

ПРОВ. 1265

ПРОВ 98

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

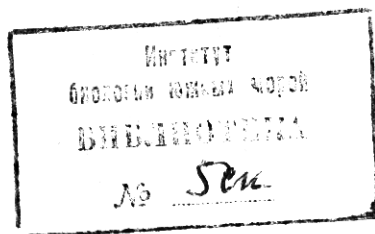
БИОЛОГИЯ МОРЕЯ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

Выпуск 39

ВОПРОСЫ ГИДРОБИОЛОГИИ ПЕЛАГИАЛИ
И ПРИБРЕЖНЫХ ВОД
ЮЖНЫХ МОРЕЙ



2. Андреева И. Б. О глубине залегания звукорассеивающих слоев Атлантического океана.— Океанология, 1973, 13, 5, 782—786.
3. Беклемишев К. В. Эхолотная регистрация скоплений макропланктона и их распределение в Тихом океане.— Труды ИО АН СССР, 1964, 65, 197—229.
4. Гресе В. Н., Ковалев А. В., Хлыстов Н. З. Гидрофизические и биологические исследования пелагиали Южной Атлантики и Средиземного моря.— В кн.: «Экспедиционные исследования в Южной Атлантике и Средиземном море. 27-й рейс НИС «Михаил Ломоносов». Киев, «Наукова думка», 1975, 3—11.
5. Грузов Л. Н. Формирование скоплений зоопланктона в пелагиали Гвинейского залива.— Труды АтлантНИРО, Калининград, 1971, 37, 406—428.
6. Макитас Я. П., Рябцев Ю. Я. Результаты наблюдений звукорассеивающих слоев в Атлантическом и Индийском океанах в экспедиционном рейсе НИС «Сергей Вавилов».— Океанология, 1973, 13, 3, 505—511.
7. Пономарева Л. А. Мигрирующие звукорассеивающие слои в Атлантическом океане.— Океанология, 1974, 14, 5, 907—911.
8. Kampa E. M., Boden B. P. Submarine illumination and the twilight movements of a sonic scattering layer.— Nature, 1954, 174, 4436, 869—871.
9. Vučetić T., Kačić I. Fluctuations of zooplankton and echo-trace abundance in the Central Adriatic.— FAO. Cons. gen. peches Mediter, 1973, 53, 19—38.

Институт биологии
южных морей АН УССР
им. А. О. Ковалевского

Поступила в редколлегию
20.VI 1975 г.

УДК 577.472 : 551.463

Ю. Н. Токарев

ВЛИЯНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ПЛАНКТОНА НА ОСЛАБЛЕНИЕ СВЕТА

Решение многих актуальных вопросов развития морской техники, физической океанологии, прикладной гидрооптики и продукционных процессов Мирового океана связано с изучением проникновения и распространения света в водной толще.

Изучая вертикальную структуру водной толщи, исследователи обнаружили на разных глубинах один или несколько слоев пониженной прозрачности, природа которых объяснялась по-разному. После того как Йозеф [12] получил линейную зависимость между показателем ослабления света и концентрацией минеральных частиц в море, такая же связь была обнаружена между концентрацией фитопланктона и ослаблением света [2], между биомассой зоопланктона и ослаблением света [4]. В 1959 г. Ерлов [11] теоретически обосновал образование слоев пониженной прозрачности, полагая, что основную массу вещества слоев мутности составляет неживая материя. Это мнение Ерлова подвергли критике Г. Г. Неуймин и Н. А. Сорокина [6], которые пришли к выводу о справедливости положения Ерлова лишь для глубоководных оптических рассеивающих слоев. Слои мутности в эвфотическом слое океана, по их мнению, образуются за счет скопления живых организмов.

Лоренцен [13] сделал попытку дифференцировать роль фитопланктона, детрита, растворенной органики и минеральных частиц в ослаблении света в эвфотическом слое. Он пришел к выводу, что все эти факторы играют различную роль в зависимости от глубины эвфотической зоны. Так, области высокой биологической продуктивности характеризуются тонким эвфотическим слоем, в котором ослабление света происходит за счет фитопланктона. С утолщением эвфотической зоны, все большую роль в ослаблении света играют различные взвешенные в воде частицы, и, наконец, сама водная толща. При этом наиболее сложным оказывается учет влияния на ослабление света планктонных организмов. Во многом это объясняется тем, что различные группы планктона по-разному влияют на прозрачность воды. Так, в работе А. Г. Наумова и Л. А. Поно-

маревой [5] приводятся данные о том, что прозрачномер, обычно улавливающий изменения в концентрации планктона до $0,03-0,05 \text{ см}^3/\text{м}^3$, не реагировал на значительно большие концентрации прозрачных сальп и хетогнат.

В 1972 г. в Институте биологии южных морей АН УССР была начата разработка метода оценки влияния различных групп планктона на световое поле. Предстояло, изучив разнообразие форм, размеров и окраски, разработать методику определения оптических характеристик массовых представителей фитопланктона и исследовать влияние, оказываемое ими на величину коэффициента светопропускания.

При разделении основных морфологических типов фитопланктона оказалось [7], что в количественном отношении наиболее многочисленны (более 60% общего количества) клетки размером до 20 мкм. Наиболее общими формами фитопланктонных организмов оказались овальная, грушевидная, цилиндрическая и сферическая. При этом у многих групп фитопланктона клетки овальной формы преобладают, составляя от 60 до 93% [1].

Таблица 1

Основные характеристики культур планктонных водорослей, применявшихся в опытах по изучению влияния планктона на световое поле

Наименование культуры	Окраска	Размеры клеток, мкм			Форма клеток
		Длина	Ширина	Толщина	
<i>Peridinium trochoideum</i> (Stein) Lomm	Желто-бурая	20—36	20—23	20	Грушевидная
<i>Nephrochloris salina</i> Carter	Желто-зеленая	4—8	5	4	Сферическая
<i>Glenodinium foliaceum</i> Stein	»	30—50	30	15—20	Серповидная
<i>Platymonas viridis</i> Rouch.	Зеленая	9—13	4—7	4—6	Овальная
<i>Amphidinium klebsii</i> Kof. Sw.	Желто-бурая	10—20	10—20	8	»
<i>Prymnesium parvum</i> Carter	Золотистая	8—15	5	6	»
<i>Prorocentrum micans</i> Ech.	Желто-бурая	30—50	20—24	10—15	»
<i>Gymnodinium lanskaya</i> Rouch.	»	9—17	7—10	5—7	Грушевидная
<i>Exuviaella cordata</i> Ostf.	Желто-зеленая	20	20	9—15	Овальная

В экспериментах использовались близкие к выделенным типам монокультуры планктонных водорослей, выращенные Л. А. Ланской в лаборатории физиологии водорослей ИнБИОМ АН УССР (табл. 1). Суть методики заключалась в сравнении коэффициентов пропускания монокультур и эталона, в качестве которого использовалась морская вода, профильтрованная через стеклянный фильтр с впаянной пористой пластинкой (марка 26 G, $d=13 \text{ мм}$). Поставленная задача решалась с помощью фотоэлектрического абсорбциометра-нефелометра ЛМФ-69. Прибор позволяет производить измерения оптических характеристик как в интегральном, так и в монохроматическом свете, получаемом с помощью пяти интерференционных светофильтров, имеющих следующие длины волн в максимуме пропускания: 450, 490, 540, 610 и 680 нм. Регистрация измерений проводилась высокочувствительным стрелочным зеркальным гальванометром.

С целью уменьшения систематических ошибок измерения оптической плотности проводились в наиболее оптимальной области — при $D=0,8$. В этом случае с учетом примененной в ЛМФ-69 схемы оптической компенсации с одним фотоэлементом относительная погрешность измерений оптической плотности минимальна. Возможные ошибки при камерном

подсчете клеток водорослей под микроскопом уменьшались, с одной стороны, благодаря тщательному перемешиванию культур при разбавлении, а с другой — благодаря неоднократному (не менее трех раз) их пересчету.

Всего было поставлено около 200 опытов с монокультурами девяти видов водорослей и проведено более 1500 измерений их оптических характеристик. Концентрация водорослей в опытах изменялась от нескольких сотен до сотен тысяч в 1 мл.

ВЛИЯНИЕ ОКРАСКИ ПЛАНКТОННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ НА КОЭФФИЦИЕНТ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ

Форма спектральной кривой поглощения зависит от набора пигментов, определяющих окраску планктонных водорослей и принадлежащих к каталитически активным окрашенным веществам, для которых харак-

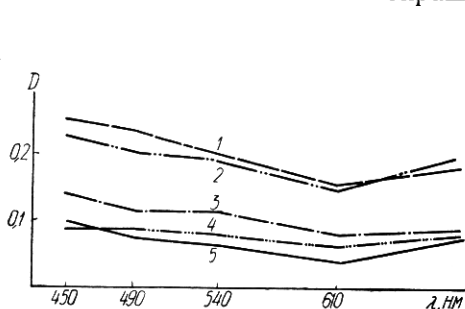


Рис. 1. Спектры оптической плотности: 1 — *Gymnodinium lanskaya* при $K=10 \times 10^3$ кл./мл, 2 — *Platymonas viridis* при $K=90 \cdot 10^3$ кл./мл, 3 — *Amphidinium klebsii* при $K=35 \cdot 10^3$ кл./мл, 4 — *Euxyiaella cordata* при $K=37 \cdot 10^3$ кл./мл, 5 — *Prymnesium parvum* при $K=104 \cdot 10^3$ кл./мл.

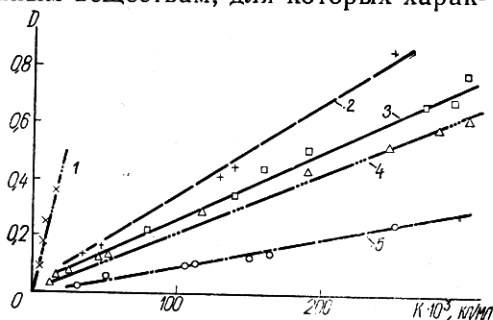


Рис. 2. Зависимость величины оптической плотности от концентрации водорослей: 1 — *Gymnodinium lanskaya*, 2 — *Amphidinium klebsii*, 3 — *Platymonas viridis*, 4 — *Nephrochlorus salina*, 5 — *Prymnesium parvum*.

терны определенные полосы поглощения. На рис. 1 приведены спектры оптической плотности для равных концентраций некоторых культур, отличающихся только окраской.

Как видно из рис. 1, у всех водорослей наиболее интенсивное поглощение происходит в синей части спектра ($\lambda=450$ нм), в соответствии с изменением с глубиной спектрального состава света в сторону более коротких волн.

Однако, несмотря на некоторые общие закономерности, присущие поглощению света суспензиями водорослей, основные оптические характеристики у монокультур различной пигментации отличаются довольно значительно. Это касается и формы кривых спектров оптической плотности (рис. 1), и величин коэффициентов светопропускания различных культур в главном максимуме поглощения при равных концентрациях (рис. 2). Так, желто-зеленые *Euxyiaella cordata* заметно уступают по показателю оптической плотности желто-бурым *Amphidinium klebsii* (рис. 2). Ослабление света желто-бурыми *Gymnodinium lanskaya* почти на порядок превосходит ослабление света, производимое зеленой водорослью *Platymonas viridis*.

Интересно отметить, что по форме спектра оптической плотности можно приблизительно определить окраску исследуемых культур. Для этого достаточно проанализировать у названных водорослей отношение значений оптической плотности в главном и втором максимуме поглощения. Поскольку при поглощении света в коротковолновой части оптического диапазона заметную роль играют каротиноиды, а в длинноволновой части поглощение производится в основном хлорофиллами, мож-

но предположить, что у желто-бурых водорослей это отношение будет выше, чем у зеленых. Действительно, при анализе соответствующих данных (рис. 1), оказалось, что у *Gymnodinium lanskaya* и *Amphidinium klebsii* D_{450}/D_{680} равно $1,3 \div 1,5$, а у *Platymonas viridis* $1,1 \div 1,2$. С изменением возраста культуры эти отношения могут несколько изменяться, но указанные отличия сохраняются.

Зависимости, представленные на рис. 2, построены по данным, характеризующим величину оптической плотности в главном максимуме поглощения света при различных концентрациях культур. Это позволило существенно уменьшить ошибку при измерениях, связанную с рассеянием, так как в мутных средах с окрашенными рассеивающими центрами влияние рассеяния на величину показателя ослабления света тем меньше, чем сильнее поглощается данная длина волны в красящем веществе. При сопоставлении значений оптической плотности у различных культур оказалось, что ослабление света водорослями соответствует закону Бугера—Ламберта—Бера. Следует отметить высокие коэффициенты корреляции (R) и сравнительно небольшие значения доверительных интервалов (R_1 и R_2), свойственные зависимостям оптической плотности от концентрации водорослей у всех культур, использовавшихся в опытах (табл. 2).

Отмеченную зависимость коэффициента оптической плотности от пигментации водорослей можно проследить и на рис. 2. Действительно, в участке спектра с $\lambda = 450$ нм наиболее сильное ослабление свойственно культурам с желто-бурой окраской (*Amphidinium klebsii* и *Gymnodinium lanskaya*), содержащим, помимо хлорофилла, большое количество каротиноидов.

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ КЛЕТОК ВОДОРΟΣЛЕЙ НА ВЕЛИЧИНУ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ

Влиянием только пигментации нельзя объяснить различие в показателях оптической плотности культур, имеющих одинаковую пигментацию, но разные размеры и формы клеток. Как следует из рис. 3, среди культур, имеющих желто-зеленую окраску, более крупная водоросль с клетками серповидной формы *Glenodinium foliaceum* имеет значительно меньший коэффициент светопропускания, чем более мелкая *Nephrochloris salina*, имеющая сферическую форму. Иными словами, на величину

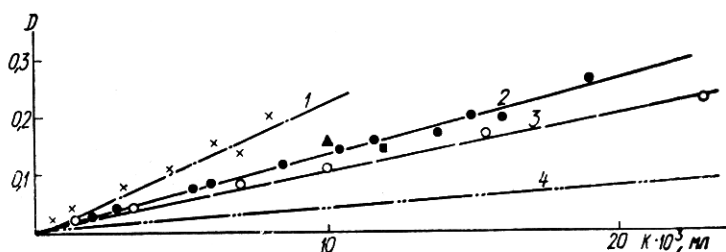


Рис. 3. Влияние на оптическую плотность равных концентраций крупных водорослей и мелкой *Nephrochloris salina*:

1 — *Prorocentrum micans*, 2 — *Peridinium trochoideum*, 3 — *Glenodinium foliaceum*, 4 — *Nephrochloris salina*.

оптической плотности существенное влияние оказывают кроме пигментации геометрическая форма и размерные соотношения клеток водорослей. Об этом же свидетельствуют результаты опытов, представленные в табл. 2. Так, при сравнении значений оптической плотности, приходящихся на одну клетку, выясняется, что у *Glenodinium foliaceum* оно более чем на порядок выше, чем у *Nephrochloris salina*.

Наиболее интересным есть то, что результаты проведенных ранее исследований влияния формы, размеров частиц на величину оптической плотности полностью соответствуют общей теории абсорбционной спектроскопии диспергированных веществ [8]. Основные выводы этой теории, требующие различного подхода к совокупности частиц, отличающихся геометрическими параметрами, подтверждены в ряде работ. В частности, С. В. Тагеева с соавторами [9] показали, что оптические свойства суспензии хлореллы в большой степени зависят от размеров и формы ее клеток. Предстояло определить, учитывая общую задачу исследований, как влияют на величину оптической плотности размер и форма клеток водорослей по сравнению с определенным выше влиянием на нее их пигментации. Эти работы проводились на тех же культурах, параметры которых приведены в табл. 1.

Таблица 2

Влияние планктонных водорослей на оптическую плотность

Наименование культуры	Концентрация, 10^8 кл/мл	Оптическая плотность, $см^{-1}$		Коэффициент корреляции			Коэффициент уравнения регрессии	
		культуры	клетки	r	r^1	r^2	A	B
<i>Prymnesium parvum</i>	282,0	0,286	$0,95 \cdot 10^{-6}$	0,997	0,989	0,999	0,0056	$0,97 \cdot 10^{-6}$
<i>Platymonas viridis</i>	225,0	0,626	$2,78 \cdot 10^{-6}$	0,969	0,775	0,996	-0,086	$0,32 \cdot 10^{-5}$
<i>Nephrochloris salina</i>	158,0	0,381	$2,41 \cdot 10^{-6}$	0,991	0,979	0,996	0,009	$0,24 \cdot 10^{-5}$
<i>Exuviaella cordata</i>	51,8	0,120	$0,23 \cdot 10^{-5}$	0,998	0,85	0,999	0,0018	$0,23 \cdot 10^{-5}$
<i>Prorocentrum micans</i>	4,6	0,110	$0,24 \cdot 10^{-4}$	0,994	0,702	0,999	0,0014	$0,24 \cdot 10^{-4}$
<i>Glenodinium foliaceum</i>	7,7	0,089	$0,115 \cdot 10^{-4}$	0,989	0,911	0,998	0,011	$0,1 \cdot 10^{-5}$
<i>Peridinium trochoideum</i>	8,6	0,116	$0,13 \cdot 10^{-4}$	0,995	0,978	0,999	0,0014	$0,14 \cdot 10^{-4}$
<i>Gymnodinium lanskaya</i>	7,2	0,184	$0,25 \cdot 10^{-4}$	0,991	0,926	0,999	0,016	$0,28 \cdot 10^{-4}$
<i>Amphidinium klebsii</i>	89,8	0,399	$0,33 \cdot 10^{-5}$	0,996	0,97	0,999	0,0069	$0,34 \cdot 10^{-5}$

Известно, что в процессе культивирования у многих видов водорослей происходит измельчение клеток, изменение их формы, толщины оболочки и других признаков. Поэтому работы велись преимущественно со свежими культурами, а перед началом опыта делался предварительный анализ величины разброса размерных соотношений клеток.

Результаты экспериментов представлены на рис. 4, на котором изображены спектры оптической плотности для водорослей, отличающихся только размерами (*Amphidinium klebsii* и *Prorocentrum micans*) и только формой (*Peridinium trochoideum* и *Prorocentrum micans*). Как видно из рис. 4, кривые спектров оптической плотности у приведенных культур, имеющих близкую окраску, практически одинаковы. Однако для достижения близких значений оптической плотности концентрации *Amphidinium klebsii* должна примерно на порядок превышать концентрацию *Prorocentrum micans*. Столь резкое отличие коэффициентов светопропускания этих водорослей объясняется значительным отличием объемов их клеток. Как следует из табл. 1, объем *Prorocentrum micans* действительно почти на порядок превышает таковой у *Amphidinium klebsii*.

Описанное ранее влияние пигментации на величину оптической плотности сохраняется во всех исследованных вариантах размерных соотно-

шений. Наименьший коэффициент светопропускания среди культур с разными размерами клеток и концентрациями имеют водоросли с желто-бурой окраской. Так, *Proocentrum micans* и *Peridinium trochoideum*, размеры которых примерно такие же, как у желто-зеленой *Glenodinium foliaceum*, заметно сильнее последней ослабляют свет при равных концентрациях (рис. 3).

Влияние, оказываемое формой клетки на величину оптической плотности, как видно из рис. 4, значительно менее выражено, чем влияние размеров водорослей и их пигментации. При близких величинах объемов клеток *Peridinium trochoideum* и *Proocentrum micans* отличие их формы обуславливает почти двукратное различие в величинах оптической плотности при равных концентрациях этих культур. Это касается и более мелких форм, представленных культурами водорослей *Amphidinium klebsii*, *Platymonas viridis*, *Nephrochloris sal.*, *Prymnesium parvum* (рис. 2), имеющих овальную и сферическую форму клеток.

Обнаруженное влияние на величину оптической плотности не только количественных характеристик планктонных организмов, но и их качественных показателей, может быть использовано для оценки составляющих общего ослабления света, приходящихся на те или иные виды.

Для проверки этого предположения были поставлены лабораторные опыты по исследованию оптических характеристик смесей культур планктонных водорослей.

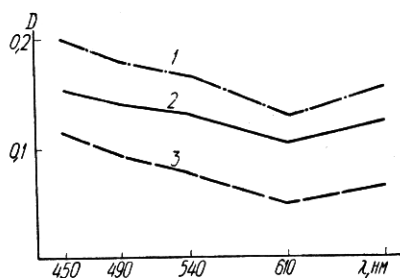


Рис. 4. Вид спектра оптической плотности водорослей:

1—*Proocentrum micans* при $K=8,5 \times 10^3$ кл./мл, 2—*Amphidinium klebsii* при $K=17 \cdot 10^3$ кл./мл, 3—*Peridinium trochoideum* при $K=8 \cdot 10^3$ кл./мл.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМЕСЕЙ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Измерялись оптические характеристики каждой из культур, использовавшихся в опыте. Затем в объеме 40 мл составлялись их смеси в разных пропорциях, после чего измерялись оптические характеристики получаемых смесей и проводилось их сравнение с характеристиками, полученными для каждой водоросли в отдельности.

На рис. 5. представлены результаты работ с различными смесями, состоящими из желто-бурых *Peridinium trochoideum*, *Proocentrum micans* и желто-зеленой *Glenodinium foliaceum*. При этом на рис. 5, А показаны спектры оптической плотности указанных культур, а на рис. 5, Б — спектры оптической плотности смеси, состоящей из равных объемов *Peridinium trochoideum* и *Proocentrum micans* (кривая 1) и смеси, состоящей из равных объемов всех трех культур (кривая 2).

При сравнении спектров оптической плотности каждой культуры и их смесей, выясняется, что смеси суммируют признаки составляющих их культур и сохраняют соответствие закону Бугера—Ламберта—Бера. Как следует из рис. 5, Б, величина оптической плотности смесей в главном максимуме поглощения равна сумме оптических плотностей каждой из указанных культур (рис. 5, А) при этой длине волны, деленных на долю, занимаемую каждой из них в общем объеме смеси.

Совокупность признаков, типичных для каждой культуры в отдельности, характерна и для форм спектров оптической плотности смесей.

Так, типичный для желто-бурых водорослей подъем спектра в участке с $\lambda=540$ нм сохраняется в смеси *Peridinium trochoideum* и *Procentrum micans* (рис. 5, Б, кривая 1). При смешивании этих культур с желто-зеленой водорослью *Glenodinium foliaceum*

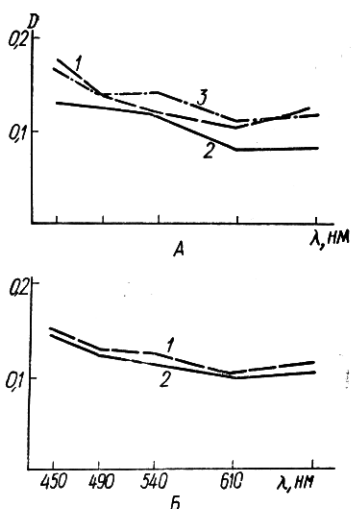


Рис. 5. Спектры оптической плотности.

А — водоросли: 1 — *Glenodinium foliaceum* при $K=15 \times 10^3$ кл./мл, 2 — *Peridinium trochoideum* при $K=14 \cdot 10^3$ кл./мл, 3 — *Procentrum micans* при $K=7 \cdot 10^3$ кл./мл;

Б — смеси: 1 — *Peridinium trochoideum* и *Procentrum micans*, 2 — *Glenodinium foliaceum*, 3 — *Peridinium trochoideum* и *Procentrum micans*.

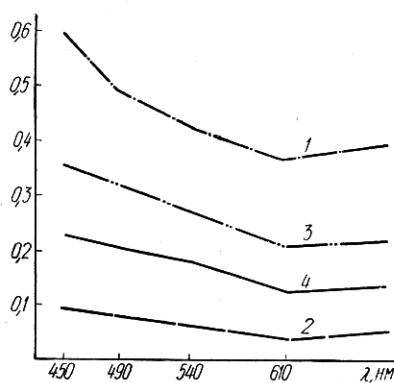


Рис. 6. Спектры оптической плотности *Nephrochloris salina*, *Exuviaella cordata* и их смесей.

и, этот подъем в значительной мере сглаживается (рис. 5, Б, кривая 2).

Отношение D_{450}/D_{680} смесей также может служить одним из критериев оценки их качественного состава. Так, при D_{450}/D_{680} у *Peridinium trochoideum* равно 1,5, у *Procentrum micans* — 1,7, а у *Glenodinium foliaceum* — 1,3 это отношение в сме-

си равных объемов первых двух культур составляет около 1,55, свидетельствуя о том, что концентрация *Peridinium trochoideum* в данном случае больше. Отношение D_{450}/D_{680} смеси, состоящей из равных объемов первых двух культур, составляет около 1,4, указывая на то, что концентрация желто-зеленой *Glenodinium foliaceum* превосходит в составленной смеси концентрации двух других культур.

На рис. 6 приведены спектры оптической плотности *Nephrochloris salina* (кривая 1). *Exuviaella cordata* (кривая 2) и их смесей. Кривая 3 построена по данным оптической плотности для смеси, состоящей из равных объемов этих культур, а кривая 4 — для смеси, состоящей на $1/4$ своего объема из первой культуры, а на $3/4$ — из второй. При анализе формы спектров и величин оптической плотности указанных смесей подтверждаются выводы, которые были сделаны выше для смесей других культур. Так, при D_{450}/D_{680} у *Nephrochloris salina* равно 1,54, а у *Exuviaella cordata* — 1,9, это отношение у первой смеси оказалось равным 1,6, а у второй — 1,7. На основании этого можно сделать вывод о повышении концентрации *Exuviaella cordata* в составленных смесях во втором случае по сравнению с первым, что соответствует действительности. Это же можно сказать о справедливости для обеих смесей закона Бугера—Ламберта—Бера, согласно которому коэффициент оптической плотности второй смеси оказался значительно меньше, чем первой.

Предварительную оценку качественного состава смеси и количественного содержания в ней того или иного морфологического типа водо-

рослей можно делать также, имея графики, построенные по значениям оптической плотности в главном максимуме поглощения для каждой водоросли. В качестве примера рассмотрим уже упоминавшуюся смесь, состоящую из равных объемов *Peridinium trochoideum* и *Prorocentrum micans*. Полученная в этой смеси концентрация клеток в 1 мл суспензии

$$K_c = (K_1 \cdot 20 + K_2 \cdot 20) : 40 = 10,5 \cdot 10^3 \text{ кл/мл.}$$

Нанеся измеренное значение оптической плотности этой смеси при $\lambda = 450 \text{ нм}$ равное 0,155 на график (рис. 3), при полученной концентрации получаем точку (треугольник), гораздо ближе расположенную к линии *Peridinium trochoideum*, чем к линии *Prorocentrum micans*. Следовательно, есть основание считать, что в данной смеси количество клеток в 1 мл первой культуры значительно больше числа клеток второй, что соответствует действительности. Предварительная оценка качественного состава смеси по графикам оптической плотности культур в главном максимуме поглощения оказывается возможной и в случае сложных смесей, содержащих три и более компонентов. В качестве примера рассмотрим уже упоминавшуюся смесь, состоящую из равных объемов трех культур. Концентрация клеток в 1 мл данной смеси:

$$K_c = (K_1 \cdot 13,3 + K_2 \cdot 13,3 + K_3 \cdot 13,3) : 40 = 12,25 \cdot 10^3 \text{ кл/мл.}$$

По полученному значению оптической плотности этой смеси на графике (рис. 3, квадрат) можно определить, что в данной смеси количество клеток *Prorocentrum micans* значительно ниже, чем число клеток двух других водорослей. Численность же клеток *Peridinium trochoideum* и *Glenodinium foliaceum* в 1 мл примерно одинакова. Действительно, в полученной смеси число клеток *Prorocentrum micans* составляло $2,3 \cdot 10^3$, *Peridinium trochoideum* — $4,6 \cdot 10^3$ кл/мл, а *Glenodinium foliaceum* $5,2 \times 10^3$ кл/мл.

Таким образом, лабораторные исследования оптических характеристик смесей планктонных водорослей показали принципиальную возможность использования зависимостей между коэффициентом оптической плотности и характеристиками фитопланктонных организмов для индикации этих организмов в планктонных пробах. Показана также возможность расчета составляющих общего ослабления света, приходящихся на различные морфологические типы планктонных водорослей. Об этом свидетельствуют первые удачные попытки изучения с помощью малоинерционных прозрачномеров вертикальных миграций планктона [10] и качественных различий стационарных и «разбегающихся» слоев мутности [3]. При дальнейшем совершенствовании гидрооптических методов и приборов использование зависимостей между коэффициентом оптической плотности и морфологическими характеристиками планктонных организмов откроет новые возможности гидробиологических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова Л. А. Сезонное развитие фитопланктона в Гвинейском заливе.— В кн.: Продуктивная зона экваториальной Атлантики и условия ее формирования. Калининград, Изд-во АтлантНИРО, 1971, 117—159.
2. Кобленц-Мишке О. И., Козлянинов М. В. Вертикальное распределение фитопланктона и прозрачности в северной части Тихого океана.— ДАН СССР, 1966, 166, 2, 459—461.
3. Ли М. Е., Нарусевич Т. Ф., Неуймин Г. Г. О возможности оценки природы слоев пониженной прозрачности в море путем оптических измерений.— Морские гидрофизические исследования, 1972, 1, 62—66.
4. Лубны-Герцык Е. А., Десярев В. Н. Распределение слоя планктона и слоя пониженной прозрачности.— ДАН СССР, 1967, 176, 2, 443—445.

5. Наумов А. Г., Пономарева Л. А. Вертикальное распределение и суточные миграции основных представителей зоопланктона в северной части Индийского океана.— Труды ИОАН, 1964, 14, 250—256.
6. Неймин Г. Г., Сорокина Н. А. Об оптических рассеивающих слоях в море.— Океанология, 1964, 4, 1, 51—54.
7. Пицк Г. К. Размерная структура фитопланктона в тропической части Атлантического океана.— В кн.: Биологические процессы в морских и континентальных водоемах. Кишинев, 1970, 300—301.
8. Розенберг Г. В. Абсорбционная спектроскопия диспергированных веществ.— Успехи физических наук, 1959, 69, 1, 129—152.
9. Тагеева С. В., Брандт А. В., Коршунова В. С., Генерозова И. Л. Особенности оптической системы суспензии водоросли *Chlorella* и ее фотосинтетическая активность.— Известия АН СССР, серия биол., 1963, 3, 391—404.
10. Шерстянкин П. П., Каплин В. М. Исследование с помощью прозрачномера скоплений *Macrohectopus branickus* Dub. в оз. Байкал.— Гидробиол. журн., 1793, 9, 1, 48—50.
11. Jerlov N. C. Maximum in the vertical distribution of particles in the sea.— Deep-sea Res., 1959, v. 5, No. 3, 173—184.
12. Joseph J. Die Sinkstoffuhrung von Gereitenstromen als Tastanschproblem.— Arch. Meteorol., Geophys. und Bioklim., 1954, A.
13. Lorenzen K. J. Extinction of light in the ocean by phytoplankton.— Jour. du Conseil, 1972, v. 34, No 2, 262—267.

Институт биологии
южных морей АН УССР
им. А. О. Ковалевского

Поступила в редколлегию
22.VI 1975 г.

УДК 597.08 : 577.4

А. Д. Гордина

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ВЗРОСЛЫХ РЫБ В ЗАРОСЛЕВЫХ БИОЦЕНОЗАХ ЧЕРНОГО МОРЯ

Ихтиофауна Черного моря представлена 163 видами и подвидами рыб [5, 7, 15, 16, 18, 21, 24—26]. Все рыбы, обитающие в том или ином районе моря, составляют определенные группировки, характерные для данного биоценоза. До настоящего времени слабо изучены характер и степень постоянства пребывания рыб в том или ином биоценозе, а также динамика видового состава рыб в биоценозах, кормовых и нерестовых миграций.

В основу настоящей работы положены результаты наблюдений за сезонной динамикой видового состава и численности взрослых рыб в биоценозах цистозир и зостеры.

Взрослых рыб в прибрежных участках отлавливали сачками, на глубине 1—10 м — саком из хамсера диаметром 5—6 мм с площадью входного отверстия 1,1 м². Взрослых рыб на глубине от 5 до 10—12 м отлавливали одностенными жаберными сетями длиной 50 м.

СОСТАВ И ЧИСЛЕННОСТЬ РЫБ В БИОЦЕНОЗЕ ЦИСТОЗИРЫ

Наблюдения за сезонной динамикой видового состава и численностью рыб в биоценозе цистозир проводились в течение трех лет в районе Севастополя, а в отдельные сезоны года также в районе Новороссийска и бухте Ласпи. По нашим наблюдениям, в зарослях цистозир обитают рыбы 44 видов и подвигов. Рыбы быстроплавающие, по-видимому, не попадали в орудия лова, и мы их не могли учесть, поэтому о нахождении их в зарослях цистозир мы можем судить только по ихтиопланктонным ловам. Одни рыбы приходят в заросли цистозир на нерест, другие — на нагул и находят здесь для себя, как и их молодь,