bởi vi sinh vật	513
4.5. Ô nhiễm do các hóa phẩm nông nghiệp	513
4.6. Ô nhiễm kim loại nặng	513
4.7. Ô nhiễm phóng xạ	515
4.8. Mưa a xít	515
5. Phân loại mức ô nhiễm thủy vực	516
5.1. Ô nhiễm nặng	517
5.2. Ô nhiễm vừa	517
5.3. Ô nhiễm nhẹ	518
6. Khả năng tự làm sạch của thủy vực	518
6.1. Khoáng hóa các chất hữu cơ	520
6.2. Tích tụ chất gây độc	521
6.3. Loại trừ chất gây ô nhiễm ra khỏi tầng nước của thủy vực	521
III. HIỆN TRẠNG Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG NƯỚC	522
1. Ô nhiễm các thủy vực nước ngọt	522

1.1. Sự phú dưỡng của hồ và hồ chứa	522
1.1.1. Các nguyên nhân của sự phú dưỡng.....	523
1.1.2. Mô hình đánh giá sự phú dưỡng hồ.....	526
1.2. Sự nở rộ tảo độc	531
1.3. Ô nhiễm các độc tố hóa học	533
1.3.1. Ô nhiễm một số khu vực sông.....	533
1.3.2. Ô nhiễm một số hồ	538
1.4. Ảnh hưởng của mưa a xít.....	538
1.4.1. Nguồn gây mưa a xít.....	538
1.4.2. Mưa a xít tác động đến môi trường sống trong thủy vực	543
1.4.3. Mưa a xít ở Việt Nam	548
2. Ô nhiễm biên.....	549
2.1. Thủy triều đỏ.....	549
2.2. Ô nhiễm các độc tố hóa học	553
2.3. Ô nhiễm dầu	556
IV. BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG NƯỚC VÀ NGUỒN NƯỚC SẠCH THIÊN	
NHIÊN	559
1. Bảo vệ môi trường nước	559
1.1. Các văn bản pháp luật liên quan	559
Một số hành động và các dự án quan trọng liên quan.....	561
1.2. Xây dựng tiêu chuẩn chất lượng nước	562
1.3. Xử lý ô nhiễm môi trường nước.....	564
1.3.1. Các biện pháp kỹ thuật xử lý nước thải.....	564
1.3.2. Các phương pháp xử lý vật lý - hóa học	565
1.3.3. Các phương pháp xử lý sinh học.....	566
1.4. Giám sát chất lượng nước	567
1.4.1. Sinh giám sát (Biomonitoring) môi trường nước.....	567
1.4.2. Sử dụng sinh vật chỉ thị (Bioindicator) giám sát môi trường	
nước.....	570
1.4.3. Sử dụng động vật đáy cỡ lớn (Macrobenthos) để đánh giá	
nhận chất lượng nước.....	575
2. Quản lý nguồn nước trên cơ sở quản lý tổng hợp vùng lưu vực sông	580
2.1. Khái niệm.....	580
2.2. Tình hình quản lý tổng hợp lưu vực sông trên thế giới.....	580
3. Quản lý hồ, hồ chứa và đảm bảo dòng chảy môi trường	582
3.1. Quản lý.....	582
3.2. Bảo đảm dòng chảy môi trường cho vùng hạ lưu	586
3.2.1. Khái niệm về dòng chảy môi trường.....	586
3.2.2. Tình hình nghiên cứu dòng chảy môi trường trên thế giới.....	587
3.2.3. Duy trì dòng chảy môi trường cho vùng sau đập hồ chứa	589
4. Quản lý môi trường biển trong quản lý tổng hợp đới bờ	592
1. Phạm vi áp dụng.....	602

2. Giá trị giới hạn	602

Tài liệu tham khảo

Tài liệu tiếng Việt

1. Bộ Khoa học Công nghệ & Môi trường, 2000. *Báo cáo hiện trạng môi trường Việt Nam năm 2000*, 112tr.
2. Bộ Thủy sản, 2005. *Một số thành tựu hoạt động khoa học và công nghệ ngành thủy sản (2001-2005) và định hướng phát triển*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
3. Đoàn Cảnh và nnk., 2003. Báo cáo tổng kết Đề tài: "Điều tra đánh giá biến đổi và hiệu quả sử dụng tài nguyên môi trường phục vụ phát triển và bảo vệ vùng đất ngập nước Đồng Tháp Mười trong chuyển đổi cơ cấu kinh tế chủ động sống chung với lũ". Tài liệu Viện Sinh học Nhiệt đới.
4. Chương trình KHCN 06 (1996-2000), 2003. *Biển Đông*, Tập 1. *Khái quát về biển Đông*; Tập II: *Khí tượng, thủy văn động lực biển*; Tập III: *Địa chất - địa vật lý biển*; Tập IV. *Sinh vật và Sinh thái biển*. NXB Đại học quốc gia, Hà Nội.
5. Cục Bảo vệ môi trường, Bộ KHCN&MT, 2003. *Quản lý tổng hợp đới bờ, Kinh nghiệm thực tế ở Việt Nam*. NXB Lao động - Xã hội: 136 tr.
6. Nguyễn Văn Bách, Nguyễn Tiến Hải, 1998. *Bãi bồi sông miền nhiệt đới*. NXB khoa học và kỹ thuật, 100 tr.
7. Đặng Kim Chi, 2001. *Hoá học môi trường*. Tập 1. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 260tr.
8. Đỗ Hoài Dương, 1993. *Nghiên cứu cơ sở khoa học của hệ thống kiểm soát (monitoring) môi trường nước và không khí ở Việt Nam*. Báo cáo KH trong Hội thảo QG về Nghiên cứu bảo vệ môi trường và phát triển bền vững: 90 - 101.
9. Hoàng Hà, 1999. *Nuôi trồng thủy sản, một lợi thế phát triển ngành thủy sản*. Tạp chí Thủy sản, số 3/1999: 4-5
10. Đoàn Cự Hải, 1982. *Báo cáo một số nhận xét về đặc trưng thủy văn đồng bằng sông Cửu Long*. Báo cáo KH Chương

trình Điều tra Nghiên cứu tổng hợp đồng bằng sông Cửu Long: 95-120.

11. Hồ Thanh Hải, 1993. *Một số đặc điểm về cấu trúc thẳng đứng của nhiệt độ và ô xy hoà tan ở một số hồ chứa*. Tuyển tập các công trình nghiên cứu Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật. NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội: 299-308.
12. Hồ Thanh Hải, 1994. *Đặc trưng sinh thái môi trường nước hồ chứa Hòa Bình và một số ý kiến sử dụng hợp lý*. Luận án PTS sinh học, 120 tr, Viện STTNSV
13. Hồ Thanh Hải, 1995. *Phân hạng hồ Hoà Bình*. Tuyển tập các công trình nghiên cứu Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật. NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội:
14. Hồ Thanh Hải và nnk, 1997. *Tình trạng chất lượng môi trường nước hồ Tây trong mùa mưa và nhận xét chung về chất lượng nước hồ Tây*. Tài liệu Viện STTNSV, 50 tr.
15. Hồ Thanh Hải và nnk, 1998. *Hiện trạng môi trường nước và trầm tích một số làng nghề ở Bắc Ninh, Hưng Yên*. Tài liệu Viện STTNSV, 50 tr.
16. Hồ Thanh Hải, 2001. *Đặc trưng số lượng sinh vật trong hồ chứa nhân tạo ở Việt Nam*. Tuyển tập các công trình nghiên cứu Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật. NXB Nông nghiệp Hà Nội: 427-436
17. Hồ Thanh Hải, Đặng Ngọc Thanh và nnk., 2002. *Bước đầu khảo sát môi trường nước và khu hệ thủy sinh vật các thủy vực ở khu vực động Phong Nha (tỉnh Quảng Bình)*. Tạp chí Sinh học: 11-20.
18. Hồ Thanh Hải, 2005. *Duy trì Hệ sinh thái sông trong quản lý tổng hợp vùng lưu vực sông*. Kỷ yếu Hội thảo Quốc gia về Tài nguyên và Môi trường. NXB Khoa học và Kỹ thuật.
19. Hồ Thanh Hải, 2006. *Kết quả nghiên cứu bước đầu về ảnh hưởng của mưa a xít tới các hệ sinh thái ở một số khu vực Bắc Bộ*. Báo cáo chuyên đề trong đề tài Nghiên cứu đánh giá hiện trạng, dự báo xu thế diễn biến và đề xuất các giải pháp kiểm soát mưa a xít ở miền Bắc Việt Nam, khu vực từ Ninh Bình trở ra - Giai đoạn 2: 55 tr.

20. Hồ Thanh Hải và nnk., 2006. *Dự thảo quy hoạch hệ thống bảo tồn thủy sản nội địa Việt Nam*. Tài liệu Viện STTNSV., 150 tr.
21. Phan Nguyên Hồng (chủ biên), 1999. *Rừng ngập mặn Việt Nam*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội, 205 tr.
22. Nguyễn Chu Hồi, Lăng Văn Kền và nnk, 1996. *Hệ sinh thái đầm phá. Báo cáo tổng kết đề tài: Sử dụng hợp lý các hệ sinh thái tiêu biểu ở vùng biển ven bờ Việt Nam (KT.03.11): 49-88*.
23. Nguyễn Hồng Khánh và cs., 2006. *Nghiên cứu đánh giá hiện trạng, dự báo xu thế diễn biến và đề xuất các giải pháp kiểm soát mưa a xít ở miền Bắc Việt Nam, khu vực từ Ninh Bình trở ra -Giai đoạn 2*. Báo cáo đề tài độc lập cấp Nhà nước. Viện Công nghệ Môi trường, Viện KH&CN Việt Nam, 366 tr.
24. Lê Thị Lại, Joern Kasbohm, Juergen Eidam, 2000. *Thực trạng ô nhiễm môi trường làng nghề cơ khí ở xã Nam Giang*. Tạp chí các khoa học về trái đất. 22 (2): 140-144.
25. Nguyễn Thị Lê, Đỗ Đức Ngái, 1993. *Dẫn liệu về ấu trùng sán lá ở cá đui cò (Macropodus opercularis) vùng trung tỉnh Hà Tây*. Tuyển tập các công trình Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội: 311-317.
26. Nguyễn Thị Lê và nnk., 1993. *Các dạng ấu trùng sán lá của ốc thuộc các họ Pilidae, Viviparidae ở hai tỉnh Hà Tây và Hòa Bình*. Tuyển tập các công trình Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội: 318-322.
27. Nguyễn Thị Lê và nnk., 2000. *Ấu trùng sán lá ở ốc Parafossarulus striatulus (Họ Bithyniidae) ở vùng Ngọc Tảo và Ba Vì, tỉnh Hà Tây*. Tạp chí Sinh học, Tập 22/3: 15-21.
28. Trần Trường Lưu et al., 1982. *Cơ sở sinh học và nghề cá hạ lưu sông Cửu Long*. Báo cáo KH Chương trình Điều tra nghiên cứu tổng hợp đồng bằng sông Cửu Long: 326-345.
29. Châu Văn Minh và cộng sự, 2006. *Nghiên cứu khả năng khai thác và sử dụng nguồn dược liệu biển Việt Nam*. Báo cáo của Đề tài KC.09-15. Tuyển tập các kết quả chủ yếu của Chương trình KC.09. Quyển III: 194-293, Bộ Khoa học & Công nghệ.

30. Nguyễn Công Minh, Dương Đức Tiến, 1997. *Dẫn liệu về chất lượng nước và vi tảo (Microalgae) hồ Ba Bể*. Tạp chí Sinh học, 19(2): 117-120.
31. Phạm Văn Miên, 1971. *Dẫn liệu về động vật không xương sống ở ruộng chiêm trũng tỉnh Nam Hà*. Tuyển tập điều tra nguồn lợi thủy sản nước ngọt, tập I: 5-23. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
32. Nguyễn Trọng Nho, 1994. *Đặc trưng hệ sinh thái các đầm phá ven biển miền Trung*. Trong *Chuyên khảo biển Việt Nam*, Tập IV Nguồn lợi sinh vật và sinh thái biển. Trung Tâm KHTNCNQ: 421-469.
33. Trần Hiếu Nhuệ, 1998. *Thoát nước và xử lý nước thải công nghiệp*. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 303 tr.
34. Trần Hiếu Nhuệ, 2000. *Tình hình chất lượng nguồn nước mặt và sự ô nhiễm môi trường nước tại các khu đô thị, công nghiệp Việt Nam*. Tạp chí Bảo vệ Môi trường số 5: 30-34.
35. Hoàng Niêm, 1993. *Đánh giá hiện trạng sử dụng tài nguyên nước trên quan điểm sinh thái và phát triển bền vững*. Báo cáo KH trong Hội thảo quốc gia về nghiên cứu Bảo vệ môi trường: 159-171.
36. Odum P.E., 1871. *Cơ sở Sinh thái học* (Tập I và II). Bản dịch tiếng Việt của Bùi Lai và nnk., 1974. NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
37. Nguyễn Viết Phở, 1982. *Tài nguyên nước đồng bằng sông Cửu Long*. Báo cáo KH Chương trình Điều tra nghiên cứu tổng hợp đồng bằng sông Cửu Long: 76-94.
38. Nguyễn Viết Phở, 1983. *Sông ngòi Việt Nam*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
39. Nguyễn Xuân Quýnh, 1995. *Nghiên cứu về động vật không xương sống trong các thủy vực có nước thải vùng Hà Nội*. Luận án PTS Sinh học.
40. Lê Văn Sanh, 1994. *Những vấn đề chính trong điều tra, nghiên cứu, quản lý hồ chứa*. Hội thảo quốc gia về quản lý tổng hợp các hồ chứa Việt Nam, Tổng cục KTTV-PHY, 27 tr.

41. UNEP, NORAD, SACEP, NEA, 2000. *Hiện trạng Môi trường Việt Nam - Tổng quan những vấn đề bức bách*: 120 tr.
42. Vũ Trung Tạng, 1994. *Các hệ sinh thái cửa sông Việt Nam (Khai thác, duy trì, phát triển nguồn lợi)*. NXB Khoa học & Kỹ thuật, Hà Nội. 271 tr.
43. Vũ Trung Tạng, 1999. *Suy giảm đa dạng sinh học và nguồn lợi của đầm Trà ở liên quan đến quá trình diễn thế của đầm*. Tuyển tập báo cáo khoa học - Hội nghị KH&CN biển toàn quốc lần IV, Hà Nội. Trung tâm KHTN&CNQG: 1124-1131.
44. Vũ Trung Tạng, 2000. *Cơ sở sinh thái học*. NXB Giáo dục, 263 tr.
45. Đặng Ngọc Thanh, 1974. *Thủy sinh học đại cương*. NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội: 215 tr.
46. Đặng Ngọc Thanh, 1980. *Khu hệ động vật không xương sống nước ngọt Bắc Việt Nam*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 464 tr.
47. Đặng Ngọc Thanh và nnk, 1990. *Đặc trưng cơ bản về điều kiện tự nhiên và nguồn lợi sinh vật hệ sinh thái vùng triều cửa sông phía Bắc Việt Nam và phương hướng sử dụng hợp lý nguồn lợi*. Đề tài 48B.04.02.01, Viện STTNSV, 150 tr.
48. Đặng Ngọc Thanh, Nguyễn Trọng Nho, 1993. *Năng suất sinh học vực nước*. Nhà xuất bản KH và KT Hà Nội.
49. Đặng Ngọc Thanh, 2000. *Tổng quan về chỉ thị sinh học biển*. Tài liệu Đề tài KH-06-14, 55 tr.
50. Đặng Ngọc Thanh, Hồ Thanh Hải, 2001 b. *Hai loài giáp xác mới thuộc họ Diaptomidae được phát hiện ở khúc sông trong động Phong Nha, Quảng Bình, Việt Nam*. Tạp chí Sinh Học số 23(4): 1-5.
51. Đặng Ngọc Thanh (chủ biên), Hồ Thanh Hải, Dương Đức Tiến, Mai Đình Yên, 2002. *Thủy sinh học các thủy vực nước ngọt nội địa Việt Nam*. NXB khoa học và kỹ thuật, 399 tr.
52. Nguyễn Văn Thắng, 2004. *Những tiếp cận về Dòng chảy môi trường áp dụng trong thực tế ở Việt Nam*. Tài liệu trường ĐH Thủy Lợi HN, 9 tr.

53. Nguyễn Văn Thắng, 2004. *Tác động của khai thác sử dụng nguồn nước đến biến đổi dòng chảy sông ngòi ở Việt Nam*. Tài liệu trường ĐH Thủy Lợi HN, 9 tr.
54. Nguyễn Dương Thạo và cs., 2007. *Sinh vật chỉ thị cho chất lượng môi trường các thủy vực nuôi thủy sản vùng ven biển*. Tạp chí Thủy sản số 2: 15-17.
55. Đặng Trung Thuận, Nguyễn Cao Huân, Trương Quang Hải, Vũ Trung Tạng, 2000. *Nghiên cứu vùng đất ngập nước đầm Trà Ổ nhằm khôi phục nguồn lợi thủy sản và phát triển bền vững vùng ven đầm*. NXB Nông nghiệp, 308 tr.
56. Phạm Ngọc Toàn, Phan Tất Đắc, 1977. *Khí hậu Việt Nam*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
57. Nguyễn Văn Tiến (chủ biên) và nnk., 2004. *Tiến tới quản lý hệ sinh thái cỏ biển Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 132 tr.
58. Tổng cục Thủy sản, 1976. *Sinh vật biển và nghề cá biển Việt Nam*: 451 tr.
59. Ngô Anh Tuấn, 1995. *Tiềm năng và triển vọng của kinh tế thủy sản vùng đầm phá*. Tạp chí Thủy sản 4/1995: 15-17.
60. Võ Sĩ Tuấn, Nguyễn Huy Yết, Nguyễn Văn Long, 2005. *Hệ sinh thái rạn san hô biển Việt Nam*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Chi nhánh TP. HCM, 212 tr.
61. Lâm Ngọc Trâm (chủ biên), Đỗ Tuyết Nga, Nguyễn Phi Đính, Phạm Quốc Long, Ngô Đăng Nghĩa, 1999. *Các hợp chất tự nhiên trong sinh vật biển Việt Nam*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 194 tr.
62. Lê Trình, 1997. *Quan trắc và kiểm soát ô nhiễm môi trường nước*. NXB Khoa học & Kỹ thuật, Hà Nội, 231 tr.
63. Mai Đình Yên, 1990. *Bài giảng cơ sở sinh thái học*. Tủ sách Đại học Tổng hợp Hà Nội.
64. Mai Đình Yên (chủ biên) và nnk., 1992. *Định loại cá nước ngọt Nam Bộ*. NXB Khoa học và Kỹ thuật,
65. TCVN, 1995. *Các tiêu chuẩn nhà nước Việt Nam về môi trường*. Tập I: Chất lượng nước. Hà Nội, 360 tr.

Tài liệu tiếng nước ngoài

66. ADORC (Acid Deposition and Oxidant Research Center, Japan), 1998. *Proceeding of the first Training Workshop on Acid Deposition Monitoring Network in East Asia*.
67. Azgikhin I. C., 1983. *Triển vọng sử dụng các sinh vật biển ngoài hải sản*. NXB Azerbaizan-Baku (tiếng Nga).
68. Arthur H. Westing, 1984. *Herbicides in war The Long-term Ecological and Human Consequences*. SPIRI, Taylor & Francis Ltd., 208 pp.
69. Barbara A. Miller and Richard B. Reidinger. *Comprehensine River Basin Development. TheTennessee Valley Authority*. World Bank Technical paper No. 416.
70. Barner R. S. K. & Mann K. H., 1991. *Fundamentals of Aquatic Ecology*. Blackwell Scientific Publications.
71. Beklemisev K. V., 1971. *Cơ sở năng suất sinh học đại dương và việc sử dụng*. NXB Khoa học Matscova (tiếng Nga).
72. Bramblett R.G. and Kurt D.Fausch,1991.*Variable fish communities and the index of biotic integrity in a Western Great Plains river*. American fisheries society 120: 756-769.
73. Brandt Rolf A. M., 1974. *The non-marine aquatic Mollusca of Thailand*. Arch. Moll., 105, I-IV:1-423. Frankfurt a. M.
74. Brewer Richard, 1998. *The science of Ecology*. Saunders College Publishing Harcourt Brace College Publisher, 773 pp.
75. Brown A. L., 1987. *Freshwater Ecology*. Heinemann Educational Ltd. London.
76. Constantinov A. X., 1972. *Thủy sinh học đại cương*. NXB Cao đẳng, Matscova (tiếng Nga).
77. Daniel D. Chiras, 1991. *Environmental sciences - action for sustainable future*. The Bajamin/Cummings. Publishing Comp. INC. 509pp.

78. David M. Rosenberg & Vincent H. Resh.1992. *Freshwater biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall - New York, London:487 pp.
79. De Pauw N. et al., 1983. *Method for biological quality assessment of watercourse in Belgium*. Hydrobiologia 100 : 153-168.
80. De Pauw N. et al., 1988 *Relationship water quality Vehr. Internat. Verin. Limnol.*, 23 : 155 - 158.
81. De Pauw N., 1998. *Biological indicator of Aquatics Pollution*. Document of Project “Capacity Building for Sustainable Development”. NU Hanoi.
82. Fausch K.D, J.R.Karr,and P.R.Yant,1984.*Regional application of an index of biotic integrity based on stream fish communities*.Transaction of the American fisheries society:115 -39-55.
83. Fausch K.D, J Lyon, J.R.Karr, P.L.Angermeier,1990. *Fish communities as indicators of environmental degradation*. American fisheries society Symposium 8: 123- 144.
84. Freedman Bill., 1989. *Environmental Ecology. The Impact of Pollution and Other Stresses on Ecosystem Structure and Function*. Academic Press. Inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers: 424 pp.
85. Ganasan V, Robert M. Hughes,1997. *Application of an index of biological integrity (IBI) to fish assemblages of the rivers Khan and Kshipra (Madhya Pradesh), India*. In Biodiversity measuring and monitoring certification training. Aquatic invertebrates fish and aquatic biodiversity, volume 6.
86. Gerhardt A. (editor), 2000. *Biomonitoring of Polluted Water - Review on Actual Topics*. Trans Tech. Publications Ltd. Switzerland-Germany-UK-USA.: 301 pp.
87. Gleick, P. H., 1996: *Water resources*. In Encyclopedia of Climate and Weather, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp.817-823.

88. Gregory R. Carmichael and Richard Arndt, *Baseline Assessment of Acid Deposition in Northeast Asia*.
89. Gurianova E. F., 1972. Khu hệ động vật vịnh Bắc Bộ. NXB Khoa học Leningrad. (tiếng Nga).
90. Ho Thanh Hai, 2000. *Natural conditions and biological resources in the coastal areas of Hoang Hoa District, Thanh Hoa Province; the Potential for development of fisheries*. Proceedings of the Scientific Workshop on Management and sustainable use of Natural Resources and Environment in Coastal Wetlands. MERD., CRES., VNU. Hanoi; ACTING Japan : 43-49.
91. Ho Thanh Hai, Nguyen Kiem Son, 2006. *Some study results on aquatic life of the Vu Gia - Thu Bon river system (Quang Nam province)*. Document of IEBR.
92. Horne A.J., Goldman C. R., 1994. *Limnology*. McGraw-Hill, Inc., 576 pp.
93. Hubbard Brook Research Foundation. *Acid Rain Revisited: advances in scientific understanding since the passage of the 1970 and 1990 Clean Air Act Amendments*. Science Links™ Publication. Vol. 1, no.1.
94. Jogensen S. E., (editor) 1993. *Guidelines of Lake Management. Volume 1. Principles of Lake Management*. ILEC., UNEP. 198 pp.
95. Kottelat Maurice, 1989. *Zoogeography of the fishes from Indochinese inland waters with an annotated check-list*. Bulletin Zoologisch Museum. Universiteit Van Amsterdam. Vol. 12, No. 1: 1-43.
96. Kottelat Maurice, 1996. *Potential impacts of Nam Theun 2 hydropower project on the fish and aquatic fauna of the Nam Theun and Xe Bangfai basins, Lao P.D.R. Fishes of the Nam Theun and Xe Bangfai basins*. NTEC Development group, 6 Phon Thanh Road, Vientiane, Lao P.D.R. 12 July 1996.
97. Kottelat Maurice, 2001. *Freshwater fishes of Northern Vietnam. A preliminary check-list of the fishes known or expected to occur in northern Vietnam with comments on*

- systematics and nomenclature*. Environment and Social Development Unit, The World Bank. 123 pp.
98. Kysakin O. G., 1982. Địa sinh học biển. NXB Matscova (tiếng Nga).
 99. Lai C. H. & Ferland C. H., 1980. *Zoogeographical Distribution of Southeast Asian Freshwater Calanoida*. Hydrobiologia 74: 53-66.
 100. Larsen J., Nguyen Ngoc Lam (eds) et al., 2004. *Potentially Toxic Microalgae of Vietnamese Waters*. Opera Botanica. Publications in Botany.
 101. Mann K. H., 1994. *Fundamentals of Aquatic Ecology*. Blackwell Scientific publication. 265 pp.
 102. Mason C. F., 1996. *Biology of freshwater pollution*. Longman Group Limited, Longman Singapore Publishers: 356 pp.
 103. Mekong River Commission, 1997. *Large dam fisheries of the lower Mekong Countries: Review and assessment* (Main Report). Project on Management of Fisheries Reservoirs in the Mekong Basin.
 104. Moixev P.A., 1969. *Nguồn lợi sinh vật đại dương*. NXB Công nghiệp thực phẩm, Matscova (tiếng Nga).
 105. Morse J.C., et al., 1994. *Aquatic Insects of China Useful for Monitoring Water Quality*. Hohai University Press. 570 pp.
 106. Norio Ogura, 1998. *Quality assurance/Quality control program for the prepatory-phase Monitoring on Inland aquatic Environment in East Asia*. Proceeding of the first training workshop on Acid deposition Monitoring Netwrk in East Asia, Niigata Japan.
 107. Pidwirny M., 1999-2005. *Fundamentals of Physical Geography*. University British Columbia-Okanagan.
 108. Plafkin J. L. et al., 1989. *Rapid Bioassessment protocols for use in Streams and rivers: Benthic Macroinvertebrates and fish*. US. Env. Protec. Agen, Washington.
 109. Nguyen Xuan Quynh, Mai Dinh Yen, Clive Pinder, and Steve Tilling. 2000. *Biological Surveillance of freshwaters, using*

- macroinvertebrates*. FSC, Institute of Freshwater Ecology, VNU., 103 pp.
110. Jeffries M. & Mills D., 1990. *Freshwater Ecology, Principles and applicatins*. Belhaven Press. 285 pp.
 111. Schwoerbel J., 1984. *Handbook of Limnology*. Ellis Horwood Limited Publ. Chichester, 5 th. edit., 211 pp.
 112. Seatec International, 2003. *Environmental Assessment and Management Plan (EAMP) Volume 2 - Main Text. Nam Theun 2 Hydroelectric Project*.
 113. Shirota A., 1966. *The plankton of South Vietnam. (fresh water)*. Overseas Tech. Coop. Agency. Japan, 462 pp.
 114. Sladeczek V., 1984. *Scale of Saprobity*. Verh. Internat. Veirin. Limnol. 22: 2337-2341.
 115. Stewart R. H., 2005. *Oceanography*. Texas A&M University
 116. Rast W., et al., 1989. *Eutrophication management Framework for the policymaker*. MAB. Digest I. UNESCO, Paris.
 117. Robert G. Wetzel, 1975. *Limnology*. Sounders College Publishing USA. 767 pp.
 118. Rognerud S. et al., 1984. *Relationships between phytoplankton and zooplankton biomass in large lakes*. Verh. Internat. Veirin. Limnol. 22 : 666-671.
 119. Richard Davis, Rafix Hirji, 2003. *Environmental flows: Case studies*. Water resources and Environment Technical Note 2. World Bank.
 120. Ryding S.O., Rast W., 1989. *The cotrol of Eutrophication of lakes and Reservoirs*. Man an the Biosphere series. The Parthenon Publishing Group.
 121. Thébault J. M., et al., 1993. *Simuation model of a mesotrophic reservoir (Lac de pareloup, France): Biological model*. Journal " Ecological modelling" Vol. 65, No.1,2 :1-30.
 122. United States Clean Air Markets Division, 2001. *How to Measure the Effects of Acid Deposition: A Framework for Ecological Assessments*. Environmental Protection Office of Atmospheric Programs EPA 430-R-01-005 Agency (6204N).

123. US EPA, *Effects of Acid Rain: Lakes & Streams*.
124. US EPA., *Acid rain revisited*. A Science Links & Publication of the Hubbard Brook Research Foundation.
125. Watzel R. G., 1990. *Reservoir Ecosystem: Conlution and speculation*. In *Reservoir Limnology*. John Wiley and Sons Inc. New York: 227-238.
126. Tolkamp H. H., 1985. *Using several indecs for biological assessment of water quality in running water*. Verh. 22: 2281-2286.
127. Tomczak M., 1996. *Oceanography lectures*.
128. Vinogradov M. E., (chủ biên) 1977. *Sinh học đại dương*. Tập 1 và 2. NXB Khoa học, Matscova (tiếng Nga).
129. Zenkevitch L. A., 1951. *Khu hệ động vật và năng xuất sinh học biển*. NXB Khoa học Xô Viết, Matscova (tiếng Nga).

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

18 đường Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

Điện thoại:

Phòng Phát hành: **04.22149040**; Biên tập: **04.22149034**;

Quản lý Tổng hợp: **04.22149041**;

Fax: **04.37910147**, Email: nxb@vap.ac.vn; www.vap.ac.vn

CƠ SỞ THUỶ SINH HỌC

Đặng Ngọc Thanh, Hồ Thanh Hải

Chịu trách nhiệm xuất bản:

GS. TSKH Nguyễn Khoa Sơn

Chủ tịch Hội đồng biên tập: GS.TSKH Đặng Vũ Minh

PCT Hội đồng biên tập: GS.TSKH Nguyễn Khoa Sơn

Thẩm định nội dung:

1. PGS. TS Nguyễn Xuân Quýnh
2. GS. TS Nguyễn Tác An

Biên tập kỹ thuật: Nguyễn Bích Nga

Trình bày bìa: Nguyễn Bích Nga

In 400 cuốn khổ 16 × 24cm tại: Nhà in Công ty Mỹ thuật Trung ương. Số đăng ký KHXB: 484-2007/CXB/002 - 03/KHTN&CN cấp ngày 25 tháng 06 năm 2007. In xong và nộp lưu chiểu tháng 12 năm 2007.