

Ордена Ленина и ордена Дружбы Народов
АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского

На правах рукописи

ПАУТОВА
Лариса Альбертовна

УДК 574.583:581.526.325.4

СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОНА И РОЛЬ ДИНОФЛАГЕЛЛЯТ
В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ
(У ОСТРОВА ПОПОВА)

03.00.18 - гидробиология

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Севастополь
1987

К

Работа выполнена в Институте биологии моря Дальневосточного
отделения АН СССР и Институте экологии Волжского бассейна
АН СССР.

Научный руководитель – доктор биологических наук З.З.ФИНЕНКО

Официальные оппоненты – доктор биологических наук
И.В.МАКАРОВА
– кандидат биологических наук
Л.В.КУЗЬМЕНКО

Ведущее учреждение – Институт океанологии АН СССР

Защита диссертации состоится "___" _____ 1987 г.

в "___" час. на засе

Д.016.12.01 при И

им.А.О.Ковалевски

335000 г.Севастоп

С диссертацией мо
Института биолог

Автореферат разо

Учёный секрет
специализиров
кандидат биоло

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. За последние годы заметно возрос интерес к шельфовой зоне морей и океанов как источнику минеральных и пищевых ресурсов для человечества. Шельф дальневосточных морей, в особенности прибрежные воды Южного Приморья, характеризуются исключительным богатством фауны и флоры; это места традиционного активного промысла, а в последние годы – и районы, перспективные для развития марикультуры. В решении задач рационального использования и охраны богатств шельфа основополагающее значение имеет изучение структуры и функционирования прибрежных экосистем. Особая роль при этом отводится исследованиям фитопланктона, потому что только на основе данных по многолетней динамике планктонных фитоценозов можно судить о продукционных возможностях водоема, а также о характере и степени воздействия антропогенного фактора на экосистемы прибрежья.

Цель и задачи работы. Цель работы – выявить особенности структуры планктонного фитоценоза прибрежного мелководья северо-западной части Японского моря (о.Попова) у северной границы зоны смешения бореально-арктической и тропической флор (Семина, 1967), а также определить характер воздействия на фитопланктонное сообщество промышленной плантации марикультуры.

В задачи исследований входило изучение видового состава, сезонной динамики численности и биомассы фитопланктона, его распределения по акватории и вертикали в экологически разнородных участках прибрежного мелководья.

Научная новизна. На основании анализа структуры планктонного фитоценоза в зоне смешения выделен район, характеризующийся наличием зимнего подледного максимума фитопланктона. Установлена связь величины летнего максимума фитопланктона с уровнем стабильности водных масс – показано, что летнее "цветение" *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve и мелких жгутиковых происходит в условиях активного перемешивания и практически отсутствует при выраженной летней стратифицированности водной толщи. Многолетние исследования структуры фитопланктонного сообщества, впервые проведенные на акватории, эксплуатируемой хозяйством марикультуры, выявили эвтрофирующее влия-

ние плантации приморского гребешка на экосистему небольшой полузакрытой бухты Алексеева.

Практическая значимость работы. Полученные данные по структуре прибрежного планктонного фитоценоза могут быть использованы Приморрыбпромом и Тихоокеанским Институтом рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО) при выборе акваторий, наиболее пригодных для целей марикультуры, и расчете предельно допустимых нагрузок на экосистему водоема.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на: 2-й Всесоюзной конференции по морской биологии (Владивосток, 1982г.), семинарах Отдела хорологии Института биологии моря ДВНЦ АН СССР (1979-1980гг.), ученом Совете Института экологии Волжского бассейна АН СССР (1986г.), семинаре Отдела экологической физиологии морских планктонных водорослей Института биологии южных морей АН УССР (1987г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано пять работ.

Объем диссертации. Диссертация изложена на 214 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения и выводов, содержит 24 рисунка, 19 таблиц, 4 приложения. Список литературы включает 79 отечественных и 154 иностранных работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава I. Экологические факторы и структура планктонных фитоценозов неритических районов зоны смещения флор в Мировом океане (аналитический обзор данных литературы). Литература по годовым циклам фитопланктона зоны смещения флор немногочисленна (Allen, 1926, 1927; Cassie, 1960; Sneyda, 1973; Коновалова, 1974; Marshall, 1980, 1984), и ее данные носят, зачастую, противоречивый характер (Сёмина, 1967), что, по-видимому, объясняется сложностью гидрологических и климатических условий этой зоны. Для дальневосточных морей имеется только одна работа по подробному исследованию многолетней динамики фитопланктона, проведенная в эвтрофном Амурском заливе Японского моря (Коновалова, 1974). Исследования структуры планктонных фитоценозов на акваториях, эксплуатируемых хозяйствами марикультуры, в мировой литературе единичны, а данные многолетних исследований практически отсутствуют. Исходя из изложенного, и определялась задача работы.

Глава 2. Материал и методы исследования. Район исследований (42° с.ш., 132° в.д., прибрежные воды о. Попова, зал. Петра Великого, северо-западная часть Японского моря) представляет собой расчлененное мелководье с глубинами до 20 м и находится у северной границы зоны смещения флор в области муссонного климата - летний юго-восточный муссон (апрель-октябрь) определяет пасмурную, влажную погоду весной и летом; солнечными малоснежными холодными зимами климат района обязан зимнему северо-западному муссону (ноябрь-апрель). Прибрежные воды здесь хорошо прогреваются летом (до $23-24^{\circ}\text{C}$) и сильно охлаждаются зимой (до -2°C). Период ледостава - со второй половины декабря по вторую декаду апреля, толщина льда - до 90-100 см.

Для исследований структуры планктонного фитоценоза было выбрано два участка - полузакрытая бухта Алексеева на северо-западном побережье о. Попова и район открытого морского берега (пролив Старка, юго-восточное побережье о. Попова). В центральной части бухты Алексеева располагалась промышленная плантация приморского гребешка.

На двух станциях в проливе Старка (ст. I - юго-восточная часть пролива, глуб. 16,5 м; ст. 2 - северо-западная часть пролива, глуб. 12,5 м) в летний период 1976 г. (ст. I) и летне-осенний период 1977 г. (ст. 2) и трех станциях в б. Алексеева (ст. I - мористая часть бухты, глуб. 17,5 м; ст. 2 - центральная часть, глуб. 12,5 м; ст. 3 - кутовая часть бухты, глуб. 6 м) с июля 1979 по март 1982 гг. регулярно, дважды в месяц, литровым батометром Нансена с горизонтов 0, 2, 5, 10 и 15 м отбирались пробы фитопланктона. Для выявления редких видов в течение 1980 г. проводились сборы сетью малая Джеди по всем трем станциям бухты с вышеуказанной периодичностью. Всего собрано и обработано 738 батометрических и 168 сетных проб. Применялся отстойный метод с фиксацией по Утермелю, метод прямого счета под микроскопом и метод "истинного объема" (Киселев, 1969). Для вычисления объемов пенистых диатомей использовались номограммы (Численко, 1964). Относительная ошибка в подсчете числа клеток составила 10%. Коэффициенты сходства рассчитывались по Жаккару (Хеллауэл, 1977), индексы видового разнообразия - по Маргалефу (Margalef, 1958). Кластерный анализ выполняла стандартная программа ВМД РИМ

(кластерный анализ данных по столбцам или классификация по признакам). Фитогеографическая характеристика дана по Семиной (1974) и Хэнди (Hendey, 1964). В вопросах номенклатуры руководствовались работами Хэнди (Hendey, 1974), Парк и Диксона (Parke, Dixon, 1976), Сурни (Sournia, 1982, 1984), Доджа (Dodge, 1983).

Глава 3. Годовой цикл фитопланктона бухты Алексева.

По своему видовому составу фитопланктон исследованного района является типично морским - его составляют водоросли 8 отделов, из которых доминируют диатомовые (64 рода, 200 видов, 48,4% от общего числа видов) и перидиней (27 родов, 187 видов, 45,4%). Золотистые представлены 4 родами, 5 видами (1,2%), зеленые - 5 родами, 9 видами (2,2%), синезеленые - 5 родами, 5 видами (1,2%), эвгленовые - 2 родами, 2 видами (0,6%), криптофитовые - 2 родами, 2 видами (0,6%), представители отдела *Haptophyta* - 1 родом, 1 видом (0,4%). Всего в составе фитопланктона обнаружено 413 видов и разновидностей планктонных водорослей. Наибольшим числом видов представлены роды *Protoperidinium* (53), *Chaetoceros* (32), *Dinophysis* (25).

Географическая структура фитопланктона соответствует зоне смещения флор - в нем доминируют космополиты (32-41% от числа видов с известной фитогеографической характеристикой), большого развития достигают тепловодные (тропические и тропическо-бореальные, до 29%). Бореальные составляют 24-25%, доля бореально-арктических видов не превышает 14%.

Экологические параметры планктонного фитоценоза бухты - преобладание неритических форм (53%) при невысоком уровне океанических (22%), значительный процент литоральных и бентических (до 23%) и присутствие пресноводных видов (4-5%) - характерны для прибрежного мелководья.

С помощью кластерного анализа установлено, что в составе фитопланктона в течение года функционирует два сообщества - тепловодное (апрель-ноябрь) и холодноводное (октябрь-апрель), приуроченные ко времени действия летнего и зимнего муссонов. Холодноводное имеет сходство с весенними сообществами высоко-бореальных морей, доминирующими видами его являются бореальная диатомея *Chaetoceros pseudocrinium*⁺ Ostf. и бореально-арктическая диатомея *Thalassiosira nordenskiöldii* Cleve,

субдоминантами - диатомовые *Chaetoceros subsecundum*⁺ (Grun.) Hust. и *Porosira glacialis* (Gran) Jörg., перидиней *Amphidinium sphaenoides* Wulff и *Gyrodinium lachryma* (Mein.) Kof. et Swezy. Основу тепловодного сообщества составляют виды, вызывающие "цветение" во многих эвтрофируемых участках побережья Мирового океана - мелкие жгутиковые, мелкая диатомея *Sk. costatum*, перидиней *Prorocentrum micans* Ehrenb., *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Loeblich III, к числу субдоминант относятся диатомовые *Rhizosolenia setigera* Bright., *Ditylum brightwellii* (West) Grun., *Thalassiothrix frauenfeldii* Grun., перидиней *Dinophysis acuminata* Clap. et Lachm., *Gonyaulax digitale* (Pouch.) Kof.

Состав лидирующего комплекса видов от года к году практически не меняется, однако для экологически разнородных участков акватории характерно своеобразие в видовом составе планктонного фитоценоза - индекс сходства Жаккара отдельно для каждого года исследований достигал (для всей акватории бухты) 32%, а в целом за исследованный период составлял лишь 14%. Межгодовые различия в составе фитопланктона отмечаются главным образом за счет литоральных и бентических форм диатомовых, число которых в планктоне возрастает в условиях интенсивного перемешивания водной толщи (1980г.).

Уровень количественного развития фитопланктона б.Алексева характеризуется как умеренный, свойственный мезотрофным водам. Максимально высокое значение численности планктонного фитоценоза зафиксировано во время летнего "цветения" *Sk. costatum* и мелких жгутиковых в 1980г. ($4,8 \cdot 10^6$ кл/л), биомассы ($8,8 \text{ г/м}^3$) во время поздне-зимнего подледного "цветения" *T. nordenskiöldii* в начале марта 1980г.

Ежегодно наибольшую численность и биомассу сообщества создают диатомовые (до 74 и 87% соответственно). На втором месте по численности находятся либо мелкие жгутиковые (42%, 1980г.), либо золотистые (37%, 1981г.). Второе место по биомассе занимают перидиней (рис.1).

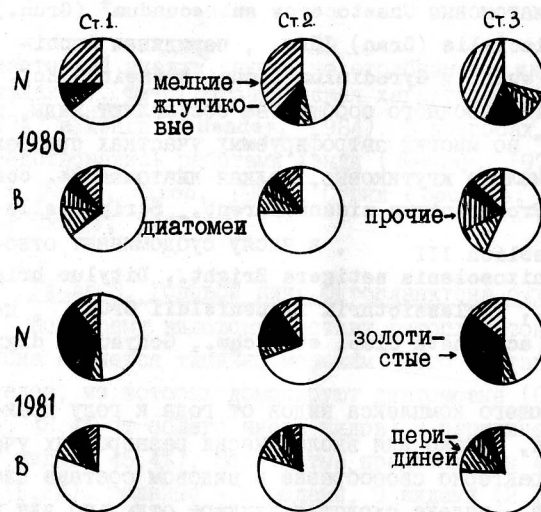


Рис.1. Состав фитопланктона б.Алексеева

Наибольших средних за год величин численности и биомассы фитопланктон достигает в мористых (1980 г.) и центральных (1981 г.) участках бухты (табл.1). Повышение плотности планктонного фитопланктона в центральных участках связано с увеличением численности *Sk. costatum* - вида-индикатора эвтрофирования. Начальные стадии этого процесса зарегистрированы в 1981 г. и инициируются размещенной здесь промышленной плантацией приморского гребешка (рис.2).

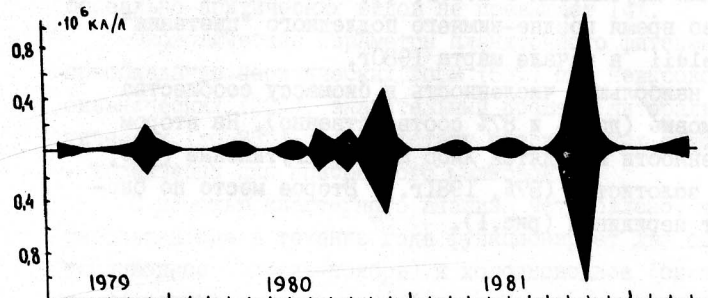


Рис.2. Динамика *Sk. costatum* в районе плантации гребешка.

Таблица 1

Уровень количественного развития фитопланктона в б.Алексеева

Год	Участок акватории	Численность (тыс.кл./л)			Биомасса (г/м ³)		
		Миним.	Средн.	Максим.	Миним.	Средн.	Максим.
1980	Мористый	20	570	2400	0,1	0,9	3,6
	Центральный	8	360	1200	0,08	0,9	4,1
	Кутовый	3	360	1200	0,1	0,6	1,6
	Для всей акватории		430			0,8	
1981	Мористый	20	220	600	0,04	0,5	1,8
	Центральный	7	270	2500	0,02	0,7	3,1
	Кутовый	9	70	400	0,02	0,3	1,5
	Для всей акватории		190			0,5	
1979-1981	Мористый	20	390	2400	0,04	0,8	4,2
	Центральный	6	300	2500	0,02	0,7	4,1
	Кутовый	3	220	1200	0,02	0,5	1,5
	Для всей акватории		300			0,7	

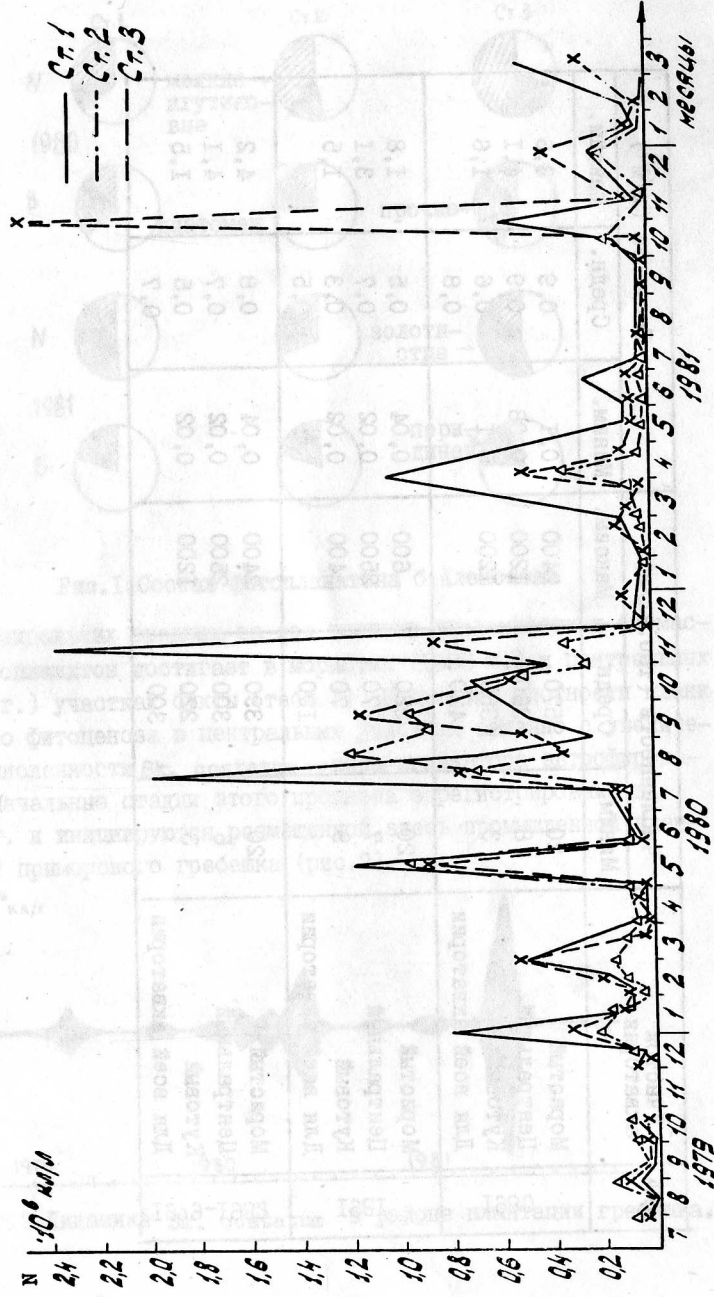


Рис. 3. Динамика численности фитопланктона о. Алексеева

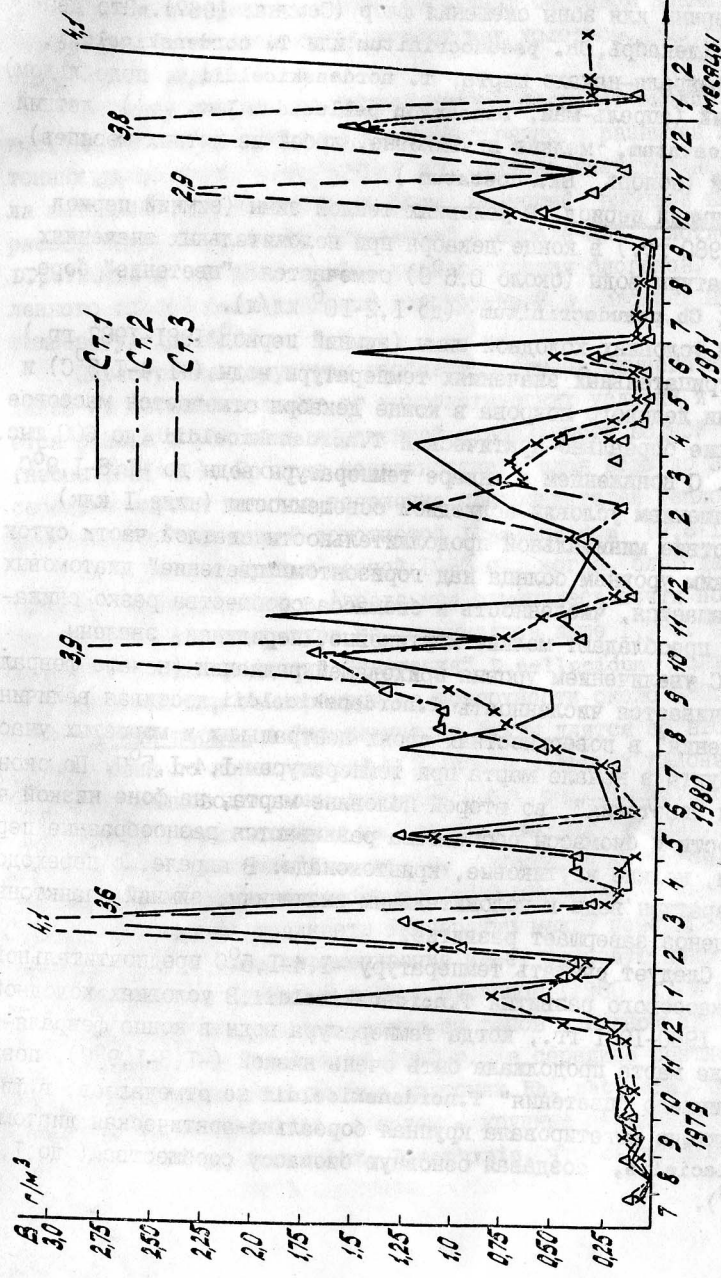


Рис. 4. Динамика биомассы фитопланктона о. Алексеева

В годовом цикле фитопланктона б.Алексеева отмечается 5 максимумов численности и биомассы (рис.3,4), что является характерным для зоны смешения флор (Семина, 1967). Это два зимних (декабрь, *Ch. pseudocrinium* или *T. nordenskioldii*, конец февраля-начало марта, *T. nordenskioldii*, подо льдом), весенний (апрель-май, *Dinobryon pellucidum* Lev.), летний (*Sk.costatum*, мелкие жгутиковые, любой из летних месяцев), осенний (ноябрь, *Sk. costatum*).

Зимний период. В условиях теплой зимы (зимний период 1979-1980 гг.) в конце декабря при положительных значениях температуры воды (около $0,5^{\circ}\text{C}$) отмечается "цветение" бореальной *Ch.pseudocrinium* (до $1,2 \cdot 10^6$ кл/л).

В условиях холодной зимы (зимний период 1981-1982 гг.) при отрицательных значениях температуры воды ($-1,4-1,5^{\circ}\text{C}$) и наличии ледового покрова в конце декабря отмечается массовое развитие бореально-арктической *T.nordenskioldii* (до 600 тыс. кл/л). С понижением в январе температуры воды до $-1,8-1,9^{\circ}\text{C}$ и ухудшением условий подледной освещенности (ниже 1 клк) вследствие минимальной продолжительности светлой части суток и низким уровнем солнца над горизонтом "цветение" диатомовых прекращается, численность и биомасса сообщества резко снижаются, преобладают мелкие жгутиковые, перидинеи, эвглены.

С увеличением уровня приходящей радиации (начало февраля) увеличивается численность *T.nordenskioldii*, достигая величин "цветения" в поверхностных слоях центральных и мористых участков бухты в начале марта при температуре $-1,4-1,5^{\circ}\text{C}$. По окончании "цветения", во второй половине марта, на фоне низкой численности и биомассы сообщества развиваются разнообразные перидинеи, мелкие жгутиковые, криптомонады. В апреле, с переходом температуры воды к положительным значениям, зимний планктонный фитоценоз завершает развитие.

Следует считать температуру $-1,4-1,5^{\circ}\text{C}$ предпочтительной для массового развития *T.nordenskioldii*. В условиях холодной зимы 1980-1981 гг., когда температура воды в конце февраля-начале марта продолжала быть очень низкой ($-1,8-1,9^{\circ}\text{C}$), позднее-зимнего "цветения" *T.nordenskioldii* не отмечалось, в фитопланктоне вегетировала крупная бореально-арктическая диатомея *P.glacialis*, создавая основную биомассу сообщества (до $1,2 \text{ г/м}^3$).

Весенний период в фитопланктоне бухты наступает со сменой зимнего муссона на летний, длится с середины апреля до начала июня и характеризуется смешанным составом планктонного фитоценоза, в котором присутствуют как холодноводные, так и тепловодные виды.

Весеннее сообщество фитопланктона отличается низким уровнем видового разнообразия и количественного развития планктонных диатомовых, присутствие в планктоне значительного числа литоральных и бентических форм диатомей, высокое видовое разнообразие перидиней, "цветение" в апреле-мае золотистой *D.pellucidum* на фоне крайне низкого уровня биогенов, обусловленного слабой бактериальной дефрукцией в условиях низких температур (до 5°C).

Перестройка структуры сообщества (смена зимнего комплекса на летний) зависит от гидрологических условий и начинается раньше в условиях выраженной стабильности водной толщи (весна 1981 г.). Прогрев поверхностного слоя воды до 3°C в середине апреля вызывал появление представителей тепловодного комплекса и "цветение" золотистой *D.pellucidum* ($2,8 \cdot 10^6$ кл/л).

Иной была ситуация весной 1980 г., когда, благодаря активному перемешиванию в апреле-мае отмечалась почти полная гомотермия, и температура не поднималась выше $1,7^{\circ}\text{C}$. Следствием этого было развитие "цветения" *D.pellucidum* только в середине мая при температуре на поверхности около 5°C .

Летний период в фитопланктоне бухты длится со второй половины июня по конец сентября и, как и в других районах прибрежного мелководья зоны смешения флор, характеризуется "цветением", приходящимся на любой из летних месяцев.

Летнее "цветение" *Sk.costatum* и мелких жгутиковых отмечается в условиях интенсивного перемешивания, о чем свидетельствуют низкие градиенты температур между поверхностью и дном ($2-3^{\circ}\text{C}$). Такое перемешивание имеет ветровую природу, обуславливается активным летним муссоном (1980 г.) и приводит к постоянному пополнению уровня биогенов в водном столбе.

По окончании "цветения" 1980 г., в середине сентября, развивались крупные тепловодные диатомеи *Rh. setigera*, *D. brightwellii*, *Th.frauenfeldii*, а затем - крупные перидинеи из родов *Protoperidinium*, *Gonyaulax*, *Dinophysis*, что свидетельствовало

ло о поздних стадиях сукцессии летнего фитоценоза.

В 1979 и 1981 гг. летний максимум *Sk.costatum* и мелких жгутиковых был приурочен к району гребешковой плантации и выражался весьма слабо ($2-3 \cdot 10^5$ кл/л) вследствие стратифицированности водной толщи (градиент температур $7-8^\circ\text{C}$) в течение июля-августа. В условиях низкого уровня биогенов численность и биомасса сообщества в этот период крайне низки (до 10^3 кл/л), начиная с июля в сообществе преобладали крупные перидинии *Proto-peridinium pellucidum* Bergh, *G. digitale*, *Proto-peridinium divergens* (Ehr.) Balech. Такая структура планктонного фитоценоза, характерная для стратифицированных вод, сохранялась вплоть до начала осеннего перемешивания.

Осенний период приходится на время смены летнего и зимнего муссонов (октябрь-середина ноября), характеризуется началом конвективного перемешивания и доминированием *Sk. costatum* на фоне наиболее высокого в году (3,8) видового разнообразия сообщества за счет разнообразных диатомовых и перидиний. В первой половине ноября при температуре на поверхности $3-5^\circ\text{C}$ наблюдается осеннее "цветение" *Sk. costatum* (до $3,8 \cdot 10^6$ кл/л при биомассе до $4,6 \text{ г/м}^3$).

Наибольшие величины численности осеннего "цветения" ($3,3-3,7 \cdot 10^6$ кл/л) во все годы исследования приурочены к центральной части бухты, где размещалась промышленная плантация гребешка, что является свидетельством повышения трофности вод этого участка акватории.

Глава 4. Фитопланктон пролива Старка.

В летне-осенний период (июнь-октябрь) в водах пролива вегетирует тепловодное сообщество фитопланктона, в котором преобладают диатомовые (79 видов, 52%) и перидинии (64 вида, 41% от общего числа видов).

Эколого-географическая структура фитопланктона пролива в исследованный период характерна для летних планктонных фитоценозов прибрежного мелководья зоны смещения флор - здесь доминируют нетирические формы (52-54%), преобладают космополиты (40-41%) и тепловодные (тропические и тропическо-бореальные, 35-36%), присутствуют холодноводные виды (6-10%).

Доминирующими видами летне-осеннего фитопланктона про-

лива являются *Nitzschia delicatissima* Cleve, *Sk.costatum*, мелкие жгутиковые, *Chaetoceros sociale* Laud. Значительного развития достигают крупные диатомовые *Rh.setigera*, *D.mediterraneus*, *D.brightwellii*, перидинии *P.micans*, *S.trochoidea*. Лидирующий комплекс видов от года к году, в основном, один и тот же. Различия в фитопланктоне разных лет касаются, главным образом, уровня количественного развития фитопланктона. Так, средняя численность летнего фитопланктона пролива в 1976 г. составила $0,4 \cdot 10^6$ кл/л при биомассе $2,6 \text{ г/м}^3$ (пределы колебаний $0,02-1,6 \cdot 10^6$ кл/л; $0,11-5,7 \text{ г/м}^3$), а в 1977 г. только $0,1 \cdot 10^6$ кл/л при биомассе $0,9 \text{ г/м}^3$ (пределы колебаний $0,08-0,14 \cdot 10^6$ кл/л; $0,8-1,1 \text{ г/м}^3$). Эти различия объясняются отсутствием летнего "цветения" *Sk.costatum* и сопутствующего комплекса мелких диатомей в 1977 г., ввиду устойчивой стратификации водной толщи на протяжении июля-августа.

В летнем фитопланктоне пролива прослеживается описанная Маргалефом (Margalef, 1985) классическая сукцессия видов - от мелких диатомовых к крупным диатомовым, а затем к динофлагеллятам. Продолжительность сукцессии составила 3-10 недель.

Увеличение численности мелких диатомовых (I стадия сукцессии) отмечалось в июне (*N.delicatissima*, 100 тыс. кл/л, 1976 г.; 60 тыс. кл/л, 1977 г.), июле (*Sk.costatum*, *Ch.sociale*, *Lepthocylindrus danicus* Cleve, $1,6 \cdot 10^6$ кл/л, 1976 г.), сентябре (*Sk.costatum*, *Chaetoceros affine* Laud., *Chaetoceros compressum* Cl., 1976 г.; *Sk.costatum*, *Asterionella japonica* Cleve, *Thalassionema nitzschioides* Grun., 160 тыс. кл/л, 1977 г.), октябре (*Sk.costatum*, 300 тыс. кл/л, 1977 г.).

Каждое увеличение численности мелких диатомовых наблюдалось в условиях интенсивного перемешивания и вызывалось интрузией биогенов в прибрежную зону за счет подтока глубинных вод из открытых районов моря (июнь-июль), терригенного стока в сезон ливневых дождей (сентябрь), а также было связано с началом зимней конвекции (октябрь).

Уменьшение концентрации биогенов вследствие ослабления процессов перемешивания, вызвало снижение численности мелких и развитие крупных форм диатомовых - *Rh.setigera*, *D.brightwellii*, *D.mediterraneus* (2 стадия сукцессии), а затем - развитие крупных перидиний из родов *Proto-peridinium*, *Gonyau-*

lax, Ceratium (3 стадии сукцессии).

Глава 5. Роль перидиниевых водорослей (dinophyta) в прибрежных водах о. Попова.

Перидиниевым водорослям, или динофлагеллятам, уделяется особое внимание в связи с проблемой "красных приливов", которые в заливе Петра Великого наблюдались дважды – в 1980 и 1982 гг. Группа эта сложная и для дальневосточных морей слабо изученная – 29 видов и 1 род (*Katodinium*) приводятся для Японского моря впервые.

Доминирующие виды динофлагеллят в летних планктонных фитоценозах исследованного района – *Noctiluca miliaris* Sur., *P. micans*, *S. trochoidea*, *D. acuminata* – виды "красных приливов", вызывающие как нетоксические (*N. miliaris*, *P. micans*), так и токсические (*D. acuminata*) "цветения" (10^4 – 10^6 кл/л) в различных районах эвтрофируемого побережья Мирового океана.

Развитие мелких форм *P. micans* и *S. trochoidea* ассоциируется с летним максимумом *Sk. costatum*, отмечающимся в условиях активного перемешивания водной толщи (лето 1976, 1980 гг.). Уровень количественного развития этих водорослей коррелирует со стадией диатомового "цветения" – максимальных величин численности (10^5 кл/л) они достигают в начальной и конечной фазе "цветения" *Sk. costatum*. Во время максимума численности *Sk. costatum* численность *P. micans* и *S. trochoidea* резко снижается (до 10^3 кл/л).

Развитие крупной *N. miliaris* зависит от гидрологических условий и величин "цветения" (600 тыс. кл/л), достигает в условиях аномально ранней активности Цусимского течения (1980 г., Ильичев и др., 1982).

Численность крупной *D. acuminata* (до 10 тыс. кл/л) не коррелирует с наличием летнего максимума *Sk. costatum*. Эта водоросль отмечается в летнем планктоне ежегодно, и развитие её, по-видимому, связано с антропогенным фактором. В связи с усилением процессов эвтрофирования вод зал. Петра Великого вследствие хозяйственного использования его акватории и побережья реальна возможность возникновения здесь токсического "красного прилива" за счет развития этого вида, кото-

рый представляет опасность для фауны уже в концентрации 20 тыс. кл/л (Kat, 1983).

Еще одна группа перидиней летнего сообщества включает крупные формы из родов *Protoperidinium*, *Gonyaulax*, *Ceratium*, которые преобладают в периоды стратификации (лето 1977, 1979, 1981 гг.) и не достигают значительных величин численности (до 10^2 кл/л).

В холодноводном сообществе, как и в тепловодном, выделяется группа перидиней, ассоциированных с диатомовыми "цветениями" – мелкие *A. sphaenoides*, *A. extensum* и крупная *G. lachryma*. Увеличение численности этих водорослей – доминантов зимнего планктонного фитоценоза – наблюдается перед и после вспышек диатомовых. Максимальные значения численности их отмечены после осеннего (*A. sphaenoides*, 15 тыс. кл/л, 1981 г.) и поздне-зимнего (*A. sphaenoides*, *A. extensum*, 3 тыс. кл/л, 1980 г.) "цветения" диатомовых. Максимум крупной *G. lachryma* (600 кл/л) наблюдался после осеннего "цветения" 1981 г. В этот же период на долю *G. lachryma* приходится до 60% биомассы сообщества.

При слабо выраженных зимних максимумах численности диатомовых (зимний период 1980–1981 гг.) уровень количественного развития представителей этой группы перидиней невысок (10^2 – 10^3 кл/л), в этих условиях развитие получает другая группа – крупные *Protoperidinium depressum* (Bail.) Balech, *P. leonis* (Pav.) Balech, численность которых ограничивается сотнями клеток в литре.

Высокая численность мелких *Gymnodinium agiliforme* Schiller и *Gymnodinium* sp. (до 20 тыс. кл/л) после поздне-зимнего "цветения" 1982 г., приуроченная к центральным районам бухты Алексева, помимо всего прочего, может объясняться эвтрофирующим воздействием промышленной плантации приморского гребешка.

Глава 6. Сравнительный анализ фитопланктона прибрежных вод о. Попова и других районов залива Петра Великого. В заливе Петра Великого, кроме побережья о. Попова, структура планктонных фитоценозов изучалась в б. Патрокл (Киселев, 1957), в эвтрофном Амурском заливе, заливах Посыета и Восток (Коновалова, 1974, 1979, 1984). Во всех участках основной группой в фитопланктоне

были диатомовые. Второе место по численности занимали мелкие жгутиковые, по биомассе — перидиней. На третьем месте по численности стояли золотистые водоросли. Во всех участках акватории залива доминировали виды-космополиты, преобладали неритические формы.

В годовом цикле фитопланктона залива Петра Великого, в зависимости от года исследований, отмечено от 3 до 5 максимумов численности и биомассы фитопланктона. Зимние максимумы отмечаются в декабре (Амурский залив, б.Алексеева) и феврале-начале марта (все исследованные районы залива). В зал. Посыета зимний максимум длится с декабря по начало марта (Коновалова, 1979). Доминирующими видами в декабре являются *Ch.pseudocrinium* и *T.nordenskioldii*, в феврале-марте — *T.nordenskioldii*, в отдельные годы значительного развития могут достигать *P.glacialis*. (1981, 1970 гг., б.Алексеева, Амурский залив), *Chaetoceros debile* Cleve (зал. Восток). Наибольшим сходством доминирующего комплекса в зимний период характеризуются б.Алексеева и Амурский залив, однако количественное развитие фитопланктона в последнем намного выше ($4,3 \text{ г/м}^3$ в б.Алексеева, 29 г/м^3 в Амурском заливе). После окончания зимнего "цветения" в апреле-мае во всех участках побережья наблюдается снижение численности и биомассы фитопланктона. Исключение составлял зал. Посыета, где в апреле наблюдалось "цветение" пеннатных *Cylindrotheca closterium* (Ehrenb.) Reiman & Lewin и *Nitzschia* sp., наиболее ярко выраженное у дна. В планктоне мелководных участков в это время присутствует большое число видов литорально-бентических диатомей. В майском фитопланктоне б.Алексеева и Амурского залива наблюдается бурная короткая вспышка золотистой *D. pellucidum*, достигающая масштабов "цветения" (до $2 \cdot 10^6$ кл/л). В начале июня развитие этой водоросли отмечалось для б.Патрокл (Киселев, 1953). Летний максимум в зал. Петра Великого приходится на любой из летних месяцев, его составляют мелкие жгутиковые и *Sk.costatum*, в зал. Восток и Посыета к ним присоединяются *Ch.compressum*, *Ch.affine*, а в открытых районах побережья (прол. Старка) — *Leptocylindrus danicus* Cleve, *Ch.sociale*. Сходны и сопутствующие летнему "цветению" виды: *D.brightwellii*, *Rh.setigera*, *G.digitale*.

Летнему "цветению" *Sk.costatum* и мелких жгутиковых сопутствовало массовое развитие мелких перидиней *P.micans* и *S.trochoidea*, что было особенно выражено в Амурском заливе и б.Алексеева в 1980 г. Как и в бухте Алексеева, летний максимум в других прибрежных участках зал. Петра Великого фиксировался не каждый год (Коновалова, 1974).

Нами проанализирована структура летнего планктонного фитоценоза различных участков морского побережья — района, имеющего широкий водообмен с открытым морем (прол. Старка) и полузакрытой бухты (б.Алексеева).

Видовой состав летнего фитопланктона бухты был более разнообразен, чем в проливе (224 и 153 вида соответственно) за счет литорально-бентических видов диатомовых водорослей. В обоих районах доминировали виды-космополиты (34-43%), большого развития достигали тепловодные (тропические и тропическо-бореальные, 31%) виды, преобладали неритические формы (до 55%). Пролив Старка характеризовался наибольшим развитием океанических видов (25%) и видов бореально-арктических (10%) в юго-восточной части пролива, где, вследствие широкого водообмена с открытым морем, дрейфовые течения и подъем глубинных вод наиболее выражены. В б.Алексеева значительного развития достигали литоральные и бентические формы (37%).

Наибольшие значения индекса видового разнообразия отмечены для прол. Старка (3,0; 1976 г.; 2,7; 1977 г.), наименьшие в б.Алексеева летом 1981 г. (0,2; сентябрь).

Доминирующие виды в бухте и проливе одни и те же — мелкие жгутиковые, мелкая диатомея *Sk.costatum* (в проливе еще и *L.danicus* и *Ch.sociale*), из перидиней — *P.micans*, *S.trochoidea*. Сходен и состав субдоминантов — *Rh.setigera*, *D.brightwellii*, *D.acuminata*, *G.digitale*. Характерным для вод пролива было развитие *N.delicatissima* (июнь 1976 г.) и *Hemiaulus hauckii* Grun (август 1977 г.). В б.Алексеева существенного развития достигал *Th.frauenfeldii* (1980, 1981 гг.).

Летнее "цветение" планктона отмечалось в проливе Старка в июле 1976 г. и в б.Алексеева в июле-августе 1980 г. в условиях хорошего перемешивания (градиент температур между поверхностью и дном в июле — около 3°C). В годы со слабо

выраженным летним максимумом мелких жгутиковых и мелких диатомей в условиях стратификации (градиент температур – 6–8°C) в летнем фитопланктоне бухты Алексеева и пролива Старка преобладали крупные перидинеи из родов *Gonyaulax* и *Protoperidinium*. Массовое развитие диатомовых в летний период приурочено к слою 2–5 м, мелких жгутиковых и мелких перидиней – к поверхности, крупная перидинея *Ceratium fusus* (Ehrenb.) Dujard предпочитала нижние горизонты, минимальные значения численности и биомассы фиксировались в придонном слое. В конце августа – сентябре тепловодный комплекс достигает максимального разнообразия, в это время в планктоне зал. Петра Великого присутствует большое число тропических и тропическо-бореальных форм диатомовых и перидиней, значительная часть которых приносится дрейфовыми течениями из районов открытого моря. Наибольшим разнообразием сообщества фитопланктона характеризуются в это время мористые станции (прол. Старка, ст. I, d = 4,2).

Самым мощным по численности в зал. Петра Великого является осеннее "цветение", которое наблюдается в ноябре и повсеместно вызывается *Sk. costatum*. Исключение составлял фитопланктон Амурского залива, когда в 1969 и 1970 гг. массового развития достигали еще и *Eucampia zoodiacus* Ehrenb. и *Nitzschia* sp. Во всех участках побережья в это время отмечается наибольшее за год видовое разнообразие сообщества за счет многочисленных тепловодных и холодноводных форм.

Таким образом, фитопланктон различных участков побережья зал. Петра Великого характеризуется сходным годовым циклом и почти одинаковым набором доминирующих и субдоминирующих видов. Различия в структуре планктонного фитопланктона касаются, прежде всего, уровня его количественного развития – он максимален в эвтрофных эстуарных участках ($N = 10^7$ кл/л, $B = 29$ г/м³, Амурский залив), несколько ниже в умеренно-эвтрофных ($B = 14$ г/м³, зал. Восток) и наименьшими величинами, соответствующими уровню мезотрофных вод, отличается в мористых участках залива в прибрежных водах островов ($B = 4,3$ г/м³, $N = 10^6$ кл/л, б. Алексеева, о. Попова).

ВЫВОДЫ

1. По характеру структуры планктонного фитопланктона (преобладание неритических видов и видов-космополитов, 4–5 максимумов в годовом цикле) исследованная акватория выделена в особый район зоны смещения флор. Его особенностью является наличие зимнего подледного максимума численности и биомассы фитопланктона.

2. С помощью кластерного анализа установлено, что в составе планктонного фитопланктона исследованного района функционируют два сообщества – холодноводное и тепловодное, связанные со временем действия зимнего (октябрь–апрель) и летнего (апрель–ноябрь) муссонов. Холодноводное имеет сходство с планктонными фитопланктонами высокобореальных морей, доминирующими видами его являются: *T. nordenskioldii*, *Ch. pseudocrinium*, *P. glacialis*. Доминирующими видами летнего сообщества являются широко распространенные виды, вызывающие "цветение" во многих участках эвтрофируемого побережья – *Sk. costatum*, мелкие жгутиковые, *P. micans*, *S. trochoidea*.

3. Величины зимних максимумов фитопланктона варьируют от года к году, находясь в зависимости от температуры и уровня приходящей радиации. Следует считать температуру –1,4–1,5°C наиболее благоприятной для развития "цветения" *T. nordenskioldii*.

4. Развитие летнего планктонного фитопланктона данного района следует классической теории сукцессии – от мелких диатомовых к крупным динофлагеллятам. Каждое увеличение численности мелких диатомовых вызывается интрузией биогенов в прибрежную зону за счет подтока глубинных вод, терригенного стока в сезоны ливневых дождей, ветрового перемешивания мелководья. Периоды сукцессии в летнем планктонном фитопланктоне исследованного района – от 3 до 10 недель. Величина летнего максимума фитопланктона зависит от уровня стабильности водных масс – в годы с хорошим летним перемешиванием водной толщи развитие *Sk. costatum* и мелких жгутиковых достигает величин "цветения", при выраженной летней стратификации максимума фитопланктона не отмечается, на фоне низкой численности и биомассы в сообществе преобладают крупные перидинеи.

5. Развитие мелких перидиней *P.micans* и *S.trochoidea* - видов "красных приливов" - ассоциируется с летним максимумом *Sk.costatum* и определяется уровнем и стадией диатомового "цветения".

6. Структура планктонного фитоценоза прибрежных вод о.Попова сходна с сообществами других районов побережья залива Петра Великого и отличается от них более низким (соответствующим мезотрофным водам) уровнем численности и биомассы в отличие от эвтрофных (Амурский залив) и умеренно-эвтрофных (зал. Посыета и Восток).

7. Расположенная в б.Алексеева промышленная плантация приморского гребешка изменяет структуру планктонного фитоценоза, приводя к усилению развития *Sk. costatum* - вида-индикатора эвтрофирования.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Силкин В.А., Темных А.А., Паутова Л.А. Динамика видового состава сообщества морских микроводорослей в проточной культуре // Параметрическое управление биосинтезом микроводорослей. Новосибирск: Наука, 1980. С.57-72.

2.Паутова Л.А. Структура фитопланктонного сообщества пролива Старка (Японское море) в летне-осенний период // Биология шельфовых зон Мирового океана. Материалы 2-й Всесоюзной конференции по морской биологии. Владивосток, 1982. С.103-104.

3. Паутова Л.А., Коновалова Г.В. Летне-осенний фитопланктон пролива Старка Японского моря // Биол. моря. 1982. № 5. С.20-28.

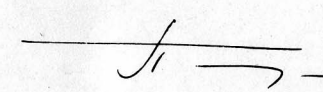
4. Паутова Л.А. Видовой состав фитопланктона пролива Старка (залив Петра Великого) // Гидробиологические исследования заливов и бухт Приморья. Владивосток, Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1984. С.99-103.

5. Коновалова Г.В., Паутова Л.А. Новые и редкие для Японского моря виды пиропитовых водорослей // Новости систематики низших растений. 1986. Т.23. С.42-45.

6. Паутова Л.А. Структура планктонного фитоценоза в районе промышленной плантации приморского гребешка (б.Алексеева, Японское море) // Биол.моря. 1987 (в печати).

7. Паутова Л.А. Перидиниевые водоросли прибрежных вод южного Приморья // Материалы 2-й Всесоюзной конференции "Актуальные проблемы современной альгологии". (Черкассы). Киев: Наукова думка, 1987.

8. Коновалова Г.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А. Атлас фито-планктона Японского моря. Л.: Наука, 1987.(В печати).



Подписано в печать 11.08.87. Е006216. Формат 60х84 1/16
Печать оперативная. Уч.-изд.л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 5771.
Куйбышевское полиграфическое объединение,
г. Куйбышев, ул. Венцека, 60