

УДК 577.475(265.6)

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНКТОНА  
В ВОСТОЧНО-КИТАЙСКОМ МОРЕ**

В. В. КРЫЛОВ

В географических границах Восточно-Китайского моря присутствуют три основные поверхностные водные массы: Куро-сио, желтоморская и прибрежная (Koizumi, 1957; Mao et al., 1964) с довольно обширной областью смешения между ними (Mao et al., 1964), которую оказалось возможным выделить в отдельную воду (Гершанович, 1963), именуемую здесь переходной. Положение этих четырех водных масс и определяет главные закономерности распределения планктона (по крайней мере, в биогеографическом аспекте).

В статьях, опубликованных зарубежными исследователями, либо рассматривалось распределение планктона в ограниченных участках моря (Chiba, 1952; Enomoto, 1957; Yamada, 1933a, 1933b), либо эти работы основаны на идентификации очень немногих видов (Chiba, 1952; Enomoto, 1957, 1962, 1963a, 1963b, 1963c), а последнее так или иначе приводило к ошибкам в биогеографическом районировании. Статьи Еномото (Enomoto, 1957, 1962, 1963a, 1963b, 1963c) содержат ряд ценных сведений, касающихся отдельных сторон рассматриваемого вопроса. Однако предложенная им схема районирования моря (Enomoto, 1963c) вряд ли может быть принята, так как биологические индикаторы выбраны неудачно.

В работах Айкава рассматривается распределение диатомовых водорослей у западного побережья о-ва Кюсю и у о-ва Тайвань (Aikawa, 1930) и дается общая характеристика диатомей, населяющих Куро-сио — главным образом на примере районов, лежащих вне Восточно-Китайского моря (Aikawa, 1936).

В двух сообщениях приводятся небольшие видовые списки для Куро-сио (Motoda, 1956) и для вод, омывающих Корею (Hue, 1963).

Материал используемый в данной статье, был собран во время трех гидрологических фоновых съемок: в августе — сентябре 1962 г. (обозначаемой в дальнейшем как летняя съемка или «лето»), ноябре — декабре 1963 г. и феврале — марте 1964 г. (соответственно «осень» и «зима»).

Сборы проводили сетью Джели (площадь входного отверстия 0,1 м<sup>2</sup>, газ № 38) со стандартных горизонтов. При неблагоприятной погоде делали сквозной лов с глубины 100 м. Во время зимней съемки сквозной лов проводили на каждой планктонологической станции, независимо от того, проводились ли параллельно послынные или нет. Кроме того, во время осенней и зимней съемок на части станций был сделан тотальный лов ихтиопланктонной сетью (площадь входного отверстия 0,5 м<sup>2</sup>, газ № 15) с горизонтов 100 и 200 м.

Почти вся обработка была проведена во время рейсов. Часть осадка отсасывали из пробы стеклянной трубкой, переносили в чашку Пет-

ри, и после удаления излишней воды, мешающей обработке при качке и вибрации корпуса судна, просматривали под микроскопом (МБИ-1). Из каждой пробы просматривали не менее двух-трех порций, а так как объем сестона был порядка десятых долей миллилитра, то можно считать, что пробы просматривали целиком.

Результаты контрольного просмотра части проб на берегу не отличались сколько-нибудь существенно от полученных в море. Обработка в рэндом-камере показала, что при примененной методике регистрируются виды, представленные в пробе 5—10 экземплярами, а часто и меньше. Таким образом, следует считать, что данная методика позво-

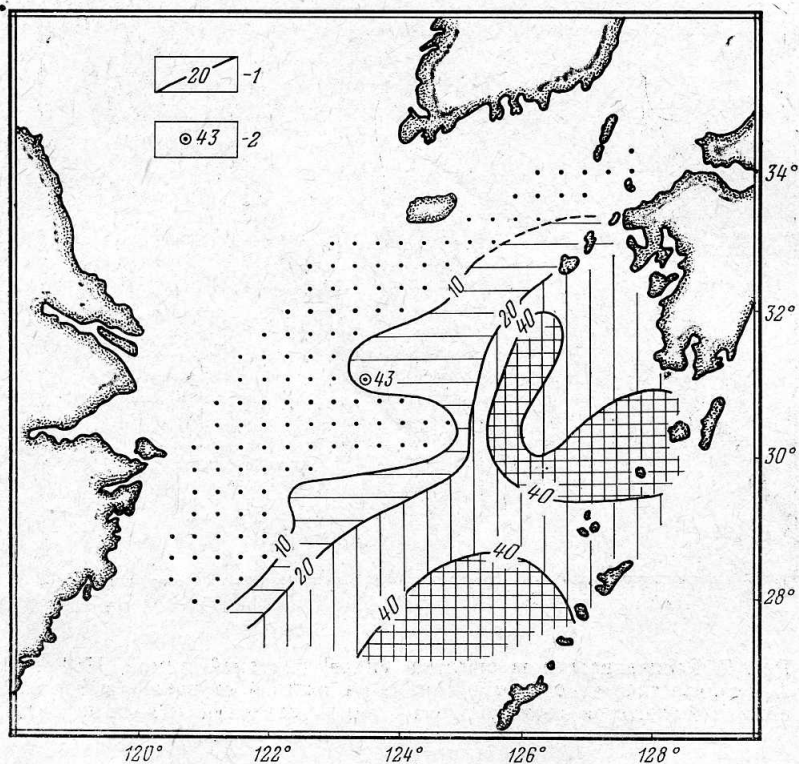


Рис. 1. Распределение количества видов перидиней зимой 1964 г.:  
1 — количество видов, отмеченных на каждой станции (в %) от общего числа регистрируемых видов перидиней (21—23 вида);  
2 — планктонологическая станция.

ляет практически верно однозначно ответить на вопрос о присутствии того или иного планктона в просмотренной пробе.

Списки видов перидиней и диатомовых, намеченных перед зимней съемкой к регистрации, содержали первоначально 21 и 22 вида соответственно, но по мере обработки материала необходимо было пополнить списки двумя видами перидиней и шестью — диатомовых. Поэтому при составлении карт по распределению водорослей (рис. 1 и 2) использовали не абсолютные величины количества видов, а процентные соотношения количества видов, отмеченных на каждой станции, к тому количеству видов, которое ко времени обработки содержалось в списке. Что касается *Calanoida*, то отмечали, по возможности, все виды, представленные половозрелыми особями.

Объем проб, полученных в результате тотального лова, измерялся при помощи волюмометра Яшнова с точностью до 0,1 мл (использовали автоматические бюретки Кнудсена и Блинова). Объем четырех проб, собранных зимой в районе обильного цветения диатомовых к

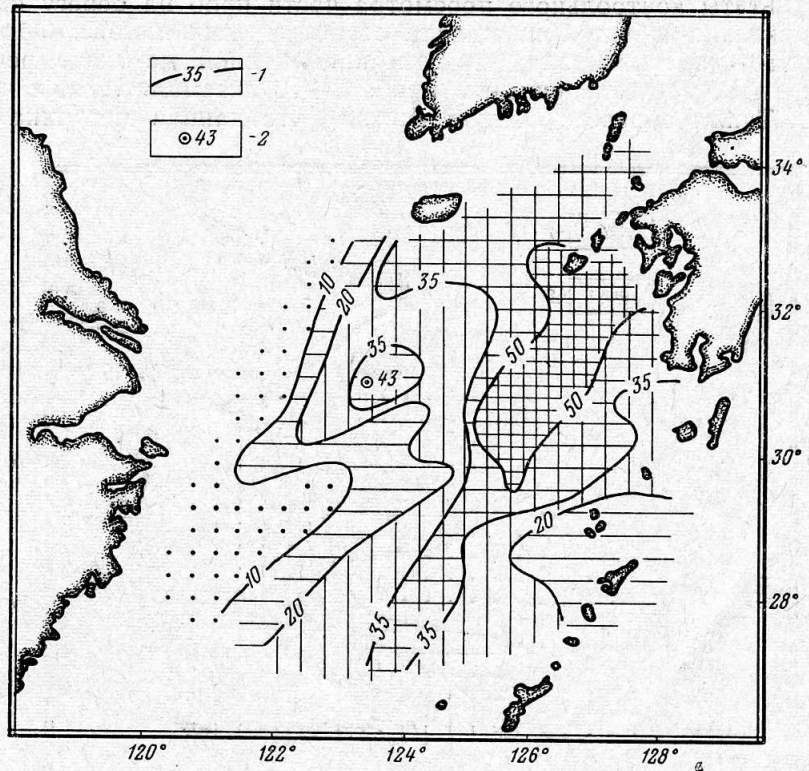


Рис. 2. Распределение количества видов диатомей зимой 1964 г.: 1 — количество видов, отмеченных на каждой станции (в %) от общего количества регистрируемых видов диатомей (22—28 видов); 2 — планктонологическая станция.

югу от о-вов Гото, был определен по объему осадка — по графику, построенному на основании таблицы, составленной Пономаревой (1960). Было собрано и обработано следующее количество проб:

Месяц, год	Собрано	Посмотрено	Определен объем
Август—сентябрь, 1962 . .	125	98	33
Октябрь—ноябрь, 1963 . .	92	—	47
Февраль—март, 1964 . . .	210	70	70
Всего . . . . .	427	168	150

За исключением данных по объему сестона, все количественные характеристики, приводимые далее (и сведенные, по возможности, до минимума) основаны на визуальных оценках. Очевидно, что на этой стадии обработки материала можно судить лишь о границах распространения видов, поэтому при районировании моря необходимо было ограничиться отнесением планктона к крупнейшим биоценозам, а географическое положение биоценозов определить индикаторным методом с некоторыми коррективами.

При предварительном ознакомлении планктон в пределах Восточно-Китайского моря оказывается существенно неоднородным по видовому составу.

Если рассмотреть границы распространения трех видов водорослей: *Rugocystis pseudonociluca*, *Biddulphia sinensis* и *Corethron pelagicum*, то выявляются три локалитета: в самом северном из них присутствуют два последних вида, но нет *Rugocystis pseudonociluca*, а в самом южном, наоборот, есть этот вид, но отсутствуют *Biddulphia sinensis* и *Corethron pelagicum*. В локалитете, расположенном между первыми двумя, присутствуют все три вида<sup>1</sup> (рис. 3).

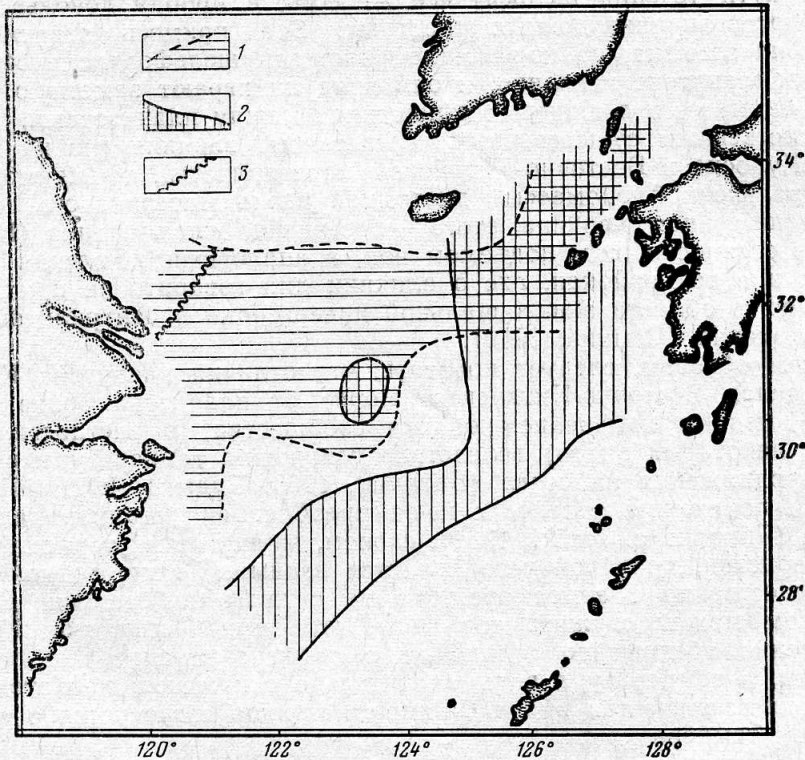


Рис. 3. Положение переходного биоценоза:  
1 — летом 1962 г.; 2 — зимой 1964 г.; 3 — район станции 71, 72 и 73 летней съемки.

Границы локалитетов удовлетворительно совпадают с гидрологическими фронтами, а сами локалитеты оказываются совмещенными с тремя поверхностными водными массами Восточно-Китайского моря: с водной массой Курошио, желтоморской и расположенной между ними переходной водной массой.

Планктон, населяющий воду Курошио в пределах Восточно-Китайского моря, тропический по видовому составу (таблица), но заметно отличается от океанического планктона низких широт, особенно зимой.

<sup>1</sup> Станции 71, 72 и 73 (летняя съемка), несмотря на то что на них не был отмечен *Rugocystis pseudonociluca*, также включены в последний локалитет ввиду присутствия ряда других тропических видов растений и животных (см. рис. 3).

Объясняется ли это влиянием дна и берегов, или, другими словами, является ли планктон Куроиси неритическим?

Это предположение, на первый взгляд, кажется вполне правдоподобным: действительно, от Филиппинского моря, планктон которого океанический (Гейнрих, 1961), Восточно-Китайское море отделено цепью островов, и течение Куроиси проникает в него через ряд сравнительно мелководных проливов, которые могут оказать решающее влияние на облик планктона. Однако эти острова не имеют существенного стока и не обладают шельфами, развитыми в степени, достаточной для того, чтобы над ними могли образоваться неритические водные массы с соответствующими планктонными биоценозами. Правда, из-за того, что на пути течения шельфы все же есть, в пробах довольно часто встречаются личинки донных животных. Эта примесь неритического планктона заметна, но из-за малой площади шельфов количество личинок в планктоне невелико, и они вряд ли играют заметную роль в общей биомассе и в пищевых отношениях между планктерами.

Единственным существенным следствием влияния дна на водную массу Куроиси в Восточно-Китайском море является, по-видимому, полоса увеличенной биомассы диатомией вдоль материкового склона. Непосредственная причина этого — повышение слоя скачка (Hulburt, 1962) в связи с общим подъемом вод, а аналогичные явления наблюдаются и в тех районах, где о влиянии дна говорить не приходится: например, в области экваториальной дивергенции в центральной части Тихого океана (Семина, 1960).

Таким образом, следует полагать, что отличия планктона Куроиси (в пределах Восточно-Китайского моря) от планктона более низких широт вызваны изменением облика сообщества (в частности, выпадением некоторых видов) вследствие понижения температуры воды по мере продвижения на север (Баталин, 1960; Будыко, 1955; Miyazaki, 1949) и понижения солености из-за преобладания осадков над испарением (Fukuoka a. Tsuiki, 1954), словом, изменениями термохалинных характеристик, причиной чего является взаимодействие водной массы преимущественно с атмосферой, но не с дном и берегами. Доказательством может служить тот факт, что зимний планктон Куроиси качественно обеднен по сравнению с летним: влияние дна остается прежним, а температура воды значительно снижается; при этом, распределение количества видов *Calanoida* хорошо согласуется с распределением температуры.

Итак, планктон, населяющий воду Куроиси в пределах Восточно-Китайского моря, можно считать океаническим, по крайней мере, до тех пор, пока он не контактирует с желтоморским.

Планктон, населяющий желтоморскую водную массу, напротив, типично неритический, неритическими же являются виды, избранные в качестве биологических индикаторов этой массы, — *Biddulphia sinensis* и *Corethron pelagicum*. Он существенно отличается от планктона Куроиси по видовому составу (таблица). Для большинства видов, общих для планктона Куроиси и желтоморского, желтоморская водная масса является, по-видимому, стерильной зоной выселения (Ekmann, 1953). Использование Еномото «*Calanus helgolandicus*» (*C. sinicus* Brodsky) в качестве индикатора желтоморской воды (Enomoto, 1963c) неверно, так как вид распространен и гораздо южнее (Chen, 1964; Enomoto, 1963b) — почти до Тонкинского залива (Бродский, 1965).

В список видов, населяющих переходную водную массу (см. таблицу), включены лишь те виды, которые в данном сезоне не были отмечены в водах Куроиси или желтоморской, так как последние

Видовой состав биоценозов планктона Восточно-Китайского моря

Название форм	Биоценозы					
	Курисио		переход- ный		желто- морский	
	лето	зима	лето	зима	лето	зима
1. Muggiaea sp.	+					
2. Abylopsis sp.	+	+				
3. Diphyes sp.	+	+				
4. Atlanta sp.	+	+				+
5. Limacina sp.	+	+			+	+
6. Creseis acicula Rang	+	+				
7. Hyalocylix striata (Rang)	+	+				
8. Evadne tergestina Claus	+			+		
9. Penilia avirostris Dana	+			+		
10. Podon sp.	+			+		
11. Calanus sinicus Brodsky	+	+			+	+
12. C. tenuicornis Dana	+	+				
13. C. lighti Bowman	+					
14. Neocalanus gracilis (Dana)	+	+				
15. N. robustior (Giesbrecht)	+	+				
16. Undinula vulgaris (Dana)	+	+				
17. U. darwinii (Lubbock)	+	+				
18. Canthocalanus pauper (Giesbr.)	+	+				
19. Nannocalanus minor (Claus)	+	+				
20. Eucalanus attenuatus (Dana)	+	+				
21. E. pseudattenuatus Sewell	+	+				
22. E. bungii californicus Johnson				+		
23. E. elongatus (Dana)	+	+				
24. E. mucronatus Giesbrecht	+	+				
25. E. subtennis Giesbrecht var. japonica Fucase	+	+				
26. E. pileatus Giesbrecht	+	+				
27. E. crassus Giesbrecht	+	+				
28. E. subcrassus Giesbrecht	+	+				
29. Rhincalanus cornutus (Dana)	+	+				
30. Rh. nasutus Giesbrecht	+	+				
31. Paracalanus parvus (Claus)	+	+			+	+
32. P. aculeatus Giesbrecht	+	+			+	+
33. P. intermedius Shen Chiajui et Bai Sye-o					+	+
34. Acrocalanus longicornis Giesbr.	+	+				
35. A. gracilis Giesbrecht	+	+				
36. A. monachus Giesbrecht	+					
37. A. gibber Giesbrecht	+					
38. A. andersoni Bowman	+					
39. Calocalanus pavo (Dana)	+	+				
40. C. styliremis Giesbrecht	+					
41. C. pavoninus Farran	+	+				
42. C. contractus Farran	+					
43. Ischnocalanus plumulosus (Claus)	+					
44. Mecynocera clausi J. Thompson	+	+				
45. Pseudocalanus elongatus (Boeck)	+	+				
46. Clausocalanus arcuicornis (Dana)	+	+				
47. C. furcatus (Brady)	+	+				
48. Ctenocalanus vanus Giesbrecht		+				
49. Drepanopus sp.						+
50. Aetideus armatus (Boeck)	+	+				
51. Euaetideus acutus (Farran)	+	+				
52. Euchaeta marina (Prestandrea)	+	+				+
53. E. plana Mori	+	+				+
54. E. wolfendeni A. Scott	+	+				+
55. E. concinna Dana	+	+				+
56. E. longicornis Giesbrecht	+	+				+
57. Pareuchaeta sp.		+				+

Название форм	Биоценозы					
	Курорто		переход- ный		желто- морский	
	лето	зима	лето	зима	лето	зима
58. Scolecithricella minor (Brady)	+	+				
59. S. ctenopus Giesbrecht	+	+				
60. Scolecithrix danae (Lubbock)	+	+				
61. S. bradyi Giesbrecht	+	+				
62. Scottocalanus sp.						
63. Temora discaudata Giesbrecht	+	+				+
64. T. turbinata (Dana)	+	+				
65. Pleuromamma xiphias (Giesbr.)	+	+				
66. P. gracilis (Claus)	+	+				
67. P. abdominalis (Lubbock)	+	+				
68. P. quadrangulata (Dahl)	+	+				
69. Centropages furcatus (Dana)	+					
70. C. brachiatus (Dana)	+					
71. C. gracilis (Dana)	+					
72. C. calaninus (Dana)	+	+				
73. Lucicutia flavicornis (Claus)	+	+				
74. L. longicornis (Claus)		+				
75. Haloptilus oxycephalus (Giesb.)	+	+				
76. H. losgicornis (Claus)	+	+				
77. Candacia bipinnata Giesbrecht	+	+				
78. C. pachydactyla (Dana)	+	+				
79. C. ethiopica (Dana)	+	+				
80. C. catula (Giesbrecht)	+	+				
81. C. bradyi A. Scott	+	+				
82. C. armata (Boeck)	+	+				
83. C. curta (Dana)	+					
84. C. longimana (Claus)		+				
85. Paracandacia bispinosa (Claus)	+	+				
86. P. truncata (Dana)	+	+				
87. P. simplex (Giesbrecht)	+	+				
88. Labidocera acuta (Dana)	+					
89. L. wollastoni Lubbock	+					
90. Pontellina plumata (Dana)		+				
91. Acartia clausi Giesbrecht					+	
92. A. pacifica Steuer					+	
93. A. danae Giesbrecht	+	+				
94. A. negligens Dana	+	+				
95. A. longiremis Lilljeborg			+			
96. A. spinicauda Giesbrecht			+			
97. Microsetella rosea (Dana)	+	+			+	+
98. M. norvegica Boeck			+			
99. Macrosetella gracilis (Dana)	+	+				
100. M. oculata (G. O. Sars)			+			
101. Euterpina acutifrons (Dana)	+	+			+	+
102. Clytemnestra rostrata Brady	+	+				
103. Oncaea conifera Giesbrecht	+	+				
104. O. venusta Philippi	+	+				
105. O. minuta Giesbrecht	+	+				
106. Sapphirina gemma Dana	+	+				
107. S. sp. sp.	+	+				
108. Copilia mirabilis Dana	+	+				
109. Corycella carinata Giesbr.	+	+				
110. Corycaeus speciosus Dana	+	+				
111. C. sp. sp.	+	+				
112. Phalina sp.	+	+				
113. Doliolum sp.	+	+				
114. Salpa sp.	+	+				
115. Ornithocercus sp.	+	+				

Название форм	Биоценозы					
	Курорто		переход- ный		желто- морский	
	лето	зима	лето	зима	лето	зима
116. Ceratocorys horrida Stein	+					
117. Amphisolonia bidentata Schrod.	+	+				
118. Noctiluca miliaris Suriray			+	+		
119. Pyrophacus horologicum Stein	+					
120. Peridinium elegans Cleve	+	+				
121. P. sp. sp.	+	+			+	+
122. Ceratium gravidum Gourret	+	+				
123. C. candelabrum (Ehrenberg)	+	+				
124. C. furca var. berghii Joerg.					+	+
125. C. pentagonum Gourret						+
126. C. extensum (Gourret) Cleve	+	+				
127. C. inflatum (Kofoid)	+	+				
128. C. fusus (Ehrenberg)		+				
129. C. fusus var. schutti Lemmerm.					+	+
130. C. karstenii Pavillard	+	+				
131. C. longinum Karsten	+					
132. C. gibberum Gourret	+					
133. C. arietinum Cleve	+	+				
134. C. hexacanthum Gourret	+	+				
135. C. massiliense Joergensen	+	+				
136. C. carriense Gourret	+	+				
137. C. trichoceros (Ehrenberg)	+	+				
138. C. lunula Schimper	+	+				
139. C. vultur Cleve	+	+				
140. C. ranipes Cleve	+					
141. Pyrocystis pseudonoctiluca (W. Thompson)	+	+				
142. P. fusiformis (Thompson)	+	+				
143. P. lunula Schutt	+					
144. P. hamulus Cleve	+					
145. Melosira sp.			+			
146. Stephanopyxis palmeriana (Gr.)	+		+	+		
147. Coscinodiscus sp. sp.	+	+			+	+
148. Planktoniella sol (Wallich)	+	+				
149. Asteromphalus sp	+					
150. Corethron pelagicum Bruce			+			+
151. Lauderia borealis Gran			+			
152. Schroederella sp.			+			
153. Leptocylindrus danicus Cleve		+	+			
154. Rhizosolenia acuminata (Perag.)		+	+			
155. R. alata Brightwell	+	+			+	+
156. R. berghonii Pergallo			+			
157. R. calcar avis Schultze	+	+			+	+
158. R. castracanei Pergallo	+	+				
159. R. hebetata f. semispina (Hehsen)			+			
160. R. robusta Norman			+			
161. R. setigera Brightwell					+	
162. R. styliformis Brightwell					+	+
163. Bacteriastrum comosum Pavill.	+	+				
164. B. hyalinum Lauder					+	+
165. B. sp. sp.		+				
166. Chaetoceros affinis Lauder		+			+	
167. Ch. atlanticus Cleve		+	+			
168. Ch. borealis Bailey		+	+			+
169. Ch. coarctatus Lauder	+	+				
170. Ch. compressus Lauder		+	+			
171. Ch. concavicornis Mangin						+
172. Ch. constrictus Gran					+	
173. Ch. convolutus Castracane						+



Название форм	Биоценозы					
	Курисио		переход- ный		желто- морский	
	лето	зима	лето	зима	лето	зима
174. <i>Ch. decipiens</i> Cleve . . . . .		+	+			
175. <i>Ch. didymus</i> Ehrenberg . . . . .		+	+			
176. <i>Ch. diversus</i> Cleve . . . . .		+	+			
177. <i>Ch. glandazi</i> Mangin . . . . .				+		
178. <i>Ch. gracilis</i> Schutt . . . . .			+			
179. <i>Ch. laevis</i> Leuduger—Fortmorel . . . . .			+			
180. <i>Ch. lorenzianus</i> Grunow . . . . .		+				
181. <i>Ch. messanensis</i> Castracane . . . . .		+	+			
182. <i>Ch. pendulus</i> Karsten . . . . .			+			
183. <i>Ch. peruvianus</i> Brightwell . . . . .	+	+				
184. <i>Ch. pelagicum</i> Cleve . . . . .					+	+
185. <i>Ch. seychellarum</i> Karsten . . . . .	+					
186. <i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg . . . . .		+	+			
187. <i>Climacodium biconcavum</i> Cleve . . . . .	+	+				
188. <i>C. frauenfeldianum</i> Grunow . . . . .	+	+				
189. <i>Streptotheca thamesis</i> Schrubbs . . . . .	+					
190. <i>Asterolampra marylandica</i> Ehr. . . . .	+					
191. <i>Ditylum brightwelli</i> (West) . . . . .		+	+			
192. <i>Triceratium</i> sp. . . . .						+
193. <i>Biddulphia sinensis</i> Grev. . . . .					+	+
194. <i>B. mobiliensis</i> Bailey . . . . .						+
195. <i>Hemiaulus haucki</i> Grunow . . . . .	+	+				
196. <i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow . . . . .		+	+			
197. <i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow . . . . .		+				
198. <i>T. frauenfeldi</i> Grunow . . . . .	+	+			+	+
199. <i>Nitzschia</i> sp. sp. . . . .	+	+			+	+
200. <i>Oscillatoria thiebauti</i> (Gomont) . . . . .	+	+				
201. <i>O. hildebrandti</i> (Gomont) . . . . .	+					
202. <i>Katagnymene pelagica</i> Lemmerm. . . . .	+					
203. <i>K. spiralis</i> Lemmermann . . . . .	+					
204. <i>Rechelia intracellularis</i> A. Schmidt . . . . .	+	+			+	+

(почти все) встречаются и в переходной воде, за исключением немногих, которые могли быть не обнаружены из-за своей малочисленности.

Несмотря на изменения, претерпеваемые от лета к зиме, планктон, населяющий каждый локалитет (или каждую водную массу), относительно однороден и отличен от планктона, населяющего другие локалитеты, т. е. представляет собой отдельный биоценоз, а водные массы являются биотопами этих биоценозов (Beklemishev, 1960). Ранги биоценозов различны, как и ранги водных масс: биоценозы Курисио и желтоморский выступают как основные для Восточно-Китайского моря и первичные по отношению к переходному биоценозу, точно так же, как биотоп переходного биоценоза представляет собой полосу смешения водных масс Курисио и желтоморской — экотон.

Планктон, населяющий переходную водную массу, в отличие от планктона Курисио и желтоморского, не совсем самостоятелен в геобиологическом (Кузякин, 1962) аспекте, но, по-видимому, вполне своеобразен, как и последние, в аспекте биоценотического: смешение разнородных фаун и флор должно привести к существенным изменениям во взаимоотношениях между планктерами.

Например, обращает на себя внимание очевидная приуроченность *Noctiluca miliaris* к переходной водной массе, причем это нельзя

объяснить, как для Черного моря (Петипа, Сажина и Делало, 1963), механическим накоплением ее в зоне конвергенции, так как в собственно водных массах Куро-сио и желтоморской этот вид пока не был встречен ни разу — ни летом, ни зимой. Летом ночесветка была наиболее многочисленной в опресненной береговой сток западной части полосы, занятой переходным биоценозом, но распространялась далеко на восток за пределы распреснения. Зимой она была отмечена только в восточной половине переходной водной массы, где, кстати, никаких следов распреснения не было. Западная часть переходного

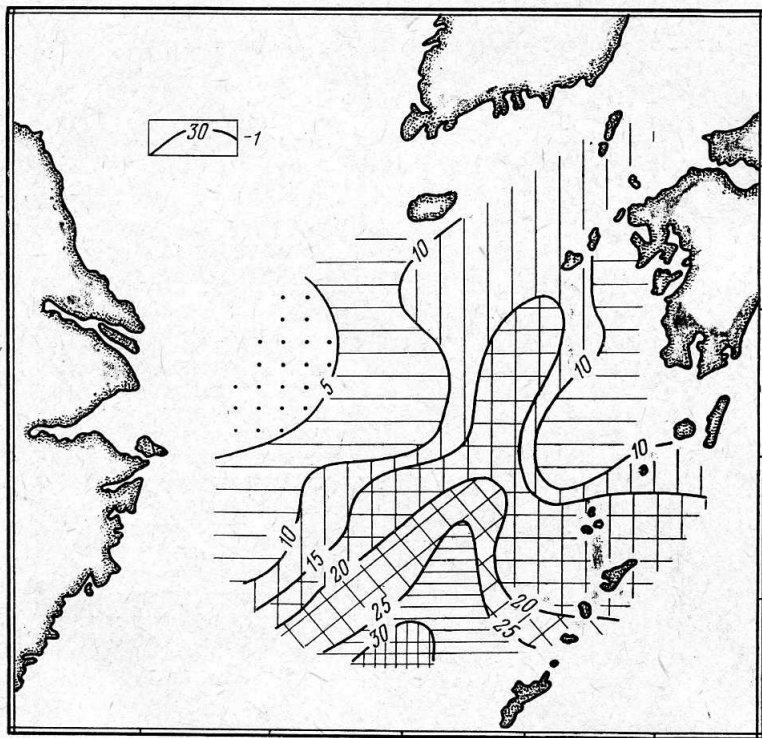


Рис. 4. Распределение количества видов копепоид зимой 1964 г.:  
1 — количество видов, отмеченных на каждой станции.

сообщества (летом) сходна с восточной частью (зимой) по одному существенному признаку: и там, и здесь в больших количествах развиваются диатомеи, служащие для ночесветки пищей.

Планктон из района станции 43 (зимой) также должен быть включен в переходный биоценоз: на станции обнаружены *Pugocystis pseudopoclituca* и *Biddulphia sinensis*. Причиной появления этого пятна, удаленного от основной части переходного сообщества, явился, вероятно, обособившийся меандр фронта Куро-сио. По температуре, по видовому составу копепоид и по количеству их видов (рис. 4) этот район не отличается от соседних: вода сильно охлаждена (однако здесь отмечена положительная аномалия температуры сравнительно со среднемесячной многолетней — около  $2^{\circ}\text{C}$ ), а тропические копепоиды, по-видимому, достаточно stenothermy. По довольно консервативному признаку — солёности — станция 43 заметно выделяется среди окружающих (солёность повышена). Количество видов и качественный состав водо-

рослей на этой станции примерно соответствуют тем же в основной части переходного биоценоза (см. рис. 1 и 2).

От лета к зиме переходный биоценоз смещается по направлению к материковому склону (см. рис. 3), и зимой оказывается частично совмещенным с зоной дивергенции Куроисио. В результате этого планктон со смешанным составом, характерным для переходного сообщества, уносится расходящимися течениями (основным потоком Куроисио и Цусимской ветвью), и черты переходного сообщества приобретает вся северо-восточная часть моря. Тропические виды благодаря переносу их Цусимской ветвью проникают довольно далеко на северо-восток — к

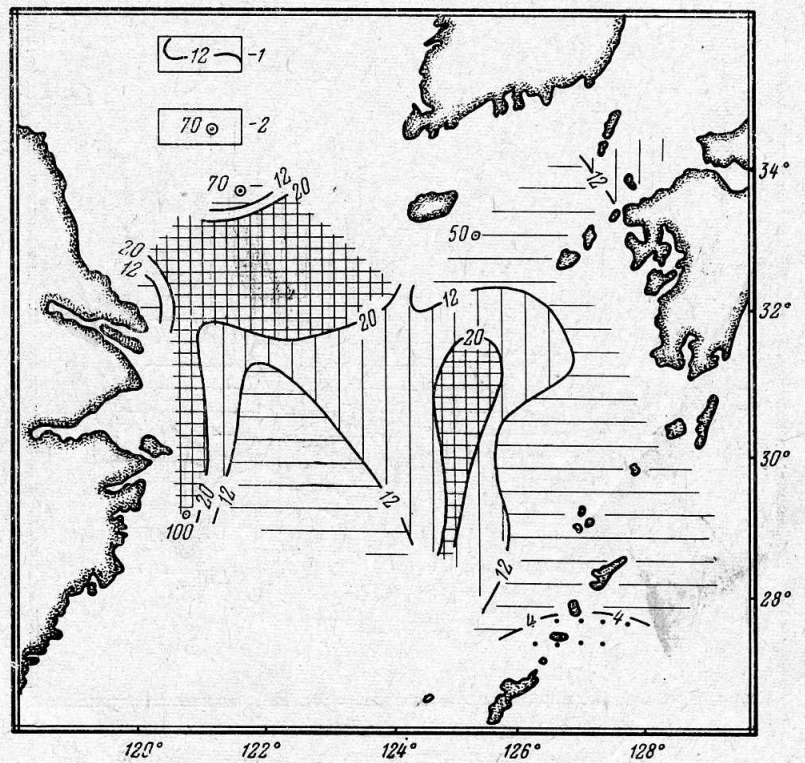


Рис. 5. Распределение биомассы планктона летом 1962 г.:  
1 — изопланкты (в  $мл/м^3$ ) в верхнем слое до 100 м; 2 — планктологические станции.

Корейскому проливу, а виды, характерные для желтоморского биоценоза, относятся от района дивергенции Куроисио основным потоком этого течения к востоку — к выходу в океан; таким образом, происходит перенос планктона как бы «крест-накрест».

Систему течений в пределах переходного сообщества нельзя считать ни постоянной, ни выясненной (если оставить в стороне Цусимскую ветвь Куроисио) для времени съемок, и поэтому можно говорить лишь о том, что видовой состав планктона более или менее постепенно изменяется от почти океанического у южной границы переходного биоценоза до почти исключительно неритического в северной его части. Разумеется, на самом деле мы встречаемся со значительными отклонениями от этой схемы, и общая картина распределения планктона в переходном сообществе оказывается гораздо более пестрой.

Монотонность планктона в направлении вдоль переходной водной массы нарушается явлениями, имеющими сезонный характер, и другими, лишенными, как кажется, правильной периодичности. Так, увеличение летом стока р. Янцзы приводит к тому, что вдоль побережья Китая появляется полоса цветения диатомовых и увеличенной биомассы сестона (рис. 5). Полоса тянется в меридиональном направлении, и западная часть переходного биоценоза оказывается существенно отличной от восточной. Течение вдоль восточного побережья Китая на-

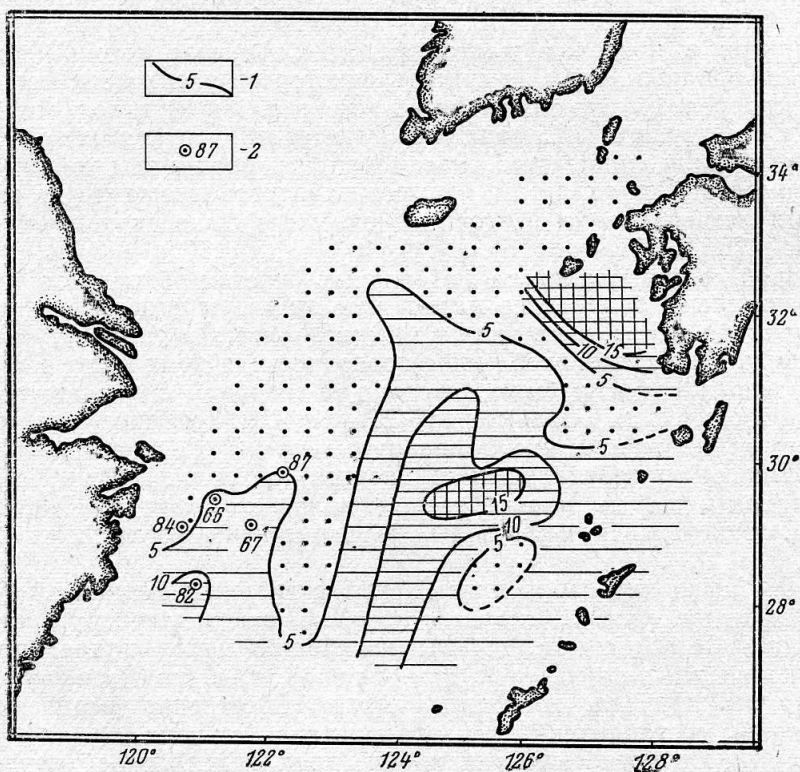


Рис. 6. Распределение биомассы планктона зимой 1964 г.:  
1 — изопланкты ((в  $мл/м^2$ ) в верхнем слое до 100 м; 2 — планкто-  
нологические станции.

правлено, в общем, к югу, и севернее планктонологической станции 100 не встречаются многие тропические планктеры (главным образом, животные). Распреснение оказывается все же недостаточным (соленость в пределах исследованного летом района не падает ниже 26‰) для того, чтобы в западной части моря появились какие-либо виды животных или растений, не встреченные за пределами полосы распреснения летом или в другие сезоны года.

В результате совмещения зимой части переходного биоценоза с зоной дивергенции Курошио западная и восточная половины переходного сообщества также оказываются не идентичными (см. рис. 1, 2, и 6).

Опреснение западной части моря, безусловно, носит сезонный характер (наибольшие расходы воды в нижнем течении р. Янцзы приходятся на июль-август, а наименьшие — на январь-февраль, поэтому зимой распреснение и не было отмечено). Можно предположить, что и со-

вмещение части переходного биоценоза с зоной дивергенции Куроиси повторяется более или менее регулярно каждый год. Что касается появления зимой пятна переходного сообщества севернее основной части последнего, то это выглядит скорее случайным (выше было упомянуто о том, что в районе станции 43 отмечено повышение температуры сравнительно со среднемесячной многолетней). Кроме того, пестрота распределения планктона в переходном биоценозе в значительной мере объясняется наличием непостоянных ветровых течений, нестационарных водоворотов, флюктуациями ответвлений Куроиси, проникающих на шельф, и т. д.

Планктон в пределах желтоморского биоценоза (зимой) был довольно однородным, если не считать некоторого увеличения количества видов водорослей вокруг станции 43 (см. рис. 1 и 2) и появления ряда тропических копепод (*E. concinna* Paracalanus aculeatus и другие) у южных границ сообщества. Рассматривать распределение планктона в желтоморской воде летом не представляется возможным, так как во время летней съемки в этой водной массе было сделано лишь две станции — 70 и 50 (см. рис. 5).

Видовой состав планктона в разных частях биоценоза Куроиси был значительно однороднее летом, чем зимой, и наиболее вероятную причину этого следует, по моему мнению, искать в температурном режиме моря. Действительно, летом поверхностная температура в пределах биоценоза Куроиси была довольно однородной и достаточно высокой для тропических планктеров (27—29° С), а зимнее охлаждение приводит как к понижению температуры на 10° С, так и к сильному увеличению ее горизонтальных градиентов (Koizumi, 1957, 1964). Если рассматривать карты распределения количества видов Calanoida и поверхностной температуры воды, то они вполне согласуются друг с другом.

Это же выглядит справедливым и в отношении перидиней (общий список их видов состоит, главным образом, из тропических представителей рода *Seratium* (см. табл.): количество видов падает по мере продвижения вниз по течению (см. рис. 1), т. е. по мере понижения температуры. Правда, последняя карта существенно отличается от аналогичной, составленной для зоопланктона (см. рис. 4), но эти различия не противоречат, как кажется, предложенному объяснению и вызваны, по-видимому, следующими причинами. Во время зимней съемки температура в рассматриваемом районе равнялась пороговой или была близка к ней и для тропических животных, и для растений. Однако для растений, помимо температуры (Sogokin, 1960), важен и другой абиотический фактор — наличие биогенных элементов. Нетрудно заметить, что район следующего увеличения числа видов перидиней приурочен к зоне дивергенции Куроиси, где происходит подъем глубинных вод, обогащенных биогенами. Этот второй фактор и оказывается, по-видимому, достаточно весомым для того, чтобы вызвать новое увеличение видового разнообразия перидиней<sup>1</sup>.

Что касается диатомовых, то температура воды Куроиси зимой не препятствовала, по-видимому, их развитию и распределение зависело в большей мере от других факторов. Следует заметить, что большая часть видов диатомей, обнаруженных в Восточно-Китайском море, относится различными авторами к субтропическим или к тепловодным, а не к тропическим или иным.

<sup>1</sup> Речь здесь идет лишь о «регистрируемом» разнообразии — о той или иной частоте встречаемости видов.

Судя по имеющимся данным, биомасса планктона в Восточно-Китайском море не бывает очень большой, особенно, это касается планктона, населяющего Куроисио. Пономарева и Лубны-Герцык (1958) для северной части Филиппинского моря указывают биомассу от 0,1 до 0,3 г/м<sup>3</sup> в верхнем стометровом слое, что, примерно, соответствует 10—30 мл/м<sup>2</sup>, в то время как биомасса планктона Куроисио в пределах Восточно-Китайского моря превышает 10 мл/м<sup>2</sup> для того же слоя, только над материковым склоном.

Увеличение биомассы (объема сестона) в Восточно-Китайском море в большинстве случаев вызывается теми же факторами, которые обуславливают увеличение первичной продукции. Последнее наблюдается, как правило, в районах, где толщина верхнего перемешанного слоя уменьшена и обеспечен приток биогенов: летом — вдоль побережья Китая (в распресненной полосе), и круглый год — вдоль материкового склона, в зоне дивергенции Куроисио и в районах выхода ветвей Куроисио на шельф.

Уменьшение толщины перемешанного слоя в большей степени соответствует экологическому оптимуму диатомей, лишенных способности самостоятельно передвигаться, чем перидиниевых, обладающих этой способностью (Hulburt, 1962), и поэтому в районах, где слой скачка расположен сравнительно неглубоко, диатомеи превалируют. Диатомовых чрезвычайно много летом вдоль побережья Китая, осенью — в районе циклонального водоворота между островами Чечжудо и Гото и зимой вдоль материкового склона и, в особенности, в зоне дивергенции Куроисио (отделения Цусимской ветви от основного потока). Цветение диатомовых водорослей, отмеченное во время зимней съемки южнее о-вов Гото, вызвано, вероятно, наступлением биологической весны (станции выполнены 9—11 марта) и, возможно, влиянием холодного течения, проникающего в этот район из океана через пролив Осуми (в материале встречен *Eucalanus bungii californicus*).

Естественно считать, что время существования районов повышенной биомассы, их размеры и величина биомассы будут приблизительно пропорциональны размаху и времени действия факторов, обеспечивающих благоприятные условия для развития планктона.

Так, полоса повышенной биомассы планктона, существовавшая летом, во время наибольшего стока р. Янцзы, не была обнаружена зимой, когда сток был наименьшим (аналогичное явление наблюдается во множестве других районов; например, в северо-западной части Черного моря колебания биомассы оказались тесно связанными с суммарным стоком Дуная и Днепра (Горомосова, 1962).

Летом и зимой от самой южной части материкового склона, обследованной во время съемок, до зоны дивергенции Куроисио тянется непрерывная полоса увеличенной биомассы планктона (см. рис. 5 и 6). Повышение биомассы вызывается уменьшением толщины верхнего перемешанного слоя, что хорошо видно по распределению температуры на вертикальных разрезах (аналогичная картина наблюдалась в районе прибрежного подъема вод у побережья Флориды — Yoshida a. Tsuchiya, 1957). Образуется так называемый «прибрежный фронт» (coastal front — Uda, 1953) или топографическая вихревая система (Uda a. Ishino, 1958), дивергенция над материковым склоном. В полосе этой дивергенции в верхнем 100-метровом слое зимой в заметных количествах встречен *Rhincalanus nasutus*, причем надо отметить, что над глубоководной частью моря этот батипелагический вид в том же слое не был обнаружен.

Эта схема не только удовлетворительно согласуется с материалами

летней и зимней съемок, но и объясняет, почему осенью полоса повышенной биомассы оказалась разорванной (см. рис. 7).

Судя по гидрологическим данным, основной поток Куроисио в южной части исследованного района отворачивал от материкового склона в сторону больших глубин, затем от него отделялась Цусимская ветвь, которая и возвращалась вновь на шельф. В соответствии с этим биомасса оказалась повышенной над южной и северной частями материкового склона и пониженной — над средней частью, несмотря на циклональный характер меандра.

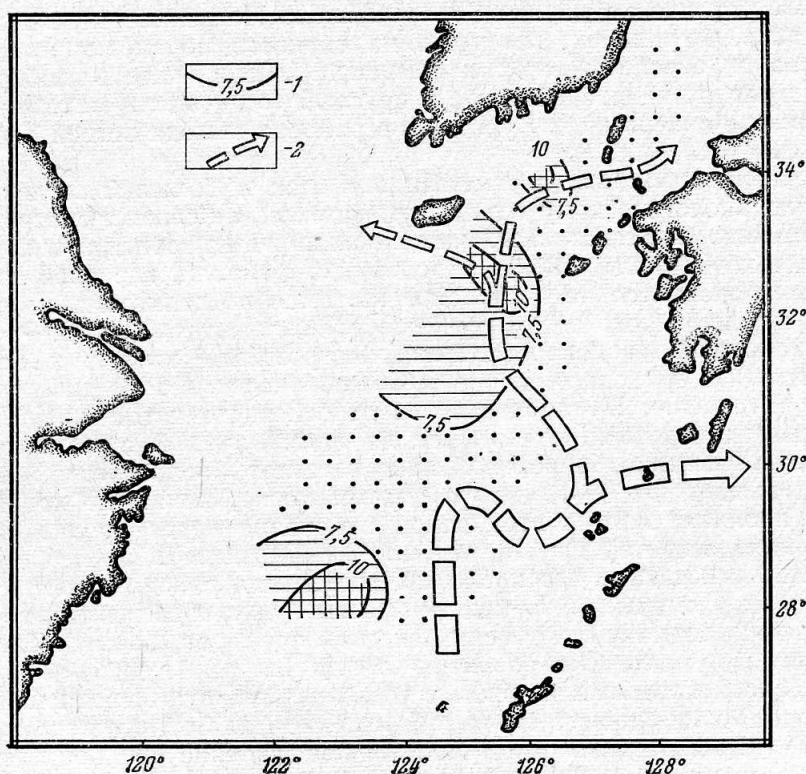


Рис. 7. Распределение биомассы планктона осенью 1963 г.:  
1 — изопланкты (в мл/м<sup>2</sup>) в верхнем слое до 100 м (по уловам икорной сети); 2 — направление течений и положение стрижней.

Уменьшается толщина верхнего перемешанного слоя и увеличивается биомасса планктона в результате компенсационного подъема вод в зоне дивергенции Куроисио (см. рис. 5 и 6). Зимой здесь наблюдалось резкое повышение концентрации фосфатов (в другие сезоны определения биогенных элементов не проводились). Можно предполагать, что увеличивалось содержание и других биогенов, — все это приводило к увеличению биомассы водорослей, а вследствие этого, как было сказано выше, к увеличению наблюдавшегося количества видов их в планктоне (см. рис. 1 и 2). В районе дивергенции появилась ночесветка (выше по течению она не была отмечена). Ввиду повышения биомассы планктона район дивергенции является районом скопления планктонофагов — районом промысла (во время рейса здесь был встречен японский сейнерный флот). Планктон выносится из зоны дивергенции течениями, и на рис. 6 можно видеть два «языка» повышенной биомассы, соответ-

ствующих Цусимской ветви Куроисио и его основному потоку, направляющемуся в океан. Южнее зоны дивергенции наблюдается пятно пониженной биомассы планктона, соответствующее антициклональному водовороту. Летом в аналогичном водовороте, вызванном отклонением основного потока Куроисио вправо, каких-либо особенностей в распределении биомассы не было, а среди водорослей преобладали сине-зеленые. Зимой развитию их препятствовала, видимо, низкая температура воды, а летом они смогли успешно сравнительно с другими водорослями развиваться в условиях опускания вод, — очевидно, благодаря своей способности усваивать элементарный азот (Dugdale et al., 1961).

Почти повсеместно биомасса планктона низка в желтоморской воде, но увеличивается (зимой) в районе станций 66, 67, 82 и 87, причем наибольшее ее значение отмечено на станции 82 — 11  $мл/м^2$  (см. рис. 6). Судя по гидрологическим данным, в районе станции 82 происходит соприкосновение внешнего края циклонального вихря в желтоморской воде с переходной водной массой, причем конвергенция, будучи лучше всего выражена у станции 82, по мере продвижения к станции 87 становится менее различимой. Соответственно этому падает биомасса планктона. Очевидно, увеличение биомассы в районе этих четырех станций является следствием механического накопления планктона в полосе конвергенции. Это предположение подтверждается фактом понижения биомассы на станции 84 (см. рис. 6), которая, судя по карте динамических высот, была расположена приблизительно в центре циклонального водоворота.

### Выводы

1. В Восточно-Китайском море присутствуют три планктонных биоценоза: Куроисио (океанический), желтоморский (неритический) и переходный, биотопами которых являются водные массы Куроисио, желтоморская и переходная (полоса смешения двух первых водных масс — экотон).

2. Планктон, входящий с биоценоз Куроисио, тропический и характеризуется невысокой биомассой (менее 10—20  $мл/м^2$  поверхности в верхнем слое до 100 м), количественным преобладанием зоопланктона над фитопланктоном и многообразием видового состава (отмечено более 100 видов животных и около 100 видов водорослей — по сетяным сборам). Зимой количество видов в связи с понижением температуры воды уменьшается, а вдоль материкового склона в заметных количествах развиваются диатомовые.

3. Желтоморский биоценоз состоит из немногочисленных, главным образом неритических видов. Летом и зимой для него не свойственно, в общем, повышение биомассы планктона и заметное развитие водорослей. Для океанических видов желтоморская вода является, видимо, стерильной зоной выселения.

4. Видовой состав переходного биоценоза смешанный и в большей степени неоднородный в разных частях сообщества, чем видовой состав биоценозов Куроисио и желтоморского. Летом — в западной части переходного сообщества, а зимой — в восточной в больших количествах развиваются диатомовые водоросли и повышается общая биомасса планктона (летом — больше, чем зимой). Летом это вызывается увеличением стока реки Янцзы, а зимой — частичным совмещением переходного биоценоза с зоной дивергенции Куроисио. Зимой переходный биоценоз располагается над материковым склоном или вблизи него, а летом смещается на север — в сторону меньших глубин.



5. Биомасса планктона в Восточно-Китайском море сравнительно невелика и повышается там, где толщина верхнего перемешанного слоя оказывается уменьшенной. Летом у берегов Китая стратификация воды в пределах эвфотического слоя достигается поверхностным распреснением, а в другие сезоны и в других районах — подъемом глубинных вод (над материковым склоном, когда течение идет вдоль него или выходит на шельф, в зоне дивергенции Куроисио и в циклональных водоворотах). Районы увеличенной биомассы планктона приурочены к переходному сообществу, хотя само по себе взаимодействие вод Куроисио и желтоморской и не вызывает увеличения биомассы. В одном случае отмечено повышение биомассы планктона из-за механического накопления его в полосе схождения вод.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Баталин А. М. Состояние Куроисио и проблемы рыболовства. Совещание по биологическим основам океанического рыболовства, 1958, 1960 г.
- Бродский К. А. Изменчивость и систематика видов рода *Calanus* (Copepoda) 1. *Calanus pacificus* Brodsky и *C. sinicus* Brodsky sp. n. Исследования фауны морей, 3 (11), 1965.
- Будыко М. И. Атлас теплового баланса. Л., 1955.
- Гейнрих А. К. Состав и качественное распределение зоопланктона в западной части Тихого океана. Труды Всесоюзного гидробиологического общества, 11, 1961.
- Гершанович Д. Е. Комплексные океанологические исследования в северной части Тихого океана. «Океанология». Т. III, Вып. 6, 1963.
- Горомосова С. А. Динамика зоопланктона северо-западной части Черного моря и некоторые ее закономерности. Сб. «Вопросы экологии». Вып. 5, М., «Высшая школа», 1962.
- Кузякин А. П. Соотношение между экологией и зоогеографией. Сб. «Вопросы экологии». Вып. 4, Киев, Гос. университет, 1962.
- Петипа Т. С., Сажина Л. И. и Делало Е. П. Распределение планктона в Черном море в 1951—1956 гг. «Океанология». Вып. 3 (1), 1963.
- Пономарева Л. А. и Лубны-Герцык Е. А. Количественное распределение планктона в тропических водах западной части Тихого океана. ДАН СССР, 120 (6), 1958.
- Пономарева Л. А. О распределении биомассы планктона в тропических водах западной части Тихого океана. Труды ИОАН. Т. 41, 1960.
- Семина Г. И. Распределение планктона в центральной части Тихого океана. Труды ИОАН. Т. 41, 1960.
- Aikawa H. 1930. The plankton of the southern seas of Japan, considered with reference to their hydrography. — Rec. Oceanogr. Works Japan, 3 (1).
- Aikawa H. 1936. On the diatom communities in the waters surrounding Japan. — Rec. Oceanogr. Works Japan, 8 (1).
- Beklemishev S. W. 1960. Biotope and community in marine plankton. Int. Rev. Ges. Hydrobiol., 45 (2).
- Chen Qing-chao. 1964. A study of the breeding periods, variation in sex ratio and the size of *Calanus sinicus* Brodsky. — Oceanol. Limnol. Sinica, 6 (3).
- Chiba T. 1952. On the distribution of the plankton in the Eastern China Sea and Yellow Sea. — Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 17 (7).
- Dugdale R. C., Menzel D. W. and Ryther J. H. 1961. Nitrogen fixation in the Sargasso Sea. — Deep-Sea Res., 7.
- Ekman S. 1953. Zoogeography of the sea. — London.
- Enomoto Y., 1957. Studies on plankton in the west coast of Kyushu. I. On the general seasonal successions of phytoplankton and zooplankton chiefly in 1954. — Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., 11.
- Enomoto Y. 1962. Studies on the food base in the Yellow and the East China Seas. I. Plankton survey in summer of 1956. — Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 28 (8).
- Enomoto Y. 1963a. II. Plankton survey in winter of 1957. — Ibid., 29 (1).
- Enomoto Y. 1963b. III. Notes on some dominant zooplankton. — Ibid., 29 (1).
- Enomoto Y. 1963c. IV. Notes on some indicator species. — Ibid., 29 (2).
- Fukuoka J. and I. Tsuiki. 1954. On the variation of chlorinity in the Kuroshio area (especially, on the low chlorinity in summer). — Oceanogr. Mag., 6 (1).
- Hue L. S. 1963. Notes on the plankton and its collection in the seas adjacent to

- Korea (abstract). — Indo-Pacific Fish. Council., Proc. 10-th Sess., Seoul, 10—25 Oct. 1962, Sect. II, Techn. Papers.
- Hulburt E. M. 1962. Phytoplankton in the Southwestern Sargasso Sea and North Equatorial Current, February 1961. — *Limnol. Oceanogr.*, **7** (3).
- Koizumi M. 1957. On the forecast of oceanographic conditions in the seas west of Japan. — *Oceanogr. Mag.*, **9** (1).
- Koizumi M. 1964. On the standard deviation of the surface temperature of the East China Sea. — *Studies on Oceanography*, Ed. K. Yoshida, Univ. Wash. Press.
- Mao Han-lee, Ren Yun-wu and Wan Kou-min. 1964. A preliminary investigation on the application of using T—S diagrams for a quantitative analysis of the watermasses in the shallow water area. — *Oceanol. Limnol. Sinica*, **6** (1).
- Miyazaki M. 1949. The incoming and outgoing heat at the sea surface along the «Tusima» warm current. — *Oceanogr. Mag.*, **1** (2).
- Motoda S. 1956. Plankton associations around Japan — Indo-Pacific Fish. Council., Proc., 6th Sess., Tokyo, 30 Sept. — 14 Oct. 1955, Sect. II and III.
- Sorokin C. 1960. Kinetic studies of temperature effects on the cellular level. — *Biochim. Biophys. Acta*, **38** (2).
- Uda M. 1953. On the divergence and convergence in the NW Pacific in relation to the fishing grounds and productivity — *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **19** (4).
- Uda M. and M. Ishino. 1958. Enrichment pattern resulting from eddy systems in relation to fishing grounds. — *J. Tokyo Univ. Fish.*, **44** (1—2).
- Yamada T. 1933a. On the distribution of the temperate plankton in the western part of the Korean Strait. — *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **1** (6).
- Yamada T. 1933b. Report on the distribution of the plankton in the neighbouring seas of Tyosen, in June 1932. — *App. Ann. Rep. Hydrogr. Obser.*, No 7.
- Yoshida K. and M. Tsuchiya. 1957. Northward flow in lower layers as an indicator of coastal upwelling. — *Rec. Oceanogr. Works Japan*, **4** (1).