

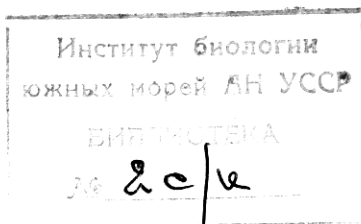
АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

Экология моря

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1980 г.

Выпуск 5



КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1981

ЭКОСИСТЕМЫ ПЕЛАГИАЛИ ОТКРЫТЫХ РАЙОНОВ

УДК 591.5(267)

Т. С. ПЕТИПА, В. Н. ИВАНОВ

ЗАДАЧИ И НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ В ПЕЛАГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВАХ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА

(по результатам 4-го рейса НИС «Профессор Водяницкий»)

Изучение функциональных свойств морских экосистем в зависимости от их структуры представляет одну из актуальных и насущных задач современной морской экологии. Такие исследования необходимы для выявления общих закономерностей существования природных сообществ и продуцирования ими органического вещества.

Морские экосистемы — это сложные биогеохимические системы, представляющие определенные водные массы с населяющими их сообществами организмов. Сообщества состоят из популяций и экологических группировок, находящихся в динамическом взаимодействии между собой и физико-химическими факторами среды.

Задача комплексного изучения структуры и функционирования экосистем включает, с одной стороны, многоплановые исследования состава пелагических биогеоценозов, от солей химических элементов и лучистой энергии до хищных беспозвоночных и рыб, с другой — выяснение функциональных свойств и взаимодействия структурных компонентов экосистем в пространственно-временном (в том числе эволюционном или сукцессионном) аспектах. Крайне необходимы исследования по динамике различных функциональных процессов. Без знания основных функциональных свойств экосистем и их компонентов нельзя уяснить сущности и механизмов процесса продуцирования органики.

Можно считать, что основными связями в экосистеме, ведущими к продуцированию и переносу органического вещества, являются связи пищевые [7, 11—13]. Поэтому именно изучение трофических взаимоотношений внутри сообщества и трансформации органического вещества его компонентами служит основным средством для получения важнейших характеристик функционирования сообществ и его продуктивности. Продуцируя и трансформируя органическое вещество, морские биогеоценозы вместе с тем играют важную биогеохимическую роль, постоянно создавая то, что мы называем средой обитания. Вскрытие путей и закономерностей движения (в открытых экосистемах), а также круговорота (в закрытых экосистемах) отдельных химических элементов весьма важно как с точки зрения получения данных об интенсивности функционирования экосистем и воссоздания основных свойств среды, так и для оценки роли тех или иных элементов в экосистеме. Сами химические элементы могут быть лимитирующим фактором в экосистеме, носителями радионуклидов или выступать в качестве вредной примеси, как это бывает при загрязнении морской среды, например, тяжелыми металлами.

Трофический подход к изучению функционирования пелагических сообществ может быть рассмотрен с трех точек зрения: экологической, эколого-физиологической, биохимической. В совокупности с геохимическими аспектами они определяют основные закономерности накоп-

ления, расхода и переноса вещества и энергии популяциями и трофическими уровнями биогеоценозов.

Эти проблемы и определили в основном цель 4-й экспедиции НИС «Профессор Водяницкий» в Индийский океан в период с 18 мая по 25 сентября 1978 г.

Экспедиция выполнена по программе СЭВ и трем темам Института биологии южных морей АН УССР им. А. О. Ковалевского: «Сравнительный анализ этологических и физиологических закономерностей функционирования морских экосистем», «Закономерности поражения и восстановления морских биогеоценозов», «Изучение сырьевых запасов кальмаров открытого океана и их оптимальное использование».

Конкретные задачи работ этой экспедиции были следующими:

1. Оценка количественного микрораспределения взвеси, фито- и зоопланктона в зависимости от вертикальной структуры водной толщи, гидрохимических (биогенные элементы, кислород) и гидрологических (температура, соленость) факторов среды.

2. Исследование пищевого поведения и пищевых взаимоотношений планктона в море.

3. Определение скоростей движения и дыхания у главных представителей экологических групп пелагических сообществ при различных условиях. Выяснение роли поведения в изменении интенсивности энергетического обмена животных.

4. Исследование элементов баланса вещества и энергии (азот, углевод, липиды, гликоген) в популяциях из различных трофических уровней. Роль биохимических субстратов в питании и дыхании животных.

5. Определение продукции фитопланктона прямым счетом, радиоуглеродным и радиоавтографическим методами.

6. Выявление физиолого-биохимических показателей состояния популяций у главных представителей трофических уровней сообществ пелагиали.

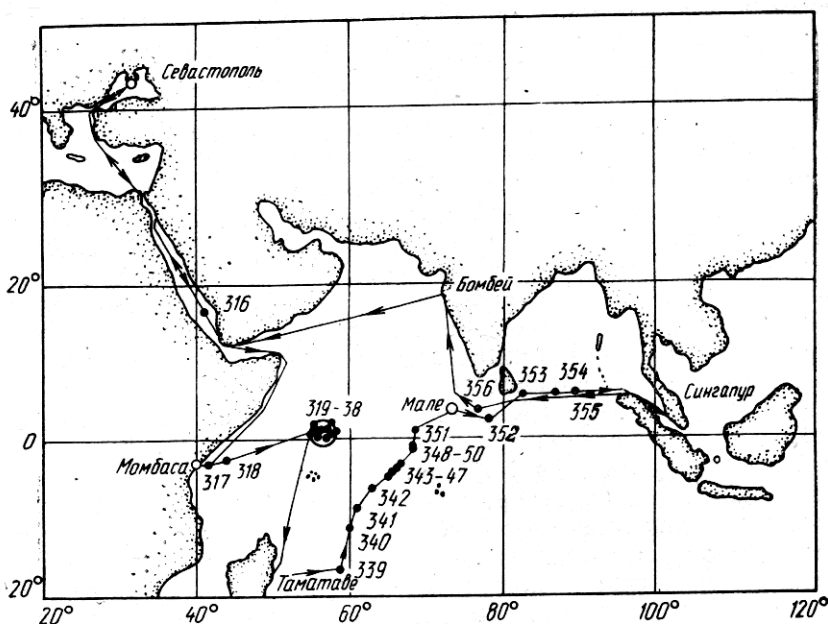
7. Изучение содержания микроэлементов в воде и организмах в связи с их экологией и типом питания. Определение параметров био-генной миграции цинка.

8. Количественная оценка численности, биомассы эпипелагических кальмаров, летучих рыб и миктофид. Питание и пищевые связи высших трофических уровней в пелагических сообществах (суточная ритмика питания, определение рационов, скорости переваривания пищи).

Маршрут 4-го экспедиционного рейса НИС «Профессор Водяницкий» и местоположение станций показаны на рисунке. Основные экспериментальные работы выполнены на полигонах: I — с 14 по 26 июня, ст. 319 — 338; II — с 11 по 15 июля, ст. 348 — 351; III — с 25 по 31 августа, ст. 356. На всем пути следования в пределах акватории Индийского океана днем в течение 10—12 ч проведен визуальный количественный учет летучих рыб, млекопитающих и птиц.

В экспедиции¹ участвовали 20 сотрудников Института биологии южных морей (Севастополь, Карадагское отделение), сотрудник лаборатории техники экспедиционных исследований и промысловых пособий ВНИРО Д. Е. Левашов (Москва) и кинооператор специальных съемок киностудии Леннаучфильм Б. В. Балашов (Ленинград). С 3 июня по 1 июля в экспедиции принимали участие французские биологи: Р. Годи (R. Gaudy) — сотрудник Марсельского университета (Sciences de la mer, Marseille, Luminy, zooplankton) и Ж. Буше (J. Boucher) — сотрудник Океанографического центра в Бресте (Centre Océanologique de Bretagne).

¹ Научный состав экспедиции постоянно получал помощь и поддержку со стороны команды судна во главе с капитаном дальнего плавания А. Н. Леоненко, за что выражает им благодарность.



Маршрут 4-го экспедиционного рейса НИС «Профессор Водяницкий», май — сентябрь 1978 г.

В настоящем сборнике представлены основные результаты проведенных исследований, касающиеся главным образом экспериментальной части работ, выполненных на I—III полигонах, а также результаты, характеризующие некоторые свойства популяций и экосистем.

Сопоставление полученных полевых материалов дает возможность кратко охарактеризовать гидрологическую обстановку исследованных районов Индийского океана. Все три полигона расположены в относительно устойчивой зоне экваториальных течений со слабым подъемом вод. Исследованная водная толща состоит из двух слоев: поверхностной водной массы глубиной до 50—80 м с характерными муссонными течениями и промежуточного слоя повышенной солености (водная масса красноморского происхождения) с основным противотечением Тареева, захватывающим толщу от 60 до 500 м. На I полигоне поверхностная водная масса практически отсутствует, уступая место слою противотечения. Динамический режим вод отмеченных районов в общих чертах характеризуется свободными колебаниями от 5 до 28 суток в меридиональном направлении и меандрирует в широтном направлении в пределах от 1—3° с. ш. до 4—7° ю. ш.

Более устойчивая стратификация наблюдалась на II полигоне, подъем вод выражен сильнее всего на III полигоне. Об этом свидетельствуют характер расположения и градиенты термоклина и других скачков гидрологических и гидрохимических параметров, а также количество фосфатов в поверхностных водах [8]. На I и II полигонах скачки всех основных параметров расположены на глубине 80—110 м, на III полигоне — на глубине 20—60 м. Количество фосфора на поверхности на I полигоне составляет 2—3 мг·м⁻³, на III — 3—5 мг·м⁻³.

Слабый вертикальный подъем вод на I полигоне подтверждается также постоянным дефицитом всех форм цинка в фотическом слое по сравнению с их концентрациями на больших глубинах. Пониженное содержание химических элементов (в том числе и цинка) в водах фотического слоя может быть объяснено большим изъятием этих элементов живыми организмами и преобладанием процессов седиментации

элементов над выносом их из нижних слоев или поступлением из других источников. Составлено балансовое равенство переноса цинка (с учетом различных его форм), что в комплексе с результатами по определению первичной продукции позволило оценить скорость вертикального обмена вод через нижнюю границу фотосинтеза — $0,4 \cdot 10^{-4}$ см/с.

Описанные особенности гидрологической структуры исследованных вод характерны для океанических олиго- и мезотрофных районов. Эти свойства среды четко отражаются на характере распределения и величинах биотических факторов, а также определяют особенности функциональных процессов. Так, по данным Л. В. Кузьменко и Л. М. Сергеевой [1], уровень первичной продукции на всех трех полигонах, создаваемой главным образом мелким фитопланктоном, невысок и составляет $0,06 \text{ г С} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$; биомасса микро- и мезозoopланктона низка — $0,4 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$; 90% общего сестона ($4,8 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$) составляет детрит (Т. В. Павловская). Выявленные особенности суточной динамики и вертикального распределения фито- и зоопланктона связаны с гидрологической структурой водной толщи.

Для суждения о характере и интенсивности накопления и расхода органического вещества массовыми видами зоопланктона в пелагических экосистемах изучены у пяти—восьми представителей основные элементы баланса вещества и энергии, роль некоторых биохимических субстратов в балансе вещества, временная структура двигательной активности животных и их энергетический обмен при наибольшей подвижности.

Обнаружено, что количество накопленного гликогена зависит от состава и количества пищи, но в целом представляет небольшой процент ассимилированного вещества [5].

При изучении баланса вещества у 6 видов зоопланктона зафиксировано смешанное питание с преобладанием хищничества [4]. Эти материалы подтверждают обнаруженную тенденцию к постоянству эврифагии, хищничества и высоких энергетических расходов у большинства пелагических планктонных животных из олиготрофных и мезотрофных районов океана [6].

При наибольшей подвижности планктонных животных в экспериментальных условиях и поддержании некоторых естественных факторов среды получены величины общего обмена, в 2—5 раз превосходящие стандартный обмен. Эти колебания метаболизма являются результатом изменений способа и интенсивности двигательной активности. Интенсивность общего обмена повышается с увеличением скорости скачкообразного движения и его доли при плавании копепод в переманном режиме [3].

В условиях, обеспечивающих наибольшую подвижность (объем аквариума — 10 л), проведена двухмерная киносъемка различных способов плавания у четырех видов копепод. Обработка кинограмм позволила оценить величину средней и максимальной скоростей движения этих рачков и проследить их изменение в зависимости от направления движения [2].

Была проведена серия одновременных измерений потребляемого кислорода и величины различных биохимических субстратов при кратковременном голодании. В условиях максимальной подвижности планктонных организмов такие исследования до сих пор не проводились. Сопоставление данных по экскретируемому азоту (данные французского ученого Р. Годи), динамике расхода гликогена (А. Л. Морозова), общих липидов (В. Я. Щепкин) и азота (Е. В. Павлова) в теле планктонов позволяет оценить роль каждого из этих субстратов в энергетическом обмене животных.

Значительные исследования проведены по оценке запасов кальмаров и некоторых рыб в Индийском океане, а также рассмотрена роль

макрозоопланктона в питании высших звеньев пелагических пищевых цепей (Ч. М. Нигматуллин).

Проведены специальные исследования по выявлению физиолого-биохимических показателей состояния популяций океанического кальмара. Выявлено, что печень кальмаров содержит высокий процент сухого вещества, жира, а также обезжиренного сухого вещества и играет важную роль при подготовке к нересту. Лабильность запасов белка и жира в печени свидетельствует о значительном использовании обоих биохимических субстратов в энергетическом и пластическом обменах. Это подтверждено экспериментально в процессе семичасового голодания животных. Одновременно в первом приближении удалось оценить величину суточного рациона взрослых кальмаров [9, 10].

Полученные полевые и экспериментальные материалы позволят в дальнейшем оценить воздействие миграционного и пищевого поведения популяций и их эколого-физиологических особенностей на перенос и накопление вещества, а также энергии по трофическим уровням пелагических экосистем Индийского океана.

1. Кузьменко Л. В., Сергеева Л. М. Первичная продукция тропических районов Индийского океана. — См. настоящий сб.
2. Павлова Е. В. Скорость движения копепод из планктона Индийского океана. — См. настоящий сб.
3. Павлова Е. В., Мельник Т. А. Интенсивность общего обмена у некоторых планктонных ракообразных тропической части Индийского океана. — См. настоящий сб.
4. Павловская Т. А., Аболмасова Г. И. Энергетический баланс у массовых видов ракообразных Индийского океана. — См. настоящий сб.
5. Павловская Т. В., Морозова А. Л. Изучение энергетического баланса и динамики гликогена у *Scolecithrix danae* (Lubbock) в условиях различных режимов питания. — См. настоящий сб.
6. Петипа Т. С., Монаков А. В., Павлютин А. П., Сорокин Ю. И. Питание и баланс энергии у тропических копепод. — В кн.: Биологическая продуктивность южных морей. Киев: Наук. думка, 1974, с. 136—152.
7. Петипа Т. С., Павлова Е. В., Миронов Г. Н. Структура пищевых сетей, передача и использование вещества и энергии в планктонных сообществах Черного моря. — В кн.: Продукция и пищевые связи в сообществах планктонных организмов. Киев: Наук. думка, 1970, с. 3—43.
8. Тимощук В. И., Макеев Г. Н. Гидрологическая характеристика биологически деятельного поверхностного слоя экваториальных вод Индийского океана. — См. настоящий сб.
9. Шульман Г. Е., Нигматуллин Ч. М. Изменение индексов печени у кальмара *Sthenoteuthis oualaniensis* (Lesson) из тропической зоны Индийского океана в экспериментальных условиях. — См. настоящий сб.
10. Шульман Г. Е., Яковлева К. К. О содержании сухого вещества, жира и обезжиренного сухого вещества в печени кальмара *Sthenoteuthis oualaniensis* (Lesson) из тропической зоны Индийского океана. — См. настоящий сб.
11. Landry M. R. A review of important concepts in the trophic organization of pelagic ecosystems. — Helgoländ. wiss. Meeresuntersuch, 1977, 30, N 1/4, p. 8—17.
12. McAllister C. D. Zooplankton ration, phytoplankton mortality and the estimation of marine production. — In: Marine food chains / Ed. J. H. Steele. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1970, p. 419—547.
13. Petipa T. S. Matter accumulation and energy expenditure in planktonic ecosystems at different trophic levels. — Mar. Biol., 1978, 49, p. 285—293.

PROBLEMS AND CERTAIN RESULTS OF STUDIES OF FUNCTIONAL RELATIONS IN PELAGIC CENOSSES OF THE INDIAN OCEAN

(from the results of the 4th cruise of the research vessel "Professor Vodyanitsky")

Summary

The results of hydrological and hydrochemical analyses, treatment of plankton and seston samples, the magnitude of primary production in the Indian Ocean tropical zone gave reasons to refer the investigated regions, in the main, to oligotrophic ones. For 5-8 mass species of zooplankton, the intensity of accumulation and expenditure of organic matter, role of certain biochemical substrates in its balance, time structure of motor activity were studied, the motion rates under maximum mobility are obtained. Certain physiological-and-biochemical indices of the populations state are found for the oceanic squid. The degree of the ocean pollution is estimated.

УДК 551.48(267)

В. И. ТИМОЩУК, Г. Н. МАКЕЕВ

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОЛОГИЧЕСКИ ДЕЯТЕЛЬНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЭКВАТОРИАЛЬНЫХ ВОД ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА

Основные экспедиционные исследования в 4-ом рейсе НИС «Профессор Водяницкий» летом 1978 г. проводились на полигоне и много-часовых ст. 338, 351, 356 севернее экватора (рис. 1). Гидрологические исследования имели подчиненную роль и ограничивались регистрацией температуры и солености термогалинозондом «Исток» биологически деятельного поверхностного слоя до глубины 500 м.

Цель настоящей работы — характеристика структуры вод и водных масс в районах основных гидрологических исследований, а также определяющих их факторов, в летний сезон северного полушария.

Вся часть Индийского океана севернее 10° ю. ш. находится под сильным влиянием борических образований на Азиатском материке, которые обуславливают сезонную смену ветров-муссонов и поверхностных течений более чем на 90° по направлению. На западе, между восточной Африкой и Мадагаскаром, а также восточнее 110° в. д., южная граница муссонной области (тропический атмосферный фронт) достигает 29° ю. ш. По сезонным изменениям средних значений скорости ветра и поверхностных течений в муссонной области выделяют два неодинаковых по продолжительности периода: летний юго-западного муссона (устойчивость 80%, $8-10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$) — длинный, с двумя под-периодами: раннего (май—июнь) и позднего (июль—сентябрь) лета; короткий зимний северо-восточного муссона (декабрь—февраль).

Переход от летнего муссона к зимнему происходит в октябре—ноябре, а от зимнего к летнему — в марте—апреле. В аномальные годы переходные периоды сдвигаются относительно средних [1]. Со сменой муссона происходит перестройка циркуляции вод. Преобладание определенного типа муссонной поверхностной циркуляции зависит от устойчивости атмосферной циркуляции. Скорость ветра и продолжительность сезона юго-западного муссона в области между 10° ю. ш. и 10° с. ш. более устойчива и в среднем в 2 раза выше, чем в зимний сезон северного полушария. Летний тип экваториальной циркуляции вод Индийского океана представлен двумя крупномасштабными квазиональными поверхностными течениями: юго-западным муссонным, направ-